

Purwarupa Sistem Pakar dengan *Mamdani Product* untuk Menentukan Menu Harian Penderita DM

Nur Hasanah^{*1}, Retantyo Wardoyo²

¹Jurusan Teknik Informatika, FTI UII, Yogyakarta

²Jurusan Ilmu Komputer dan Elektronika, FMIPA UGM

e-mail: *¹nurhasanah08@yahoo.com, ²rw@ugm.ac.id

Abstrak

Pada 2025 diperkirakan 12,4 juta orang yang mengidap Diabetes Melitus (DM) di Indonesia. Perencanaan makan merupakan salah satu pilar dalam pengelolaan DM. Sistem pakar dapat berfungsi sebagai konsultan yang memberi saran kepada pengguna sekaligus sebagai asisten bagi pakar. Logika fuzzy fleksibel, memiliki kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa dan memodelkan fungsi-fungsi matematika yang kompleks. Penelitian ini bertujuan menerapkan metode ketidakpastian logika fuzzy pada purwarupa sistem pakar untuk menentukan menu harian. Manfaat penelitian ini adalah untuk mengetahui keakuratan mesin inferensi Mamdani Product.

Pendekatan basis pengetahuan yang digunakan pada sistem pakar ini adalah dengan Rule-Based Reasoning. Proses inferensi pada sistem pakar menggunakan logika fuzzy dengan mesin inferensi Mamdani Product. Fuzzifier yang digunakan adalah Singleton sedangkan defuzzifier yang digunakan adalah Rata-Rata Terpusat.

Penggunaan kombinasi Singleton fuzzifier, mesin inferensi Product dan defuzzifier Rata-Rata Terpusat yang digunakan pada sistem pakar dapat diterapkan untuk domain permasalahan yang dibahas. Meskipun demikian, terdapat kemungkinan Singleton fuzzifier tidak dapat memicu beberapa atau semua aturan. Jika semua aturan tidak dapat dipicu maka tidak dapat disimpulkan kebutuhan kalori hariannya.

Kata kunci— sistem pakar, logika fuzzy, mamdani product, diabetes, menu

Abstract

It is predicted that 12.4 million people will suffer from Diabetes Mellitus (DM) in Indonesia in 2025. Menu planning is one of the important aspects in DM management. Expert system can be used as a consultant that gives suggestion to users as well as an assistant for experts. Fuzzy logic is flexible, has the ability in linguistic reasoning and can model complex mathematical functions. This research aims to implement fuzzy logic uncertainty method into expert sistem prototype to determine diabetic daily menu. The advantage is to find out the accuracy of Mamdani Product inference engine.

The knowledge-based approach in this expert system uses Rule-Based Reasoning. The inference process employs fuzzy logic making use of Mamdani Product inference engine. The fuzzifier used is Singleton while defuzzifier is Center Average.

The combination of Singleton fuzzifier, Mamdani Product inference engine and Center Average defuzzifier that is used can be applied in the domain of the problem under discussion. In spite of the case, there is possibility that Singleton fuzzifier can't trigger some or all of the rules. If all of the rules can't be triggered then the diabetic daily menu can't be concluded.

Keyword— expert system, fuzzy logic, mamdani product, diabetes, menu

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, pada tahun 1995, ada 4,5 juta orang yang mengidap DM, nomor tujuh terbanyak di dunia. Pada tahun 2007, angka ini meningkat sampai 8,4 juta dan diperkirakan pada 2025 akan menjadi 12,4 juta orang, atau urutan kelima terbanyak di dunia [1].

Perencanaan makan merupakan salah satu pilar dalam pengelolaan Diabetes Melitus (DM) yang dapat membantu mencegah komplikasi dan memperbaiki kualitas hidup penderita DM [2]. Penderita DM tidak dapat mengonsumsi semua jenis makanan, pola makan penderita harus selalu teratur berdasarkan kebutuhan kalori hariannya [3].

Sistem pakar dapat berfungsi sebagai konsultan yang memberi saran atau nasihat kepada pengguna sekaligus sebagai rekan kerja atau asisten bagi pakar [4]. Penelitian [5] menunjukkan bahwa sistem pakar dapat dibangun dengan bahasa pemrograman secara independen dan database merupakan elemen penting untuk mendukung aplikasi sistem pakar. Penelitian [6],[7] menggunakan metode ketidakpastian dan menyimpulkan bahwa sistem pakar yang dibangun dapat memberikan hasil beserta tingkat kebenaran dan keakuratannya.

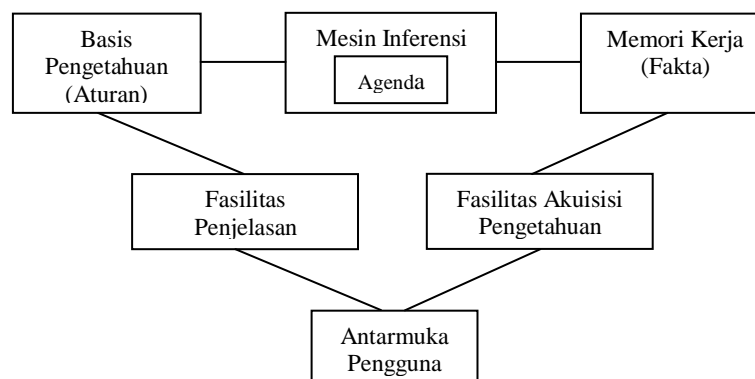
Dari penelitian-penelitian [8],[9] dan[10] dapat disimpulkan bahwa logika fuzzy terbukti dapat digunakan untuk menyelesaikan beberapa macam kasus sehingga peneliti tertarik untuk membangun purwarupa sistem pakar dengan metode ketidakpastian yang berbeda yaitu logika fuzzy. Logika fuzzy sangat fleksibel, memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat, memiliki kemampuan dalam proses penalaran secara bahasa dan memodelkan fungsi-fungsi matematika yang sangat kompleks [4]. Logika fuzzy juga menyediakan kerangka yang digunakan untuk menggabungkan aturan-aturan yang bersumber dari pengalaman pakar [11].

2. METODE PENELITIAN

2.1 Analisis Sistem

Sistem pakar menggunakan mesin inferensi *Mamdani Product* untuk menentukan menu harian penderita DM adalah sistem pakar yang dapat menentukan menu harian penderita DM berdasarkan kebutuhan kalori hariannya. Sedangkan menu harian yang diberikan mencakup menu makan pagi, siang, malam beserta selingannya.

Sesuai dengan struktur sistem pakar menurut [12], model sistem pakar menggunakan mesin inferensi *Mamdani Product* untuk menentukan menu harian penderita DM terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Model sistem pakar untuk menentukan menu penderita DM

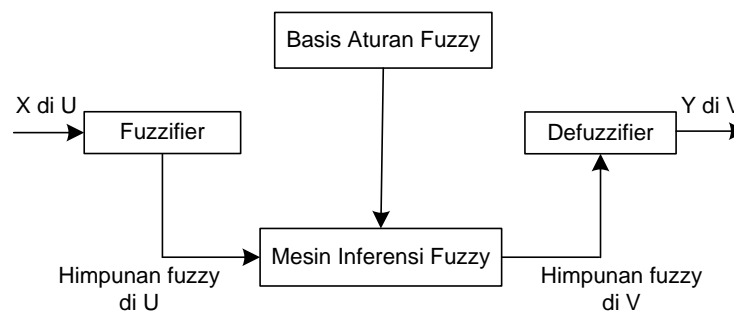
Secara garis besar, sistem pakar yang akan dibangun memiliki fasilitas penjelasan untuk penderita DM dan fasilitas akuisisi pengetahuan untuk ahli gizi. Penderita DM akan diminta untuk memasukkan data personal yang berupa jenis kelamin, umur, berat badan, tinggi badan

dan jenis aktivitas. Kemudian data tersebut akan diolah oleh mesin inferensi berdasarkan basis pengetahuan yang diperoleh dari ahli gizi. Hasil inferensi akan diberikan kepada penderita DM disertai dengan penjelasannya. Ahli gizi dapat memodifikasi basis pengetahuan. Basis pengetahuan tersebut disimpan pada basis data dan akan digunakan untuk kepentingan proses inferensi. Adapun admin, yang dapat memodifikasi data ahli gizi. Sistem pakar yang dibuat diharapkan memiliki kemampuan sebagai berikut:

- Sistem dapat digunakan oleh penderita DM, ahli gizi dan admin.
- Sistem dapat digunakan ahli gizi untuk menambah, merubah dan menghapus data seperti rencana menu, jenis makanan, jenis aktivitas, batas himpunan dan aturan.
- Sistem dapat digunakan admin untuk menambah, merubah dan menghapus data ahli gizi.
- Untuk menambah, merubah dan menghapus data, ahli gizi maupun admin harus melewati proses otentifikasi.
- Sistem dapat menyimpulkan status gizi, berat badan ideal, total kalori aktivitas, kebutuhan kalori harian, kategori kebutuhan kalori, nilai kebenaran dan rekomendasi jenis menu harian penderita DM.
- Sistem dapat memberikan rekomendasi jenis menu harian berdasarkan jenis makanan yang diinginkan oleh penderita DM.

2.2 Logika Fuzzy

Sistem fuzzy terdiri dari 4 komponen yaitu basis aturan fuzzy, mesin inferensi fuzzy, pembuat fuzzy (*fuzzifier*), dan penegasan (*defuzzifier*) [11].



Gambar 2 Konfigurasi dasar sistem fuzzy [11].

Proses pada sistem fuzzy yaitu dari input yang berupa data real diubah oleh *fuzzifier* (tahap fuzzifikasi) menjadi nilai fuzzy di U kemudian diolah oleh mesin inferensi fuzzy dengan aturan dasar fuzzy yang selanjutnya ditegaskan kembali dengan *defuzzifier* (tahap defuzzifikasi) menjadi nilai tegas (output).

2.2.1 Basis Aturan Fuzzy

Basis aturan fuzzy terdiri atas aturan-aturan fuzzy JIKA-MAKA:

$$R_i^{(j)} : \text{JIKA } x_1 \text{ adalah } A_1^i \text{ DAN } \dots \text{ DAN } x_n \text{ adalah } A_n^i \text{ MAKA } y \text{ adalah } B^i \quad (1)$$

Dengan A_i^j dan B^j berturut-turut adalah himpunan fuzzy di $U_i \subset R$ (untuk $i=1, 2, \dots, n$) dan $V \subset R$, sedangkan $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)^T \in U$ dan $y \in V$ berturut-turut adalah variabel input dan variabel output dari suatu sistem fuzzy.

2.2.2 Singleton Fuzzifier

Fuzzifier merupakan pemetaan nilai real $x^* \in U \subset R^n$ ke himpunan fuzzy A^i di U . *Singleton Fuzzifier* memetakan nilai tegas $x^* \in U$ ke fuzzy *singleton* A^i di U , dengan derajat keanggotaan 1 untuk x^* , dan 0 untuk nilai lainnya di U .

$$\mu_{A'}(x) \begin{cases} 1, & \text{jika } x = x^* \\ 0, & \text{untuk nilai lainnya} \end{cases} \quad (2)$$

2.2.3 Mesin inferensi product

Mesin inferensi product menggunakan dasar inferensi *individual* dengan kombinasi gabungan, implikasi *product* Mamdani, *algebraic product* untuk semua operator *T-norm* dan *max* untuk semua operator *S-norm*:

$$\mu_{B'}(y) = \max_{l=1}^M [\sup_{x \in U} (\mu_{A'}(x) \prod_{i=1}^n \mu_{A_i'}(x_i) \mu_{B_l'}(y))] \quad (3)$$

Jika himpunan fuzzy A' merupakan *fuzzifier singleton* (2), maka mesin inferensi *product* dapat disederhanakan menjadi:

$$\mu_{B'}(y) = \max_{l=1}^M \left[\prod_{i=1}^n \mu_{A_i'}(x_i^*) \mu_{B_l'}(y) \right] \quad (4)$$

2.2.4 Defuzzifier Rata-Rata Terpusat

Defuzzifier didefinisikan sebagai suatu pemetaan dari himpunan fuzzy di $B' \in V \subset R$ ke suatu titik bernilai real $y \in V$.

Jika himpunan fuzzy B' di semesta R merupakan gabungan atau irisan dari M buah himpunan fuzzy, maka B' diubah menjadi bilangan real y^* yang merupakan rata-rata terbobot dari pusat-pusat M buah himpunan fuzzy tersebut, dengan tinggi masing-masing himpunan fuzzy itu sebagai bobotnya. Jika y_l^{-1} merupakan pusat dari himpunan fuzzy ke- l , dan w_l adalah tingginya, maka *defuzzifier* rata-rata terpusat dinyatakan sebagai:

$$y^* = \frac{\sum_{l=1}^M y_l^{-1} w_l}{\sum_{l=1}^M w_l} \quad (5)$$

2.3 Representasi Pengetahuan

Representasi dilakukan setelah proses akuisisi pengetahuan dilakukan. Tujuan representasi adalah untuk mengembangkan suatu struktur yang akan membantu pengkodean pengetahuan ke dalam program. Representasi pengetahuan menggunakan aturan produksi.

2.3.1 Tabel keputusan

Pada sistem pakar untuk menentukan menu harian penderita DM, tabel keputusan yang digunakan terlihat pada Tabel 1.

2.3.2 Himpunan aturan

Aturan-aturan yang dapat dibentuk berdasarkan tabel keputusan adalah sebanyak 17 aturan, antara lain:

1. Jika umur MUDA dan status gizi KURUS dan aktivitas SEDANG maka kebutuhan kalori TINGGI
2. Jika umur MUDA dan status gizi NORMAL dan aktivitas SEDANG maka kebutuhan kalori TINGGI

Tabel 1 Keputusan

No	Input	Output	Kalori Rendah			Kalori Sedang						Kalori Tinggi					
1	Umur Muda					√								√	√		
2	Umur Parobaya						√	√								√	
3	Umur Tua		√	√					√	√	√	√					√
4	Umur Sangat Tua				√							√	√				
5	Status Gizi Kurus								√			√	√	√		√	√
6	Status Gizi Normal				√		√	√		√	√				√		√
7	Status Gizi Gemuk		√			√						√					
8	Status Gizi Sangat Gemuk			√													
9	Jenis Aktivitas Ringan		√	√	√					√			√				
10	Jenis Aktivitas Sedang					√	√	√	√		√	√		√	√	√	√
11	Jenis Aktivitas Berat															√	√

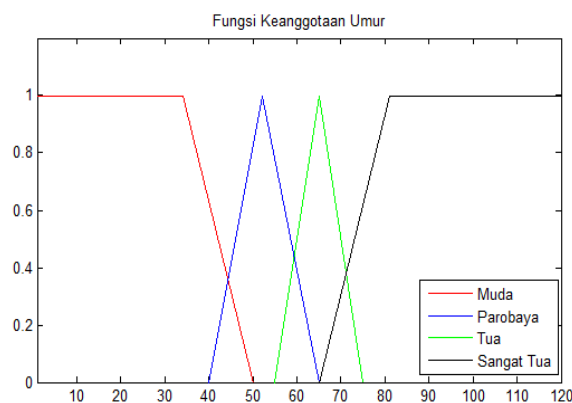
2.4 Perancangan Himpunan Fuzzy

Himpunan fuzzy menggambarkan derajat atau nilai perbedaan pada suatu variabel linguistik pada himpunan nilai linguistik variabel tersebut. Derajat atau nilai tersebut disebut *grades of membership* [13]. Pada sistem ini *grades of membership* mempunyai nilai antara 0 sampai dengan 1. *Grades of membership* ini selanjutnya akan menjadi fungsi keanggotaan (*membership function*) yang digunakan dalam proses fuzzifikasi data personal user.

Untuk pembuatan sistem pakar ini, pertama kali akan dibuat fungsi keanggotaan untuk variabel input, yaitu umur, status gizi dan jenis aktivitas. Sedangkan variabel outputnya adalah kebutuhan kalori. Fungsi keanggotaan tersebut didefinisikan berdasarkan rentang nilai dan derajat keanggotaan.

Dalam penelitian ini digunakan fungsi keanggotaan bentuk segitiga dan trapesium untuk mendefinisikan derajat keanggotaan dari setiap variabel.

Himpunan fuzzy beserta fungsi keanggotaan dari variabel umur direpresentasikan sebagai berikut:



Gambar 3 Fungsi keanggotaan variabel umur

Dimana sumbu horizontal merupakan nilai input dari variabel umur, sedangkan sumbu vertikal merupakan nilai derajat keanggotaan dari nilai input. Dengan fungsi keanggotaan adalah sebagai berikut:

$$\mu_{UMuda}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 34 \\ (50-x)/16; & 34 \leq x \leq 50 \\ 0; & x \geq 50 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{UParobayak}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 40 \text{ dan } x \geq 65 \\ (x - 40)/12; & 40 \leq x \leq 52 \\ (65 - x)/13; & 52 \leq x \leq 65 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{UTua}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 55 \text{ dan } x \geq 75 \\ (x - 55)/10; & 55 \leq x \leq 65 \\ (75 - x)/10; & 65 \leq x \leq 75 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{USangatTua}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 65 \\ (x - 65)/16; & 65 \leq x \leq 81 \\ 1; & x \geq 81 \end{cases} \quad (9)$$

2.5 Perancangan Mesin Inferensi

Pada sistem ini inferensi dilakukan untuk menentukan menu harian berdasarkan pada hasil fuzzifikasi input data personal yang dimasukkan oleh user. Fuzzifikasi merupakan proses untuk mengubah data real menjadi nilai fuzzy. *Fuzzifier* yang digunakan adalah *Singleton fuzzifier* (2). Kemudian dilakukan inferensi fuzzy berdasarkan basis aturan fuzzy menggunakan Mesin Inferensi *Product* (3). Inferensi diimplementasikan untuk masing-masing aturan. Dalam inferensi, nilai kebenaran premis dari aturan-aturan yang terpicu digunakan untuk menentukan nilai kebenaran bagian dari kesimpulan dari aturan yang terpicu. Dengan demikian input untuk proses inferensi adalah nilai yang diberikan oleh premis, dan output adalah suatu himpunan fuzzy. Dalam metode inferensi *product*, fungsi keanggotaan output diberi skala sesuai dengan nilai kebenaran dari premis. Selanjutnya dilakukan defuzzifikasi yaitu menegaskan kembali hasil inferensi menjadi nilai tegas (output). *Defuzzifier* yang digunakan adalah Rata-Rata Terpusat (5).

Dengan mensubstitusikan aturan basis fuzzy (1), mesin inferensi *product* (3), *fuzzifier singleton* (2) dan *defuzzifier* rata-rata terpusat (5), maka diperoleh fungsi dengan bentuk:

$$f(x) = \frac{\sum_{l=1}^M y_l \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^l}(x_i)}{\sum_{l=1}^M \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^l}(x_i) \right)} \quad (10)$$

Dengan $x \in U \subset \mathbb{R}^n$ sebagai input, dan $f(x) \in V \subset \mathbb{R}$ merupakan output dari sistem fuzzy. Bukti: Dengan mensubstitusikan *fuzzifier singleton* (2) pada mesin inferensi *product* (3), diperoleh:

$$\mu_{B^l}(y) = \max_{i=1}^M \left[\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^l}(x_i^*) \mu_{B^l}(y) \right] \quad (4)$$

Selama input yang diberikan x_i^* , maka pusat ke- l dari himpunan fuzzy $\mu_{B^l}(y)$ pada (10) adalah pusat dari B^l , dapat dilihat bahwa \bar{y}^{-1} pada *defuzzifier* rata-rata terpusat (5) sama dengan \bar{y}^{-1} pada (10). Selama B^l normal (tinggi dari B^l sama dengan 1) maka w_l (tinggi) himpunan fuzzy $\mu_{B^l}(y)$ pada (4) yaitu:

$$\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^l}(x_i^*) \mu_{B^l}(\bar{y}^{-1}) = \prod_{i=1}^n \mu_{A_i^l}(x_i^*) \quad (11)$$

Dengan menggunakan *defuzzifier* rata-rata terpusat (5) pada himpunan fuzzy (1), diperoleh:

$$y^* = \frac{\sum_{l=1}^M y_l \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^l}(x_i^*) \right)}{\sum_{l=1}^M \left(\prod_{i=1}^n \mu_{A_i^l}(x_i^*) \right)} \quad (12)$$

Dengan mengganti $x^*=x$ dan $y^*=y$, maka (12) akan menjadi (10).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dilakukan terhadap 10 kasus dengan input yang berbeda. Pembahasan meliputi perbandingan output dari 10 kasus yang telah diuji melalui sistem dengan perhitungan manualnya. Kasus pertama yang diuji melalui sistem terlihat pada Gambar 4.

Gambar 4 Kasus pertama

Dari Gambar 4 terlihat pada kasus pertama penderita DM memberikan input berupa data personal:

Umur	: 58
Berat badan	: 56
Tinggi badan	: 160
Aktivitas harian:	
Tidur atau berbaring saja	: 8 jam
Duduk tenang	: 5 jam
Pekerjaan kantor	: 8 jam
Pekerjaan rumah (berat)	: 2 jam
Badminton	: 1 jam

Kemudian dilakukan proses inferensi terhadap input tersebut untuk menghasilkan besarnya kebutuhan kalori harian. Nilai derajat keanggotaan yang diperoleh dari fuzzifikasi input data adalah:

- Umur (U)

$$\mu_{UParobaya}(58) = (65 - 58) / (65 - 52) = 0.5385$$

$$\mu_{UTua}(58) = (58 - 55) / (65 - 55) = 0.3$$
- Status gizi (SG)

$$\mu_{SGNormal}(21.875) = (23.5 - 21.875) / (23.5 - 20.5) = 0.5417$$

$$\mu_{SGGemuk}(21.875) = (21.875 - 21.5) / (23.5 - 21.5) = 0.1875$$
- Jenis aktivitas (JAkt)

$$\begin{aligned}\mu_{\text{JAktSedang}}(2414.0122) &= (2600 - 2414.0122)/(2600 - 2200) = 0.465 \\ \mu_{\text{JAktBerat}}(2414.0122) &= (2414.0122 - 2000)/(2600 - 2000) = 0.69\end{aligned}$$

Dengan demikian aturan fuzzy yang terpicu dengan premis-premisnya adalah:

Premis R1: umur PAROBAYA dan status gizi NORMAL dan aktivitas SEDANG

Premis R2: umur PAROBAYA dan status gizi GEMUK dan aktivitas SEDANG

Premis R3: umur TUA dan status gizi NORMAL dan aktivitas SEDANG

Premis R4: umur TUA dan status gizi NORMAL dan aktivitas BERAT

Premis R5: umur TUA dan status gizi GEMUK dan aktivitas SEDANG

Dengan mengaplikasikan operator *algebraic product* diperoleh nilai kebenaran premis sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Premis R1: } \mu_{\text{UParobaya}}(58) * \mu_{\text{SGNormal}}(21.875) * \mu_{\text{JAktSedang}}(2414.0122) \\ &= 0.5385 * 0.5417 * 0.465 \\ &= 0.1356\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Premis R2: } \mu_{\text{UParobaya}}(58) * \mu_{\text{SGGemuk}}(21.875) * \mu_{\text{JAktSedang}}(2414.0122) \\ &= 0.5385 * 0.1875 * 0.465 \\ &= 0.0469\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Premis R3: } \mu_{\text{UTua}}(58) * \mu_{\text{SGNormal}}(21.875) * \mu_{\text{JAktSedang}}(2414.0122) \\ &= 0.3 * 0.5417 * 0.465 \\ &= 0.0756\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Premis R4: } \mu_{\text{UTua}}(58) * \mu_{\text{SGNormal}}(21.875) * \mu_{\text{JAktBerat}}(2414.0122) \\ &= 0.3 * 0.5417 * 0.69 \\ &= 0.1121\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Premis R5: } \mu_{\text{UTua}}(58) * \mu_{\text{SGGemuk}}(21.875) * \mu_{\text{JAktSedang}}(2414.0122) \\ &= 0.3 * 0.1875 * 0.465 \\ &= 0.0262\end{aligned}$$

Dengan menggunakan aturan untuk menentukan kebutuhan kalori harian diperoleh aturan-aturan sebagai berikut:

R1: Jika umur PAROBAYA dan status gizi NORMAL dan aktivitas SEDANG maka kebutuhan kalori SEDANG

R2: Jika umur PAROBAYA dan status gizi GEMUK dan aktivitas SEDANG maka kebutuhan kalori SEDANG

R3: Jika umur TUA dan status gizi NORMAL dan aktivitas SEDANG maka kebutuhan kalori SEDANG

R4: Jika umur TUA dan status gizi NORMAL dan aktivitas BERAT maka kebutuhan kalori TINGGI

R5: Jika umur TUA dan status gizi GEMUK dan aktivitas SEDANG maka kebutuhan kalori RENDAH

Pusat dari himpunan fuzzy R1, R2, R3, R4, R5 berturut-turut adalah $\bar{y}^{-1} = 1800$, $\bar{y}^{-2} = 1800$, $\bar{y}^{-3} = 1800$, $\bar{y}^{-4} = 2300$, $\bar{y}^{-5} = 1300$. Dan tingginya berturut-turut adalah $w_1 = 0.1356$, $w_2 = 0.0469$, $w_3 = 0.0756$, $w_4 = 0.1121$, $w_5 = 0.0262$. Kemudian ditentukan kebutuhan kalori harian menggunakan *center average defuzzifier* (5) sebagai berikut:

$$\begin{aligned}y^* &= \frac{1800 \times 0.1356 + 1800 \times 0.0469 + 1800 \times 0.0756 + 2300 \times 0.1121 + 1300 \times 0.0262}{0.1356 + 0.0469 + 0.0756 + 0.1121 + 0.0262} \\ &= 1908.3501\end{aligned}$$

Nilai derajat keanggotaan yang diperoleh berdasarkan kebutuhan kalori harian adalah:

$$\mu_{\text{KalRendah}}(1908.3501) = 0$$

$$\mu_{\text{KalSedang}}(1908.3501) = 1$$

$$\mu_{\text{KalTinggi}}(1908.3501) = 0$$

Dari fungsi keanggotaan kebutuhan kalori harian diperoleh bahwa $y^* = 1908.3501$ termasuk ke dalam kategori kebutuhan kalori harian SEDANG dengan nilai kebenaran 1. Hasil perhitungan manual kebutuhan kalori harian, kategori kebutuhan kalori dan nilai kebenaran pada kasus pertama sesuai dengan hasil yang diberikan oleh sistem.

Tabel 2 merupakan rincian input dan hasil perhitungan kebutuhan kalori harian dari 10 kasus yang telah diuji melalui sistem dan perhitungan manual. Hasil perhitungan kebutuhan kalori harian oleh sistem pakar terhadap 10 kasus tersebut sesuai dengan hasil perhitungan manualnya. Pada kasus ke-8, sistem pakar memberikan hasil NaN (*Not a Number*) dan perhitungan manual memberikan hasil nol. Hal ini terjadi karena tidak ada satupun aturan di basis pengetahuan yang terpicu oleh premis-premisnya berdasarkan data personal penderita DM yang telah dimasukkan, sehingga tidak dapat ditentukan kebutuhan kalori hariannya.

Tabel 2 Hasil Pengujian 10 kasus

No	J.K.	Umur	IMT	Aktifitas	Perhitungan Manual Kebutuhan Kalori	Perhitungan Sistem Pakar		
						Kebutuhan Kalori	Kategori Kebutuhan Kalori	Nilai Kebenaran
1	P	58	21.8750	2414.01	1908.44	1908.44	SEDANG	1
2	P	59	23.7253	2483.43	1567.86	1567.86	SEDANG	0.84
3	P	56	17.5064	2095.37	2238.13	2238.13	BERAT	0.79
4	W	62	23.3377	1789.33	1419.89	1419.89	RINGAN	0.60
5	P	65	21.7193	2104.6	1796.19	1796.19	SEDANG	1
6	P	66	18.3768	2563.83	2254.5	2254.5	BERAT	0.85
7	W	41	22.3478	2243.36	2007.01	2007.01	SEDANG	0.96
8	P	45	23.8751	2748	0	NaN	-	-
9	W	58	19.1001	2402.42	1963.48	1963.48	SEDANG	1
10	W	47	18.2868	2470.27	2176.85	2176.85	BERAT	0.59

4. KESIMPULAN

1. Purwarupa sistem pakar dengan mesin inferensi *Mamdani Product* yang telah dibangun dapat digunakan untuk menentukan menu harian penderita DM karena hasil perhitungan kebutuhan kalori harian yang dihasilkan oleh sistem pakar sama dengan hasil perhitungan secara manual dengan menggunakan teori mesin inferensi *Mamdani Product*.
2. Penggunaan kombinasi *Singleton fuzzifier*, mesin inferensi *Product* dan *defuzzifier Rata-Rata Terpusat* yang digunakan pada sistem pakar dapat diterapkan untuk domain permasalahan yang dibahas. Meskipun demikian, terdapat kemungkinan *Singleton fuzzifier* tidak dapat memicu beberapa atau semua aturan. Jika semua aturan tidak dapat dipicu maka tidak dapat disimpulkan kebutuhan kalori hariannya.
3. Pendekatan basis pengetahuan dengan *Rule-Based Reasoning* dapat diterapkan pada sistem pakar untuk menentukan menu harian penderita DM.

5. SARAN

1. Penelitian lebih lanjut dapat menggunakan komposisi *fuzzifier*, mesin inferensi dan *defuzzifier* yang berbeda.
2. Input data personal penderita DM dirancang secara lebih akurat. Penderita DM dapat mengisi jenis aktivitas sebanyak yang diinginkan.
3. Penelitian lebih lanjut diharapkan dapat mengembangkan model sistem pakar yang lebih interaktif dan dinamis seperti sistem berbasis web.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tandra, H., 2008, *Segala Sesuatu Yang Harus Anda Ketahui Tentang Diabetes: Panduan Lengkap Mengenal dan Mengatasi Diabetes dengan Cepat dan Mudah*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [2] Waspadji S., 2011, *Diabetes Melitus: Mekanisme Dasar dan Pengelolaannya yang rasional*, Soegondo, S., Soewondo, P. dan Subekti, I. (ed.): *Penatalaksanaan Diabetes Melitus Terpadu*, FKUI, Jakarta.
- [3] Tjokroprawiro, A., 2011, *Hidup Sehat dan Bahagia Bersama Diabetes*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [4] Turban, E., Aronson, J. dan Peng L., 2005, *Decision Support System and Intelligent Systems-7th Ed*, Pearson Education, New Jersey.
- [5] Jain, M.B., Jain A. dan Srinivas M. B., 2008, A Web Based Expert System Shell for Fault Diagnosis and Control of Power System Equipment, *International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis*, Beijing, China, 21-24 April.
- [6] Hartati, S., 2005, Media Konsultasi Penyakit Kelamin Pria dengan Penanganan Ketidakpastian Menggunakan Certainty Factor Bayesian, *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, Yogyakarta.
- [7] Sulistyohati, S. dan Hidayat, T., 2008, Aplikasi Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Ginjal dengan Metode Dempster-Shafer, *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, Yogyakarta.
- [8] Mulyana, S., 2007, Prediksi Produksi Benih Ikan dengan Logika Fuzzy, *Seminar Nasional Tahunan IV Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan*, Yogyakarta.
- [9] Effendy, N., Hasan, M.H. dan Wikatmono, F., 2008, Implementasi Logika Fuzzy untuk Mengendalikan PH dan Level Air Kolam Renang, *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi*, Yogyakarta.
- [10] Latumakulita, L.A., 2008, Sistem Pakar Pendiagnosa Penyakit Infeksi Mata Menggunakan Logika Samar, *Thesis*, Jurusan Ilmu Komputer FMIPA UGM, Yogyakarta.
- [11] Wang, L.X., 1997 *A course in Fuzzy Systems and Control*, Prentice-Hall International, Inc., New Jersey.
- [12] Giarratano, J. dan Riley, G., 2005, *Expert Systems Principles and Programming*, PWS Publishing Company, Boston.
- [13] Siler, W. dan Buckley, J.J., 2005, *Fuzzy Expert Systems and Fuzzy Reasoning*, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.