

SISTEM INFERENSI FUZZY (METODE TSK) UNTUK PENENTUAN KEBUTUHAN KALORI HARIAN

Sri Kusumadewi

Jurusan Teknik Informatika, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta
Jl. Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta
email : cicie@fii.uui.ac.id

Abstrak

Kebutuhan energi harian setiap orang akan senantiasa berbeda tergantung pada kondisi tubuh orang tersebut. Meskipun secara teoritis sudah ada persamaan untuk menghitung kebutuhan energi tersebut, namun persamaan tersebut cukup rumit diimplementasikan terutama untuk kondisi-kondisi pasien yang tidak dapat diinformasikan dengan jelas. Pada penelitian ini, dibangun sebuah sistem inferensi fuzzy dengan metode TSK (Takagi-Sugeno-Kang) yang bertujuan untuk melakukan penghitungan terhadap kebutuhan energi harian bagi seorang pasien. Metode TSK orde-1 ini menggunakan 7 variabel input fuzzy, yaitu: umur, berat badan, tinggi badan, suhu tubuh, tujuan diet, aktivitas dan intensitas penyakit; serta 1 variabel crisp, yaitu jenis kelamin. Aturan fuzzy berbentuk IF anteseden THEN konsekuen, menggunakan konsekuen berupa persamaan linear dari variabel-variabel inputnya. Himpunan fuzzy dibangun dengan fungsi keanggotaan linear turun, segitiga, dan linear naik. Sistem menyediakan beberapa pilihan operator himpunan fuzzy seperti: and, or, mean, intensified mean, diluted mean, product, bounded sum, bounded product. Sistem juga menyediakan operator negasi dan hedge (sangat atau agak) untuk himpunan fuzzy. Koefisien setiap variabel persamaan linear pada konsekuen diperoleh berdasarkan perkiraan pengeluaran energi basal menurut persamaan Harris-Benedict, dan metode praktis perkiraan kebutuhan kalori. Sistem ini telah memiliki sebanyak 44 aturan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem telah dapat menghitung perkiraan kebutuhan energi harian bagi seorang pasien dengan kondisi tertentu.

Kata Kunci: energi, metode TSK, fuzzy

1. Pendahuluan

Setiap orang senantiasa membutuhkan energi untuk melakukan aktivitasnya sehari-hari. Kebutuhan energi setiap orang berbeda satu sama lain, tergantung pada faktor usia, jenis kelamin, dan kondisi tubuhnya. Seseorang yang bertubuh gemuk dan banyak aktivitas tentunya akan membutuhkan energi yang jauh lebih

banyak jika dibandingkan dengan seseorang yang bertubuh kurus dan hanya beraktivitas ringan.

Di bidang kesehatan, persamaan Harris-Benedict yang dikembangkan pada orang-orang sehat dapat digunakan untuk menghitung kebutuhan energi dalam kkal/hari pada orang sehat maupun sakit [1]. Untuk memperkirakan pengeluaran total energi, hasil penghitungan ini masih harus dikalikan dengan faktor aktivitas.

Di sisi lain, dewasa ini di bidang *soft computing* telah dikembangkan beberapa model dengan memanfaatkan teori himpunan fuzzy. Metode Tsukamoto, Mamdani, dan TSK (Takagi-Sugeno-Kang) adalah beberapa contoh metode inferensi fuzzy [2][3][4]. Beberapa aplikasi diberbagai bidang telah dikembangkan dengan menggunakan metode-metode tersebut

Pada penelitian ini, akan mengaplikasi sistem inferensi fuzzy dengan metode TSK orde-1 untuk melakukan penghitungan perkiraan kebutuhan energi harian bagi pasien. Sistem ini dibangun berbasis web dengan menggunakan PHP dan basisdata MySQL.

2. Model, Analisis, dan Desain

2.1. Memperkirakan kebutuhan energi.

Pengeluaran energi basal (*Basal Energy Expenditure*, BEE) adalah pengeluaran kalori secara teoritis dalam keadaan puasa dan istirahat tanpa stress. Persamaan Harris-Benedict (**persamaan 1 – 2**), dapat digunakan untuk menghitung BEE ketika memperkirakan kebutuhan energi seseorang [1].

Laki-laki:

$$BEE = 66 + 13,7(W) + 5(H) - 6,8(A) \quad (1)$$

Wanita:

$$BEE = 655 + 9,6(W) + 1,7(H) - 4,7(A) \quad (2)$$

dengan W adalah berat badan (kg), H adalah tinggi badan (cm), dan A adalah umur (tahun).

Untuk memperkirakan kebutuhan total energi, BEE masih harus dikalikan dengan faktor aktivitas (FA) dan faktor injuri (FI) seperti terlihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Tabel Faktor aktivitas & injuri [1]

Faktor aktivitas (FA)	1,2	Tirah-baring total
	1,3	Ambulasi
Faktor injuri (FI)	1,0 – 1,2	Nonstress ventilator dependen
	1,1 – 1,2	Gagal jantung kongestif
	1,1 – 1,2	Pembedahan ringan
	1,13	Pembedahan ringan
	1,15 – 1,35	Trauma skeletal
	1,2 – 1,4	Infeksi ringan hingga sedang
yang berat	1,3 – 1,5	Pembedahan abdomen/torak
	1,35 – 1,55	Trauma multipel
	1,4	Cedera kepala tertutup
	rata-rata 1,4 – 1,6	Stress ventilator dependen
	1,5	Gagal hati, kanker
	rata-rata 1,5 – 1,8	Sepsis

Disamping metode tersebut, perkiraan kebutuhan energi juga dapat menggunakan metode praktis sebagaimana terlihat pada **Tabel 2** dan **Tabel 3**. Selama dalam kondisi sakit, kebutuhan kalori meningkat menurut beratnya penyakit yang diderita. Penghitungan kebutuhan energi tersebut dilakukan menurut kebutuhan energi masing-masing dalam **Tabel 2** yang kemudian ditambah dengan kebutuhan energi tambahan seperti dalam **Tabel 3**.

Tabel 2. Tabel kebutuhan kalori sesuai aktivitas [1]

Tujuan	Tingkat aktivitas atau intensitas penyakit		
	Rendah	Sedang	Tinggi
Menurunkan BB	15 kal/kg	20 kal/kg	25 kal/kg
Mempertahankan BB	20 kal/kg	25 kal/kg	30 kal/kg
Menambah BB	25 kal/kg	30 kal/kg	35 kal/kg

Tabel 3. Kebutuhan energi pada keadaan sakit [1]

Beratnya penyakit	Kebutuhan kalori tambahan
Ringan	+ 10%
Sedang	+ 25%
Berat	+ 50 – 100%

2.2. Sistem inferensi fuzzy Model TSK

Sistem inferensi fuzzy metode Takagi-Sugeno-Kang (TSK) merupakan metode inferensi fuzzy untuk aturan yang direpresentasikan dalam bentuk IF – THEN, dimana output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985 [3]. Ada 2 model pada metode TSK, yaitu:

a. Metode TSK orde-0

Secara umum bentuk model inferensi fuzzy Motode TSK Orde-0 adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_{1i}) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_{2i}) \text{ o } \dots \text{ o } (x_N \text{ is } A_{Ni}) \\ \text{THEN } z = k \quad (4)$$

dengan x_j adalah variabel input ke-j, A_{ji} adalah himpunan fuzzy ke-i pada variabel x_j , dan k adalah suatu konstanta (bersifat crisp) sebagai konsekuen

b. Metode TSK orde-1

Secara umum bentuk model inferensi fuzzy Motode TSK Orde-1 adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_{1i}) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_{2i}) \text{ o } \dots \text{ o } (x_N \text{ is } A_{Ni}) \\ \text{THEN } z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q \quad (5)$$

dengan x_j adalah variabel input ke-j, A_{ji} adalah himpunan fuzzy ke-i pada variabel x_j , p_j adalah suatu konstanta (bersifat crisp) sebagai koefisien untuk variabel x_j dan q merupakan konstanta untuk persamaan linear dalam konsekuen suatu aturan.

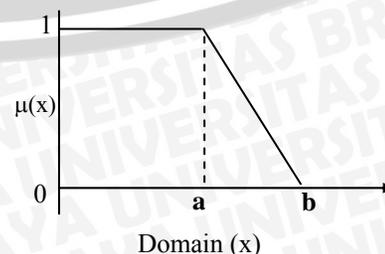
Apabila *fire strength* (α_r) dan nilai z_r untuk setiap aturan ke-r telah diperoleh ($r = 1, \dots, R$), selanjutnya akan dilakukan proses komposisi aturan. Proses komposisi dilakukan dengan cara melakukan penjumlahan hasil perkalian antara *fire strength* dengan nilai z tersebut. Proses penegasan (*defuzzy*) dilakukan dengan menggunakan konsep rata-rata tertimbang (*weighted average*) [5], seperti terlihat pada **persamaan (6)**.

$$z = \frac{\sum_{r=1}^R (\alpha_r z_r)}{\sum_{r=1}^R \alpha_r} \quad (6)$$

2.3. Fungsi keanggotaan

Himpunan fuzzy yang akan digunakan dalam penelitian ini akan menggunakan 3 fungsi keanggotaan, yaitu fungsi linear turun, fungsi linear naik, dan fungsi segitiga. Fungsi linear turun (bahu kiri) dirumuskan sebagai berikut (**Gambar 1**)[5]:

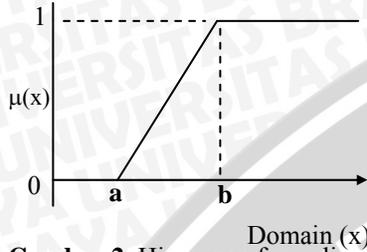
$$\mu(x) = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ (b-x)/(b-a); & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (7)$$



Gambar 1. Himpunan fuzzy linear turun..

Fungsi linear naik (bahu kanan) dirumuskan sebagai berikut (**Gambar 2**)[5]:

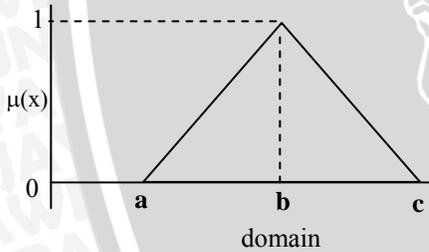
$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (8)$$



Gambar 2. Himpunan fuzzy linear naik..

Fungsi segitiga dirumuskan sebagai berikut (**Gambar 3**) [5]:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ (b - x)/(c - b); & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (9)$$



Gambar 3. Himpunan fuzzy segitiga..

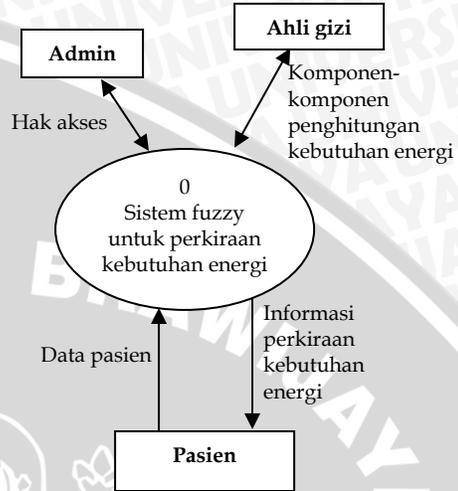
2.4. Gambaran umum

Sistem ini dibangun berbasis web, dengan pendekatan terstruktur pada proses perancangan sistemnya. Sistem terdiri atas beberapa halaman web yang berfungsi untuk:

- Input variabel input fuzzy dan crisp.
- Input himpunan fuzzy untuk setiap variabel fuzzy.
- Input nilai-nilai parameter persamaan linear pada konsekuen.
- Input aturan fuzzy.
- Menghitung kebutuhan energi (kalori).

2.5. Diagram konteks

Sistem dibangun dengan pendekatan terstruktur. Diagram konteks dan diagram aliran data (*Data Flow Diagram*, DFD) digunakan sebagai alat bantu perancangan sistem ini.



Gambar 4. Diagram konteks.

Pada sistem ini, terdapat 3 entitas eksternal, yaitu administrator, ahli gizi, dan pasien. Administrator hanya bertugas sebagai pengelola sistem terutama dalam hal pengaturan hak akses. Ahli gizi bertugas memberikan nilai input tentang komponen-komponen yang terkait dengan penghitungan perkiraan energi total, seperti: parameter-parameter himpunan fuzzy, koefisien-koefisien persamaan linear dalam konsekuen aturan, dan pembentukan aturan fuzzy. Pasien akan dapat menerima informasi tentang perkiraan kebutuhan energi harian berdasarkan kondisi pasien tersebut. **Gambar 4** menunjukkan diagram konteks untuk sistem ini.

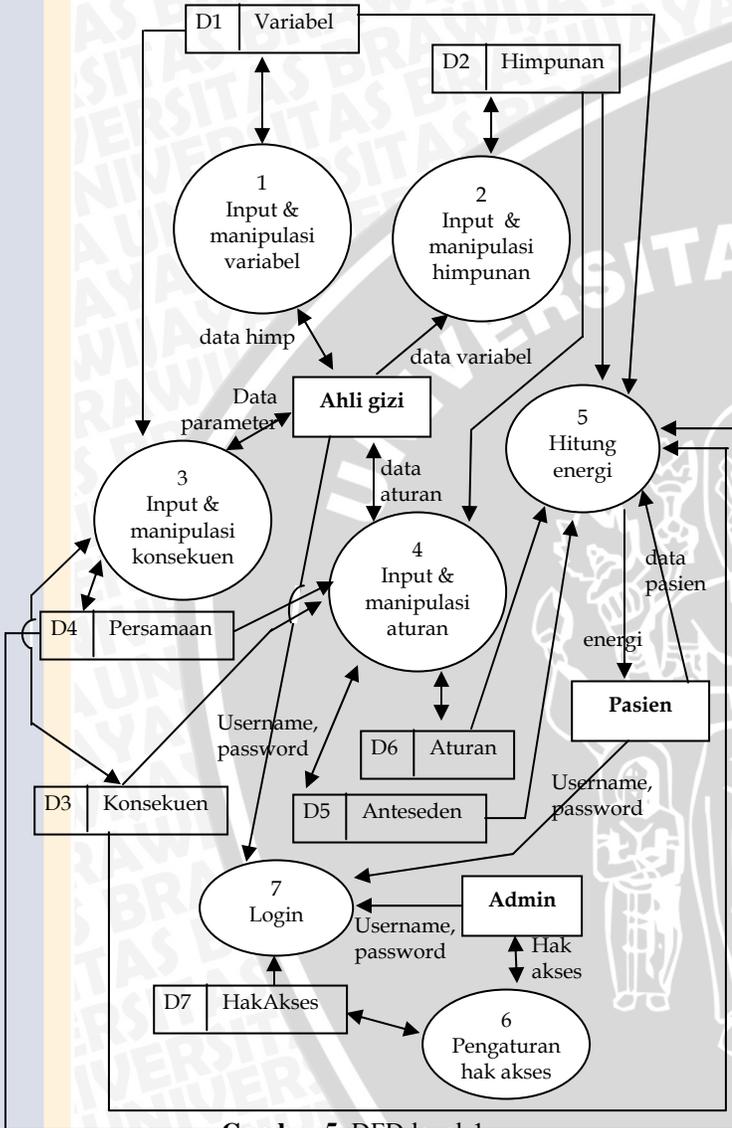
2.6. Diagram arus data (DFD)

Ada 7 proses utama dalam sistem tersebut, yaitu: input & manipulasi variabel, input & manipulasi himpunan, input & manipulasi konsekuen, input & manipulasi aturan, hitung energi, pengaturan hak akses, dan login (**Gambar 5**). Pada sistem terdapat 7 tabel sebagai media penyimpanan data, yaitu tabel variabel, tabel himpunan, tabel konsekuen, tabel persamaan, tabel anteseden, tabel aturan, dan tabel hak akses.

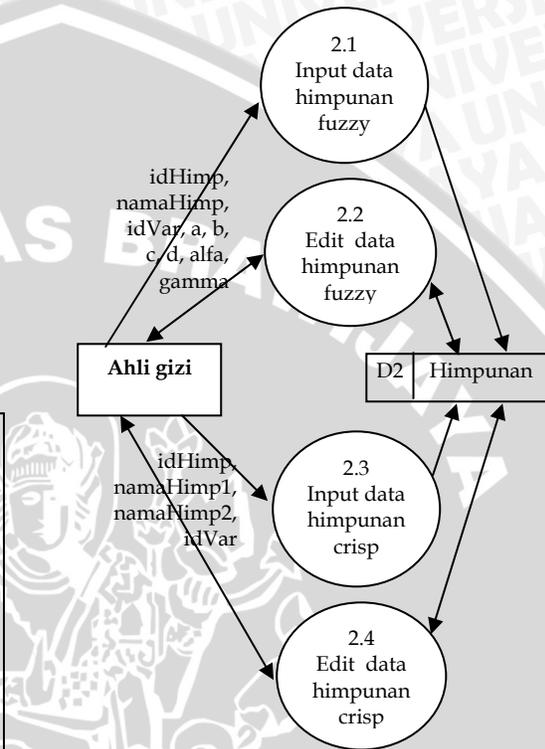
Proses input & manipulasi variabel terdiri atas 2 proses, yaitu input data variabel dan edit data variabel. Data variabel yang harus diberikan adalah nama variabel, status, dan satuan. Status terbagi atas 3 kondisi, yaitu sebagai variabel input fuzzy (=0), variabel input crisp (=1), atau sebagai variabel output (=2). Satuan

menunjukkan satuan dari variabel tersebut, misal: umur dalam tahun (**Gambar 6**).

Gambar 6. DFD level-2 proses input & manipulasi data variabel.



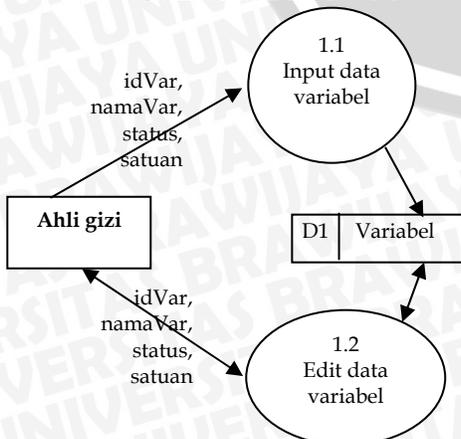
Gambar 5. DFD level-1.



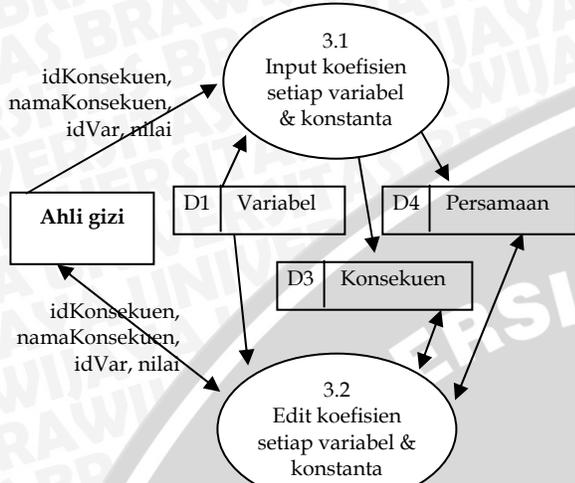
Gambar 7. DFD level-2 proses input & manipulasi himpunan.

Proses input & manipulasi data himpunan, terdiri atas 2 proses, yaitu proses input data himpunan dan edit data himpunan. Data-data yang harus diberikan adalah nama himpunan, identitas variabel yang memiliki himpunan tersebut, fungsi keanggotaan himpunan, nilai parameter a, b, c, d, alfa, dan gamma. Fungsi keanggotaan hanya diberikan untuk himpunan-himpunan pada variabel input fuzzy, sedangkan untuk variabel input crisp, nilai ini ditetapkan = 0. Untuk variabel output, tidak akan memiliki himpunan. Parameter a, b, c, d, alfa, dan gamma akan diberi nilai berdasarkan fungsi keanggotaan yang digunakan. Apabila fungsi keanggotaan yang digunakan tidak membutuhkan suatu parameter, maka nilai parameter tersebut akan ditetapkan bernilai 0. Misal: untuk fungsi keanggotaan segitiga, parameter d, alfa, dan gamma akan bernilai 0 (**Gambar 7**).

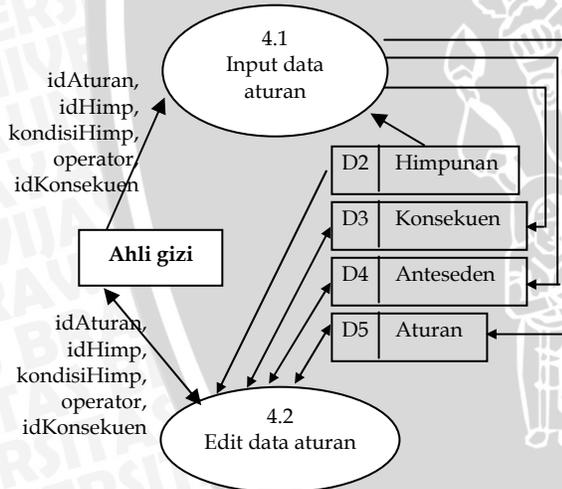
Proses input & manipulasi konsekuen terdiri atas 2 proses, yaitu: input koefisien setiap variabel & konstanta, dan edit koefisien setiap variabel & konstanta. Pada



proses input koefisien, ahli gizi akan memberikan nama untuk suatu konsekuen, dan memberikan nilai koefisien untuk setiap variabel input beserta konstantanya dalam rangka membentuk suatu konsekuen dalam aturan fuzzy (**Gambar 8**).



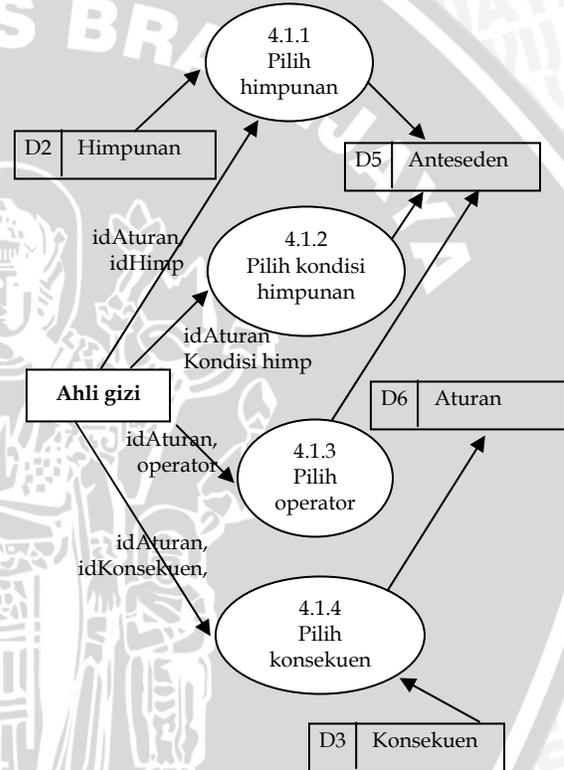
Gambar 8. DFD level-2 proses input & manipulasi konsekuen.



Gambar 9. DFD level-2 proses input & manipulasi aturan.

Proses input & manipulasi aturan terdiri-atas 2 proses, yaitu input data aturan dan edit data aturan (**Gambar 9**). Pada proses input data aturan, terbagi menjadi 4 proses, yaitu: pilih himpunan, pilih kondisi himpunan, pilih operator, dan pilih konsekuen. Pada proses pilih himpunan, ahli gizi diminta untuk menentukan himpunan mana dalam suatu variabel yang mendukung aturan tertentu. Selanjutnya juga harus ditentukan kondisi untuk himpunan yang dipilih, berupa kondisi normal, negasi, menguatkan, atau melemahkan.

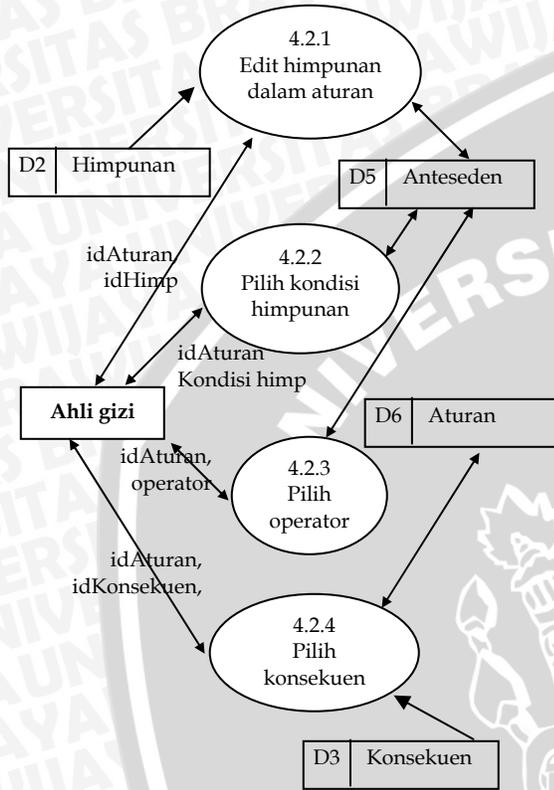
Operator yang menghubungkan antar variabel juga harus dipilih oleh ahli gizi untuk membentuk suatu anteseden (bagian IF) dari suatu aturan. Terakhir, harus ditetapkan konsekuen (bagian THEN) dari aturan dengan cara memilih nama konsekuen yang telah diisikan pada proses input konsekuen. Anteseden-anteseden yang terbentuk akan disimpan pada tabel Anteseden, sedangkan aturan-aturan (hubungan antara anteseden dan konsekuen) yang terbentuk akan disimpan dalam tabel Aturan (**Gambar 10**). Semua proses pembentukan aturan ini dapat diedit melalui proses edit aturan, yang meliputi proses edit pilih himpunan dalam aturan, edit kondisi himpunan, edit operator, dan edit konsekuen (**Gambar 11**).



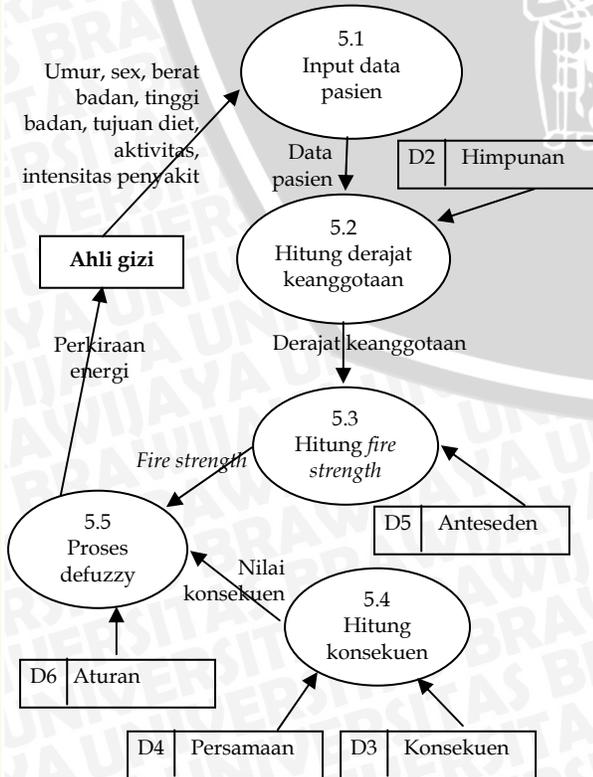
Gambar 10. DFD level-3 proses input aturan.

Proses hitung energi terdiri-atas 5 proses, yaitu input data pasien, hitung derajat keanggotaan, hitung *fire strength*, hitung konsekuen dan proses defuzzy (**Gambar 12**). Pada proses input data pasien, akan diberikan data tentang umur, berat badan, tinggi badan, jenis kelamin, suhu tubuh, tujuan diet, aktivitas, dan intensitas penyakit. Selanjutnya nilai-nilai yang diberikan ini akan dicari derajat keanggotaannya pada himpunan di setiap variabel pada setiap aturan berdasarkan **persamaan (7) – (9)**. Nilai-nilai ini juga digunakan untuk menghitung nilai setiap konsekuen pada setiap aturan berdasarkan **persamaan (5)**. Setelah

diperoleh nilai *fire strength* setiap aturan beserta nilai konsekuennya, maka proses defuzzy dapat dilakukan berdasarkan **persamaan (6)**. Hasil proses defuzzy ini merupakan perkiraan kebutuhan energi harian.



Gambar 11. DFD level-3 proses edit aturan.



Gambar 12. DFD level-2 proses hitung energi.

2.7. Struktur tabel

Ada 7 tabel yang digunakan dalam sistem ini, yaitu:

a. Tabel Variabel

Tabel Variabel berguna untuk menyimpan data-data yang berhubungan dengan variabel input (fuzzy maupun crisp) dan variabel output. Struktur tabel Variabel terlihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Tabel Variabel

Field	Type	Keterangan
idVar*	int (2)	kunci primer
namaVar	varchar (50)	-
status	int (1)	-
satuan	varchar (100)	-

b. Tabel Himpunan

Tabel Himpunan berguna untuk menyimpan data-data yang berhubungan dengan himpunan fuzzy dari variabel fuzzy. Struktur tabel Himpunan terlihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Tabel Himpunan

Field	Type	Keterangan
idHimp*	int (2)	kunci primer
idVar**	int (2)	kunci tamu
namaHimp	varchar (50)	-
mf	int (2)	-
a	double	-
b	double	-
c	double	-
d	double	-
alfa	double	-
gamma	double	-

c. Tabel Konsekuensi

Tabel Konsekuensi berguna untuk menyimpan nama konsekuensi (bagian THEN) suatu aturan. Struktur tabel Konsekuensi terlihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Tabel Konsekuensi

Field	Type	Keterangan
idKonsekuensi*	int (3)	kunci primer
namaKonsekuensi	varchar (50)	-

d. Tabel Persamaan

Tabel Persamaan berguna untuk menyimpan data-data koefisien variabel dan konstanta yang mendukung suatu persamaan linear untuk suatu konsekuensi. Struktur tabel Persamaan terlihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Tabel Persamaan

Field	Type	Keterangan
-------	------	------------

idPersamaan*	int (2)	kunci primer
idKonsekuen**	int (2)	kunci tamu
idVar**	int (2)	kunci tamu
nilai	double	-

many to many ke tabel Anteseden. Gambar 12 menunjukkan relasi antar tabel tersebut.

e. Tabel Anteseden

Tabel Anteseden berguna untuk menyimpan himpunan, kondisi himpunan, dan operator yang terkait dengan suatu anteseden (bagian IF). Struktur tabel Anteseden terlihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Tabel Anteseden

Field	Type	Keterangan
idAnteseden*	int (2)	kunci primer
idAturan**	int (2)	kunci tamu
idHimp**	int (2)	kunci tamu
kondisi	int (2)	-
operator	int (2)	-

f. Tabel Aturan

Tabel Aturan berguna untuk menyimpan data-data aturan yang merupakan hubungan antara anteseden (bagian IF) dan konsekuen (bagian THEN) dari suatu aturan. Struktur tabel Aturan terlihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Tabel Aturan

Field	Type	Keterangan
idAturan*	int (3)	kunci primer
idKonsekuen**	int (2)	kunci tamu

g. Tabel HakAkses

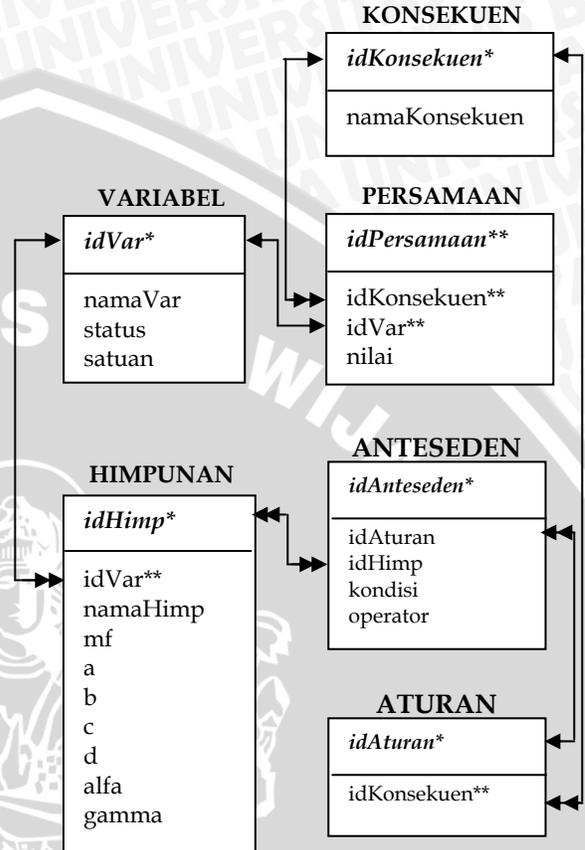
Tabel HakAkses berguna untuk menyimpan data-data hak akses bagi para pengguna sistem. Struktur tabel Indeks terlihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Tabel HakAkses

Field	Type	Keterangan
username*	varchar (10)	kunci primer
password	varchar (10)	-

2.8. Relasi antar tabel

Dari ketujuh tabel tersebut, 6 tabel saling berelasi. Kardinalitas relasi antara tabel Variabel ke tabel Himpunan adalah *one to many*, artinya satu *record* pada tabel Variabel dapat diberelasi dengan beberapa *record* dengan isi idVar yang sama di tabel Himpunan. Tabel Variabel berelasi dengan tabel Persamaan melalui *field* idVar dengan kardinalitas *one to one*, yang berarti bahwa satu *record* pada tabel Variabel hanya dapat berelasi dengan satu *record* dengan isi *field* idVar yang sama pada tabel Persamaan. Tabel Konsekuen berelasi *one to many* ke tabel Persamaan. Tabel Konsekuen berelasi *one to many* ke tabel Aturan. Tabel Aturan berelasi *one to many* ke tabel Anteseden. Tabel Himpunan berelasi



Gambar 12. Relasi antar tabel.

3. Hasil

3.1. Variabel dan himpunan fuzzy

Sistem telah dibangun berbasis web, dengan variabel-variabel input fuzzy yaitu: umur, berat badan, tinggi badan, suhu tubuh, tujuan diet, aktivitas dan intensitas pentakit. Tabel 11 menunjukkan himpunan fuzzy untuk setiap variabel fuzzy beserta domainnya. Variabel jenis kelamin merupakan himpunan crisp dengan 2 himpunan yaitu laki-laki & perempuan. Pada penelitian ini hanya digunakan nama laki-laki sedangkan perempuan merupakan negasi dari laki-laki (NOT Laki-laki). Variabel output berupa variabel energi tidak memiliki himpunan.

Tabel 11. Tabel himpunan fuzzy.

Variabel	Himpunan	fungsi keanggotaan	parameter
Umur (th)	MUDA	linear turun	(25; 45)
	PAROBAYA	segitiga	(35; 45; 55)

	TUA	linear naik	(45; 65)
Berat badan (kg)	RINGAN	linear turun	(40; 55)
	NORMAL	segitiga	(45; 55; 65)
	BERAT	linear naik	(55; 75)
Suhu badan (°C)	RENDAH	linear turun	(35; 37)
	NORMAL	segitiga	(36; 37; 38)
	TINGGI	linear naik	(37; 40)
Tinggi badan (cm)	RENDAH	linear turun	(150; 165)
	NORMAL	segitiga	(150;165;175)
	TINGGI	linear naik	(160; 175)
Tujuan diet (% berat badan)	MENURUNKAN BB	linear turun	(-25; 0)
	MEMPERTAHANKAN BB	segitiga	(-10; 0; 10)
	MENAMBAH BB	linear naik	(0; 25)
Aktivitas (% jam)	RINGAN	linear turun	(0; 50)
	SEDANG	segitiga	(0; 50; 100)
	BERAT	linear naik	(50; 100)
Intensitas penyakit (% sakit)	SEHAT	linear turun	(0; 0,001)
	RINGAN	segitiga	(0,001;50)
	NORMAL	segitiga	(25; 50; 75)
	BERAT	linear naik	(50; 100)

IdKonsekuen	Nama Konsekuen	Konstanta	Umur	Berat Badan	Tinggi Badan
1	Sehat_pi	655	-4,7	9,6	1,7
2	Sehat_pa	66	-6,8	13,7	5
3	Sehat_pi_gemuk	786	-5,64	11,52	2,04
4	Sehat_pa_gemuk	79,2	-8,16	16,44	6
5	Sehat_pi_kurus	851,5	-6,11	12,48	2,21
6	Sehat_pa_kurus	85,8	-8,84	17,81	6,5
7	Ringan_pa_gemuk	87,12	-8,976	18,018	6,6
8	Ringan_pi_gemuk	864,6	-6,204	12,672	2,244
9	Ringan_pa_kurus	94,38	-9,724	19,591	7,15
10	Ringan_pi_kurus	936,65	-6,721	13,728	2,431
11	Sedang_pa_gemuk	99	-10,2	20,55	7,5
12	Sedang_pi_gemuk	982,5	-7,05	14,4	2,55
13	Sedang_pa_kurus	107,25	-11,05	22,2625	8,125
14	Sedang_pi_kurus	1064,375	-7,6375	15,6	2,7625
15	Berat_pa_gemuk	118,8	-12,24	24,66	9
16	Berat_pi_gemuk	1179	-8,46	17,28	3,06
17	Berat_pa_kurus	128,7	-13,26	26,715	9,75
18	Berat_pi_kurus	1277,25	-9,165	18,72	3,315
19	Turun_rendah_ringan	0	0	16,5	0
20	Turun_rendah_sedang	0	0	18,75	0
21	Turun_rendah_berat	0	0	27	0
22	Turun_sedang_ringan	0	0	22	0
23	Turun_sedang_sedang	0	0	5	0
24	Turun_sedang_berat	0	0	36	0
25	Turun_berat_ringan	0	0	27,5	0
26	Turun_berat_sedang	0	0	31,25	0
27	Turun_berat_berat	0	0	45	0
28	Tahan_rendah_ringan	0	0	22	0
29	Tahan_rendah_sedang	0	0	25	0
30	Tahan_rendah_berat	0	0	36	0

3.2. Pembentukan konsekuen

Sistem ini menggunakan model TSK orde-1, sehingga konsekuen berupa persamaan linear yang berbentuk:

$$z = p_1 * x_1 + \dots + p_N * x_N + q \tag{10}$$

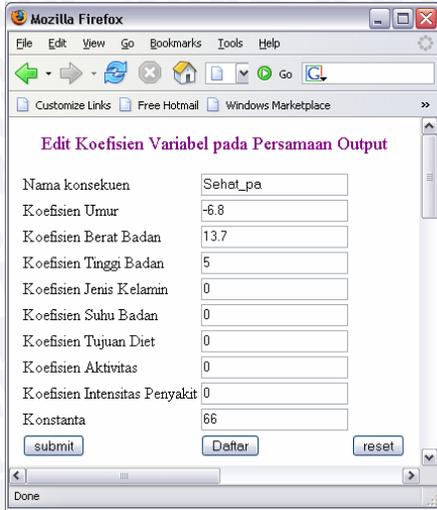
dengan x_j adalah variabel input ke-j, A_{ji} adalah himpunan fuzzy ke-i pada variabel x_j , p_j adalah suatu konstanta (bersifat crisp) sebagai koefisien untuk variabel x_j dan q merupakan konstanta untuk persamaan linear dalam konsekuen suatu aturan.

Gambar 13. Tabel koefisien persamaan pada konsekuen.

Pada sistem ini telah dibentuk sebanyak 44 konsekuen dengan koefisien yang telah disesuaikan dengan kebutuhan nutrisi secara teoritis seperti yang telah dijelaskan pada bagian 2.1 di atas. Gambar 13 menunjukkan koefisien untuk 44 konsekuen tersebut. Sebagai contoh, untuk baris idKonsekuen 2:

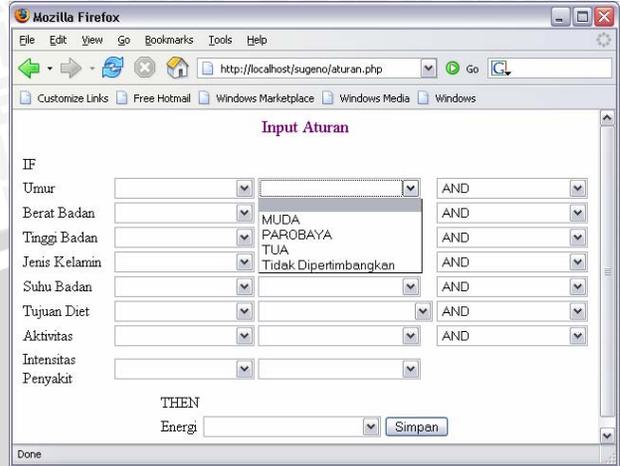
$$\text{Sehat_pa} = (-6,8)\text{umur} + (13,7)\text{BB} + (5)\text{TB} + 66$$

dengan BB adalah berat badan, dan TB adalah tinggi badan.



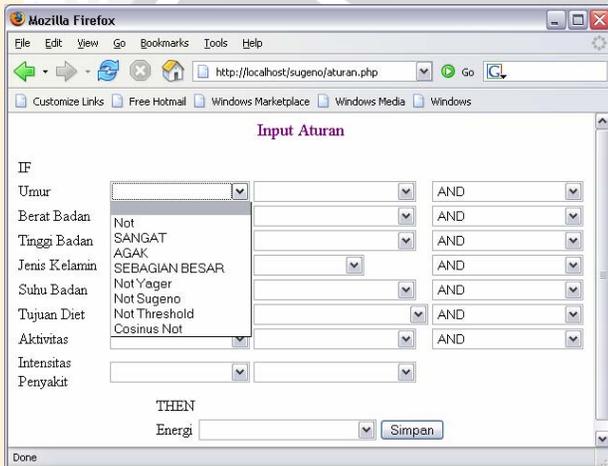
Gambar 14. Input koefisien.

Gambar 14 menunjukkan halaman web yang digunakan untuk memasukkan nilai koefisien setiap variabel.

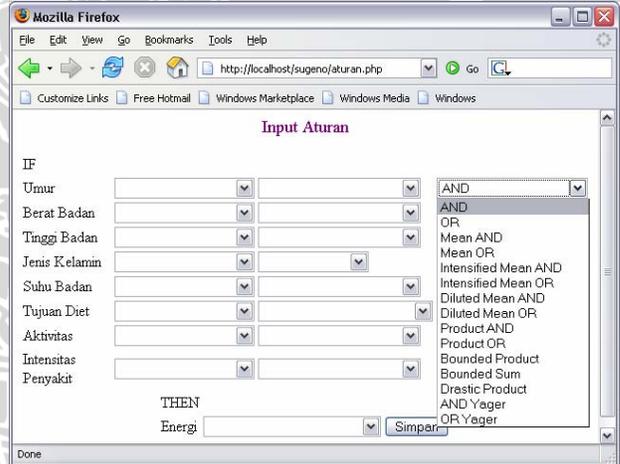


Gambar 16. Pilihan himpunan.

Sistem yang telah dibangun menyediakan beberapa alternatif operator, yaitu And, Or, Mean, Intensified mean, Diluted mean, Product, Bounded sum, Bounded product, Drastic product, And (Yager), dan Or (Yager). Gambar 17 menunjukkan alternatif operator tersebut.



Gambar 15. Pilihan kondisi.



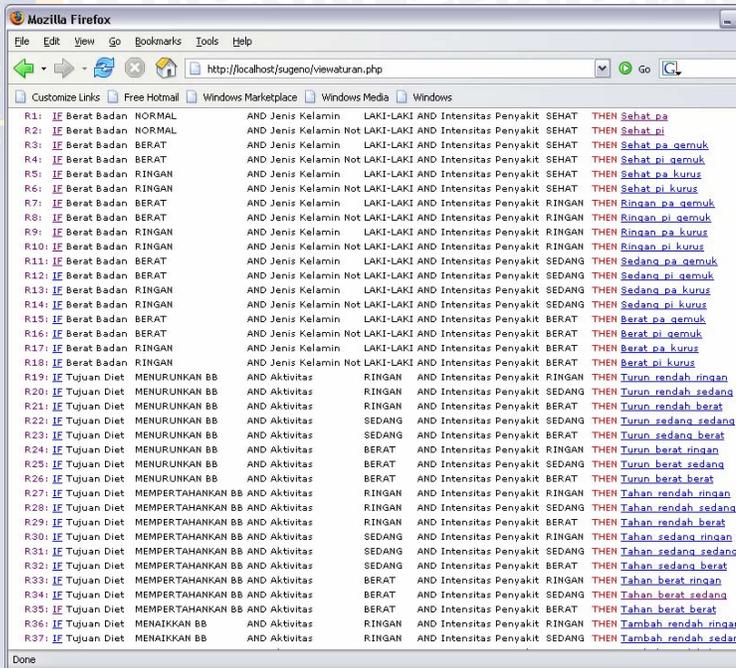
Gambar 17. Pilihan operator.

3.3. Pembentukan aturan

Sistem yang telah dibangun menyediakan beberapa alternatif kondisi himpunan, yaitu Not, Sangat, Agak, Sebagian besar, Not (Yager), Not (Sugeno), Not (*threshold*), Cosinus not. Apabila dipilih 'blank', berarti kondisi himpunan dalam keadaan normal. Gambar 15 menunjukkan alternatif pilihan tersebut.

Himpunan-himpunan pada setiap variabel akan ditawarkan untuk dipilih, ditambah dengan alternatif pilihan, Tidak dipertimbangkan. Untuk alternatif pilihan tidak dipertimbangkan ini, berarti variabel tersebut tidak dipertimbangkan dalam aturan, sehingga derajat keanggotaan yang bersangkutan akan selalu bernilai 1. Gambar 16 menunjukkan alternatif himpunan tersebut.

Sistem yang telah dibangun, memuat 44 aturan, seperti yang terlihat pada Gambar 18.

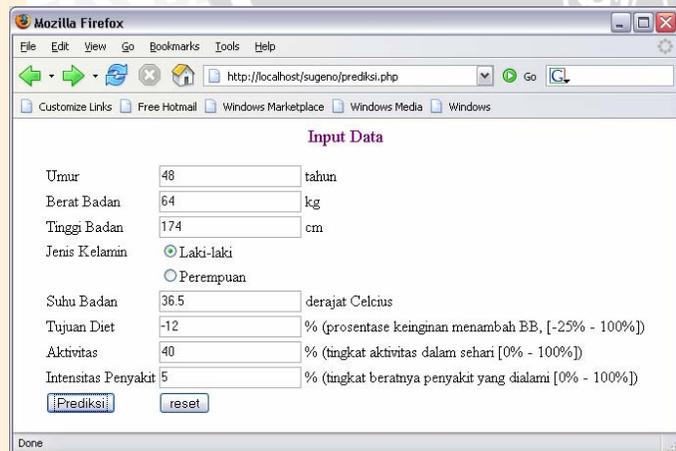


Gambar 18. Aturan.

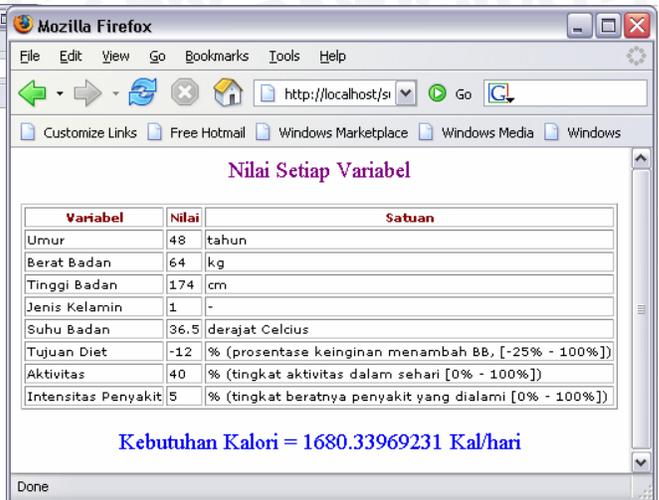
3.4. Penghitungan perkiraan kebutuhan energi

a. Pengujian-1

Seorang laki-laki berumur 48 tahun, berat badan 64 kh, tinggi badan 174 cm, suhu tubuh 36,5°C, ingin menurunkan berat badannya sebesar 12%, beraktivitas sedang (sekitar 40% waktunya dalam 1 hari), dan dalam keadaan sakit ringan (penyembuhan 5%); ingin menentukan berapa banyak kebutuhan kalori hariannya. Gambar 19 menunjukkan input yang harus diberikan ke sistem. Gambar 20 menunjukkan hasil perkiraan sistem dengan metode TSK, dengan hasil sebesar 1680,34 kalori.



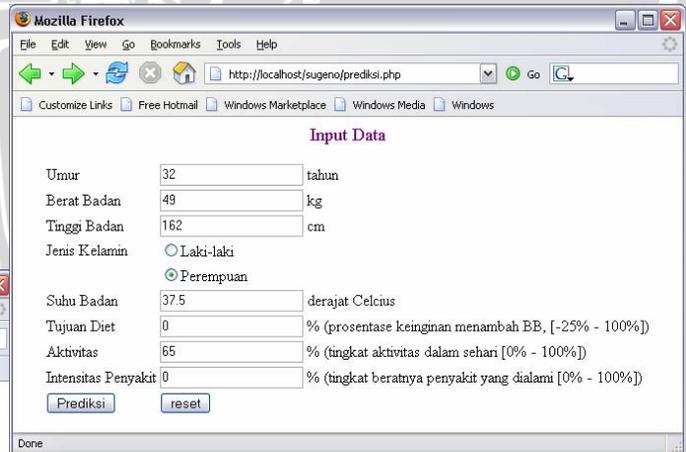
Gambar 19. Data pasien pada pengujian-1.



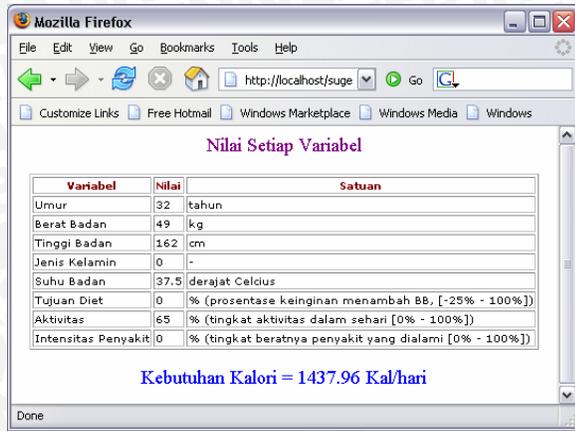
Gambar 20. Hasil pengujian-1

b. Pengujian-2

Seorang perempuan berumur 32 tahun, berat badan 49 kh, tinggi badan 162 cm, suhu tubuh 37,5°C, ingin mempertahankan berat badannya, beraktivitas berat (sekitar 65% waktunya dalam 1 hari), dan dalam keadaan sehat; ingin menentukan berapa banyak kebutuhan kalori hariannya. Gambar 21 menunjukkan input yang harus diberikan ke sistem. Gambar 22 menunjukkan hasil perkiraan sistem dengan metode TSK, dengan hasil sebesar 1437,96 kalori.



Gambar 21. Data pasien pada pengujian-2.



Gambar 22. Hasil pengujian-2

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa.

- Sistem inferensi fuzzy dengan metode TSK yang telah dibangun dapat memperkirakan kebutuhan energi harian dengan kondisi pasien yang beragam.
- Sistem yang telah dibangun mampu mengakomodasi ahli gizi untuk melakukan perbaikan aturan karena didukung oleh fasilitas-fasilitas editing.
- Melalui sistem ini, ahli gizi dapat melakukan perbaikan aturan darimanapun dan kapanpun, demikian pula penghitungan perkiraan kebutuhan energi bagi pasien dapat dilakukan dengan mudah.

Daftar Pustaka

- [1] Hartono, Andry, *“Terapi Gizi & Diet Rumah Sakit”*, Penerbit Buku Kedokteran ECG, Jakarta, 2006.
- [2] Cox, Earl, *“The Fuzzy Systems Handbook (A Prctitioner’s Guide to Building, Using, and Maintaining Fuzzy Systems)”*. Academic Press, Inc., Massachusetts, 1994.
- [3] Gelley, Ned; dan Jang, Roger, *“Fuzzy Logic Toolbox”*. Mathwork, Inc., USA, 2000.
- [4] Jang, JSR; Sun, CT; dan Mizutani, E., *“Neuro-Fuzzy and Soft Computing”*. Prentice-Hall, London, 1997.
- [5] Kusumadewi, Sri. *“Analisis & Desain Sistem Fuzzy Menggunakan TOOLBOX MATLAB”*. Graha Ilmu, Yogyakarta, 2000.

[CV Penulis]

Sri Kusumadewi, dosen tetap Jurusan Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia. Telah menyelesaikan studi S1 bidang Ilmu Komputer Universitas Gadjah Mada pada tahun 1994; telah menyelesaikan studi S2 bidang Sistem Komputer & Informatika Teknik Elektro Universitas Gadjah Mada pada tahun 1997; dan sedang menempuh studi S3 pada Program Ilmu Komputer Universitas Gadjah Mada mulai tahun 2006.