

## IMPLEMENTASI FUZZY EXPERT SYSTEM UNTUK ANALISA PENYAKIT DALAM PADA MANUSIA

Leo Willyanto Santoso, Rolly Intan, Feky Sugianto

Universitas Kristen Petra

Fakultas Teknologi Industri

Jl. Siwalankerto 121-131 Surabaya 60236

E-mail: {leow, rintan}@petra.ac.id

### Abstrak

Gejala merupakan suatu unsure penting dalam menentukan suatu pasien mengidap penyakit tertentu. Dalam kehidupan nyata, dokter akan menanyakan gejala-gejala pada pasiennya sebelum ia menentukan penyakit pasiennya. Dibuatnya software ini mengambil cara kerja dokter dalam menganalisa pasiennya. Cara kerja software menggunakan metode forward chaining dalam menentukan prediksi awal suatu penyakit setelah pasien memasukkan gejala yang dideritanya. Kemudian dari prediksi penyakit awal, software menggunakan metode backward chaining dalam menanyakan gejala-gejala lain yang pasien belum masukkan.

Software ini dibuat dengan menggunakan metode Fuzzy Set dalam mengolah data pada knowledge-based sistem. Metode Fuzzy mengenal kebenaran secara parsial. Hal ini sangat berguna agar sistem yang dibuat memiliki kecerdasan menyerupai manusia. Metode Fuzzy Set merupakan generalisasi dari crisp set dimana elemen dalam suatu set mempunyai nilai interval 0 sampai dengan 1. knowledge-based system dipakai untuk menyimpan informasi dari pakar tentang hubungan antara gejala dengan suatu penyakit menurut intensitas dan frekuensi.

Aplikasi dibuat dengan bahasa pemrograman Delphi 6.0 dan Microsoft Access sebagai media penyimpanan knowledge-base-nya. Pengujian software ini adalah dengan memasukkan beberapa gejala kemudian sejauh mana software mampu membuat kesimpulan penyakit yang mengandung gejala-gejala tersebut.

**Keywords:** Gejala, penyakit, forward chaining, backward chaining, fuzzy set, fuzzy, knowledge based.

### 1. PENDAHULUAN

Dalam dunia kedokteran kita menjumpai sesuatu yang bersifat pemikiran-pemikiran yang semi relative. Seperti halnya seorang dokter yang menganalisa suatu penyakit, dimana seorang dokter tidak dapat mengatakan gejala menimbulkan suatu penyakit secara mutlak. Demikian pula sebaliknya suatu penyakit tidak dapat disebabkan oleh suatu gejala. Hal ini dikarenakan adanya hubungan antara gejala tersebut dengan penyakit lainnya.

Penyakit adalah sekumpulan informasi yang terdiri dari berbagai macam gejala-gejala yang terjadi pada makhluk hidup. Seorang dokter disini berperan sebagai pakar dalam memberikan informasi kepada pasien mengenai penyakit yang dideritanya berdasarkan keluhan-keluhan gejala yang disampaikan oleh si pasien.

Penggunaan fuzzy dalam program aplikasi ini ditujukan untuk memerakan nilai prosentase antara suatu gejala dengan penyakit lainnya. Misalnya seorang sakit demam, maupun sakit kepala mempunyai gejala yang sama yakni sakit pada bagian kepala, yang membedakan sakit pada bagian kepala terhadap kedua penyakit diatas adalah intensitas dan frekuensi serangan gejala tersebut dan gejala-gejala susulan yang menyerang pada kedua penyakit.

Dengan adanya program aplikasi system pakar yang berbasis fuzzy diharapkan dapat membantu meringankan pekerjaan seorang dokter dalam mendiagnosa pasiennya.

Tujuan dari penelitian ini adalah perancangan dan pembuatan aplikasi system pakar dengan metode fuzzy dalam menganalisa penyakit dalam pada manusia. Dimana dengan aplikasi ini diharapkan dapat membantu dokter dalam:

- Mengidentifikasi penyakit pasiennya berdasarkan gejala-gejala yang diberikan oleh si pasien.
- Mengkonfirmasi gejala-gejala selain yang dimasukkan pasien setelah mengidentifikasi terlebih dahulu penyakit pasien.
- Menentukan ketepatan analisa suatu penyakit.

Makalah ini dibagi menjadi beberapa bagian, bagian pertama adalah pendahuluan yang berisi latar belakang, perumusan masalah dan tujuan dari penelitian ini. Kemudian diikuti dengan teori penunjang yang membahas tentang fuzzy expert system, fuzzy information system, forward chaining, backward chaining, fuzzy set, rareness measure (uniqueness measure) dan fuzzy conditional probability. Bagian selanjutnya adalah perancangan dan implementasi system. Kesimpulan dari hasil pengujian software dan beberapa aran untuk

pengembangan lebih lanjut dibahas di bagian kesimpulan dan saran.

## 2. FUZZY EXPERT SYSTEM

*Expert system* atau sistem pakar adalah salah satu bagian dari kecerdasan buatan dimana didalamnya terdapat data-data yang berasal dari seorang pakar. James P. Ignizio mengatakan bahwa sistem pakar adalah suatu program komputer yang dibuat dengan berdasarkan bidang tertentu, yang mana tingkat keahlian dari program tersebut untuk menangani masalah, sebanding dengan kemampuan seorang ahli di bidang tersebut [1]. Dengan kata lain *expert system* mempunyai *knowledge* atau pengetahuan seperti halnya seorang pakar.

*Expert system* di dalam bekerja berdasarkan *rule based* yang disimpan di dalam *database*. Bentuk umum *rule based* yang dipakai dalam expert system adalah *if A then B* atau jika A maka B, dimana A disebut sebagai premis dan B disebut sebagai konklusi. Didalam pengerjaan dengan metode *rule based* akan banyak ditemui kelemahan-kelemahan yaitu:

- Membutuhkan pencocokan yang benar-benar pas, contohnya jika sakit kepala dan suhu badan naik maka terkena demam. Jika diberi pernyataan sakit kepala saja, maka *rule* diatas tidak dapat memberi kesimpulan apakah terkena demam atau tidak.
- Seringkali sulit untuk menghubungkan *rule-rule* yang berhubungan dengan sebuah inference chain (otak dari sistem pakar untuk melakukan pengecekan dari *rule* yang satu ke *rule* lainnya).
- Bisa menjadi sangat lambat jika menampung banyak *rule*.
- Tidak cocok untuk permasalahan tertentu.

Untuk mengatasi kekurangan dari sistem pakar yang berbasis *rule*, maka dikembangkan suatu sistem pakar yang berbasis *fuzzy* sebagai pengolahannya sehingga sistem tersebut dikenal dengan nama *fuzzy expert system*.

*Fuzzy expert system* adalah suatu sistem pakar yang menggunakan perhitungan *fuzzy* dalam mengolah *knowledge* untuk menghasilkan konsekuensi, premis dengan konklusi atau kondisi dengan akibat sehingga menghasilkan informasi yang memiliki keakuratan kepada end user atau pengguna. Bentuk umum *fuzzy expert system* hampir sama dengan bentuk *rule based* pada *expert system* yaitu *if A then B* dimana A dan B adalah *fuzzy sets* [5].

*Knowledge based fuzzy set* adalah suatu logika *fuzzy* untuk menyatakan suatu ketidakpastian dalam menentukan keanggotaan suatu elemen terhadap suatu set dengan memberikan membership degree antara 0 sampai dengan 1 yang diberikan oleh beberapa orang (*knowledge*) [3]. Definisi dari *knowledge-based fuzzy set* adalah sebagai berikut:

Misal  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  sebagai *set of element* dan  $K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$  sebagai *set of knowledge*,  $k_1(A)$  didefinisikan sebagai sebuah *fuzzy set* berdasarkan *knowledge*  $k_1$  terhadap universal set  $U$  adalah suatu mapping dari  $U$  ke dalam interval yang tertutup  $[0,1]$ .

## 3. FUZZY INFORMATION SYSTEM

Sebuah data yang berada dalam bentuk tabel disebut *information system* atau *information table*, data-data yang berada dalam tabel tersebut biasanya terdiri dari data tentang *attribute* yang dimiliki oleh obyek tersebut.

*Fuzzy Information System* adalah sekumpulan data yang berisi obyek-obyek, dimana masing-masing obyek memiliki *attribute* [4]. *Attribute* antara suatu obyek dengan obyek lainnya ditentukan oleh suatu nilai antara 0 dan 1. Biasanya *Fuzzy Information System* dibentuk dalam bentuk tabel. Tabel Fuzzy Information System dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Fuzzy Information System

	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$
$u_1$	0	0	0.5	0	1	0	0	0
$u_2$	1	0.8	0	1	0	0	0.6	0
$u_3$	0	0	0.3	1	0	0	0.2	1
$u_4$	0	0.9	0	0.4	0	1	0	1

Dari Tabel 1 dapat kita lihat bahwa misalkan  $u_1$  sampai  $u_4$  adalah obyek dan  $a_1$  sampai  $a_8$  adalah attribute dari obyek. Dari tabel dapat kita miliki bentuk fuzzy dari masing-masing obyek, bentuk fuzzy adalah sebagai berikut:

$$u_1 = \{0.5/a_3, 1/a_5\}$$

$$u_2 = \{1/a_1, 0.8/a_2, 1/a_4, 0.6/a_8\}$$

$$u_3 = \{0.3/a_3, 1/a_4, 0.2/a_7, 1/a_8\}$$

$$u_4 = \{0.9/a_2, 0.4/a_4, 1/a_6, 1/a_8\}$$

Obyek dalam penelitian ini adalah penyakit, dan masing-masing attribute adalah gejala-gejala yang menyertai suatu penyakit. Tiap attribute mempunyai nilai membership degree antara 0 dan 1 terhadap obyek. Bila bernilai 1, maka obyek tersebut pasti memiliki attribute itu. Bila bernilai 0 maka obyek tersebut tidak memiliki attribute itu. Bila bernilai 0 sampai 1 menunjukkan seberapa besar kemungkinan suatu obyek memiliki attribute tertentu.

## 4. KONSEP FORWARD CHAINING DAN BACKWARD CHAINING

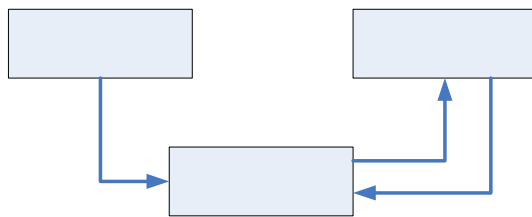
Terdapat tiga bagian utama dalam arsitektur pembentukan sebuah *expert system* [1], dimana bagian-bagian tersebut adalah:

- *Knowledge base* adalah bagian dari *expert system* yang mengandung *domain knowledge*.

Pada umumnya berbentuk *rule* yang berstruktur *if* sebab *then* akibat.

- *Working memory* adalah bagian dari *expert system* yang mengandung informasi yang didapat dari *user* atau hasil *inference* dari sistem. Banyak aplikasi *expert system* yang menyimpan informasi dengan menggunakan *database*, *spreadsheets*, atau alat sensor.
- *Inference engine* adalah processor dalam *expert system* yang akan mencocokkan informasi yang ada di *working memory* dengan *domain knowledge* yang terletak di *knowledge base*.

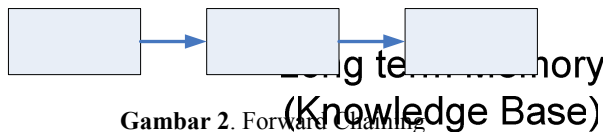
Konsep dari *expert system* ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Arsitektur Sistem Pakar [1]

#### 4.1 Forward Chaining

*Forward chaining* adalah suatu metode penyelesaian masalah yang digunakan untuk mendapatkan solusi dari suatu problem berdasarkan kondisi yang ada, atau suatu proses yang memulai pencarian dari premis atau data menuju pada konklusi (*data-driven*). Cara kerjanya adalah *inference engine* menyalakan atau memilih *rule-rule* dimana bagian premis-nya cocok dengan informasi yang ada pada bagian *working memory*. Gambar 2 adalah bagan dari *forward chaining*



Gambar 2. Forward Chaining

Contoh pemakaian *forward chaining* dimana konklusi yang dicari adalah G (Goal: G)

- $R_1$  = Jika A dan C Maka E
- $R_2$  = Jika D dan C Maka H
- $R_3$  = Jika B dan E Maka F
- $R_4$  = Jika B Maka C
- $R_5$  = Jika F Maka G

Langkah-langkah yang diambil oleh proses penalaran dengan *forward chaining* adalah sebagai berikut:

- Komputer mengambil *rule* yang pertama ( $R_1$ ). Terdapat A pada posisi JIKA karena nilai A belum ada pada memori dan tidak ada *rule* yang memuat konklusi A, maka komputer akan

menanyakan jawaban dari A kepada *user* (diasumsikan benar).

- Setelah A terpenuhi maka giliran C yang akan diperiksa nilainya, tetapi tidak ada nilai C pada memori. Meski demikian C merupakan konklusi dari *rule*  $R_4$ . Sistem akan beralih ke *rule*  $R_4$ .
- Terdapat B pada posisi JIKA dari *rule*  $R_4$ . Karena tidak terdapat pada memori dan bukan merupakan konklusi dari *rule*, maka komputer akan menanyakan jawaban untuk B (diasumsikan dijawab benar). Dengan demikian konklusi C diinputkan ke memori.
- Dengan diinputkannya konklusi C pada memori, maka syarat untuk konklusi E pada *rule*  $R_1$  terpenuhi juga. Konklusi E diinputkan ke memori, kemudian komputer akan mencari *rule* dengan E pada posisi JIKA dan akan mendapatkan *rule*  $R_3$ .
- Pada *rule*  $R_3$  nilai B dan E terdapat pada memori dengan nilai benar, maka konklusi F terpenuhi dan akan diinputkan ke memori. Komputer kemudian mencari lagi *rule* dengan F pada posisi JIKA dan akan mendapatkan *rule*  $R_5$ .
- Konklusi G pada *rule*  $R_5$  terpenuhi, karena F bernilai benar dan sistem pakar akan menghasilkan kesimpulan G.

#### 4.2 Backward Chaining

*Backward chaining* adalah suatu metode untuk menemukan suatu fakta dengan cara menelusuri subgoals yang ada secara rekursif. Cara kerjanya *inference engine* memulai dari goal yang telah ditentukan kemudian berjalan mundur untuk membuktikan kebenaran goal tersebut berdasarkan *rule-rule* apa saja yang dapat membentuk goal tersebut. *Backward chaining* merupakan proses pencarian solusi dari kesimpulan kemudian menelusuri fakta-fakta yang ada hingga menemukan solusi yang sesuai dengan fakta-fakta yang diberikan oleh user (*goal-driven*). Gambar 3 adalah bagan dari *backward chaining*.



Gambar 3. Backward Chaining

Dalam menganalisis masalah, maka komputer berusaha memenuhi syarat dari posisi "JIKA" pada *rule* yang konklusinya merupakan goal atau premis dari *rule* lain.

#### 5. RARENESS MEASURE (UNIQUENESS MEASURE)

Pada umumnya konsep *similarity relation* antara 2 obyek dapat dicari dengan cara menghitung nilai-nilai antara *attribute* yang sama yang dimiliki

oleh mereka pada suatu *universal set*. Contohnya bila suatu *set universal* yang berisi penduduk Indonesia, kemudian ada obyek pertama yang bernama Soekarno mantan presiden Indonesia, maka obyek itu akan memiliki perbedaan dengan semua elemen penduduk Indonesia lainnya. Kemudian dating suatu obyek kedua yang bernama Soeharto mantan presiden Indonesia juga bergabung dalam *universal set*, maka keberadaan keunikan Soekarno dengan elemen *universal set* lainnya akan menjadi turun karena didalamnya terdapat 2 orang mantan presiden Indonesia. Semakin banyak mantan presiden Indonesia yang masuk, maka semakin turun pula tingkat keunikan diantara mereka dengan elemen *universal set* lainnya. Hal tersebut disebabkan karena banyaknya presiden Indonesia yang masuk sehingga jika kita ingin menyebut elemen presiden Indonesia, maka yang kita lebih dari satu elemen.

Perbedaan yang membuat suatu elemen memiliki keunikan disbanding dengan elemen lainnya disebut *Rareness Measure*.

*Rareness measure* didefinisikan dengan sebuah fungsi sebagai berikut [4]:

$$\delta_j(u_i) = 1 - (|p_j(u_i)| / |u|) + 1/|u| \quad \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

$u$  = himpunan *fuzzy* dalam interval  $[0, 1]$

$p_j(u_i)$  = *Fuzzy class* elemen  $u$  yang mempunyai *similarity* atau tingkat kemiripan dengan domainnya.

$|u|$  = *Cardinality* dari set  $u$ .

## 6. FUZZY CONDITIONAL PROBABILITY

Bila terdapat dua kejadian dimana kejadian pertama muncul bila kejadian kedua terjadi atau terpenuhi, maka kita dapat menghitung hasil *probability* kejadian pertama tersebut. Contoh terdapat 2 kejadian yaitu  $X$  dan  $Y$ , maka dapat kita tentukan *probability* bila  $Y$  terjadi maka berapa peluang terjadinya  $X$  dengan rumus [3]:

$$P(X|Y) = P(Y \rightarrow X) = \frac{|X \cap Y|}{|Y|} \quad \dots\dots\dots(2)$$

*Fuzzy Conditional Probability* merupakan generalisasi dari rumus (2) dimana [3]:

$$R \rightarrow f(u) \ X \ f(u) \rightarrow [0,1] \text{ dimana } X, Y \in f(u) \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$R(X, Y) = \frac{\sum_{u \in U} \min\{u_x(u), u_y(u)\}}{\sum_{u \in U} u_y(u)} \quad \dots\dots\dots(4)$$

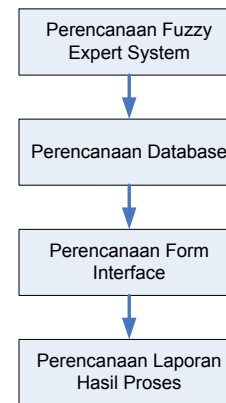
Dimana:

$R(X, Y)$  = degree  $Y$  yang didukung oleh  $X$  atau degree  $Y$  yang mirip dengan  $X$

$|Y| = \sum_{u \in U} u_y(u)$  adalah *cardinality* atau banyaknya elemen pada set  $Y$ .

## 7. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

Desain aplikasi ini adalah seperti pada gambar 4.

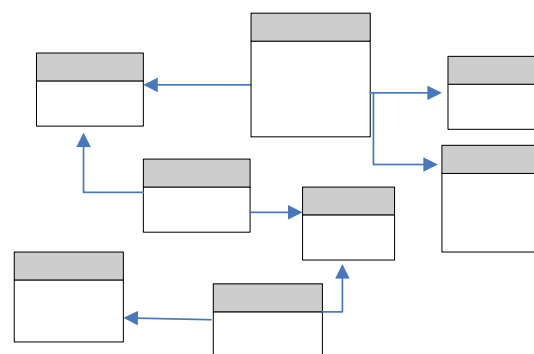


Gambar 4. Diagram Perencanaan Sistem

Pada tahapan perencanaan *fuzzy expert system* ini, lebih mengacu pada perhitungan nilai *fuzzy* berada pada interval 0 sampai dengan 1. pada aplikasi *fuzzy expert system* ini, *inference engine* sangat menunjang keberhasilan suatu *expert system*.

Pada metode *forward chaining* dan *backward chaining*, *user* dapat memilih menggunakan pendapat satu orang pakar atau dua orang pakar. Apabila *user* memilih menggunakan dua orang pakar maka *user* diharuskan untuk memberikan bobot pada masing-masing pakar yang merepresentasikan tingkat kepercayaan *user* terhadap masing-masing pakar.

Pada Gambar 5 dapat dilihat desain basisdata untuk aplikasi yang dibuat.



Gambar 5. Physical Data Model Aplikasi

## 8. PENGUJIAN SISTEM

Pengujian sistem dilakukan dengan cara membandingkan hasil yang diperoleh dari program dengan data yang berada pada *knowledge based*, dan hasil perhitungan melalui rumus dengan proses yang dilakukan oleh program.

**Tabel 2.** Knowledge-based intensitas gejala menurut Pakar-1

Penyakit	Gejala							
	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
Rinitis Alergi		0.2					0.8	
Rinitis Vasomotor				0.8			0.8	
Sinusitis Maksilaris Kronik			1			0.8	1	
Sinusitis Maksilaris Akut	1	1	0.8	1	1			
Influenza		1		1			1	1
Polip Hidung		0.5	0.2	1	0.3		0.8	

Gejala							
a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16
				0.6	1	1	0.8
			0.8				
0.6							
0.6	1	0.6					
0.3							

**Tabel 3.** Knowledge-based frekuensi gejala menurut Pakar-1

Penyakit	Gejala							
	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7	a8
Rinitis Alergi		0.2					0.8	
Rinitis Vasomotor				0.8			0.8	
Sinusitis Maksilaris Kronik			0.5			0.8	1	
Sinusitis Maksilaris Akut	1	1	0.5	1	0.8			
Influenza		1		0.5			1	1
Polip Hidung		0.5	0.2	1	0.3		0.8	

Gejala							
a9	a10	a11	a12	a13	a14	a15	a16
				0.6	1	1	0.8
			0.8				
0.6							
0.6	1	0.6					
0.3							

Dimana a1, a2, ... a16 adalah gejala yang menimbulkan penyakit dengan definisi:

- a1 = Nyeri pipi
- a2 = Nyeri kepala
- a3 = Nyeri gigi geraham
- a4 = Hidung buntu
- a5 = Suara bindeng
- a6 = Tenggorokan kering
- a7 = Pilek
- a8 = Demam
- a9 = Batuk
- a10 = Otot sakit
- a11 = Rasa lelah
- a12 = Bersin
- a13 = Gatal pada Mata
- a14 = Hidung gatal
- a15 = Mata sembab
- a16 = Bersin alergi

Jika seorang pasien terkena gejala dengan ciri-ciri sebagai berikut:

- Nyeri pipi dengan frekuensi "sangat sering sekali" (memiliki nilai=1) dan intensitas rasa sakitnya "sangat sakit sekali" (memiliki nilai=1).
- Nyeri kepala dengan frekuensi "sangat sering sekali" (memiliki nilai=1) dan intensitas rasa sakitnya "sangat sakit sekali" (memiliki nilai=1).
- Hidung buntu dengan frekuensi "sangat sering sekali" (memiliki nilai=1) dan intensitas rasa sakitnya "sangat sakit sekali" (memiliki nilai=1).

Pasien tersebut ingin meminya pendapat pada pakar-1. Jika melihat dari Tabel 2 dan Tabel 3 serta ciri-ciri gejala tersebut, maka kemungkinan pertama pasien tersebut menderita Sinusitis maksilaris Akut.

Apabila dengan aplikasi yang telah dibuat, program memberikan hasil nilai Probability = 0.6 untuk Nama Penyakit Sinusitis Maksilaris Akut. Jika dokter ingin mengkonfirmasi gejala lain yang berhubungan dengan penyakit tersebut, maka seorang dokter akan menanyakan kepada pasien tentang gejala suara bindeng setelah itu gejala nyeri gigi geraham (lihat Tabel 2 dan Tabel 3).

Alasan suara bindeng ditanyakan terlebih dahulu dikarenakan gejala suara bindeng dimiliki oleh penyakit Sinusitis Maksilaris Akut dan penyakit Polip Hidung, sedangkan nyeri gigi geraham dimiliki oleh penyakit Sinusitis Maksilaris Akut, Polip hidung, dan Sinusitis Maksilatis Kronik.

Nilai *rareness measure* untuk suara bindeng adalah 0.7692, sedangkan nyeri gigi geraham adalah 0.3333.

## 9. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

- Penggunaan tabel *Information System* sangat cocok dalam permasalahan analisa terhadap penyakit. Karena dengan menggunakan tabel *Information System* proses memasukkan data, mengubah data dan menghapus data dapat dengan mudah dilakukan oleh seorang pakar.
- Pada penggunaan konstanta C, semakin C mendekati 1 maka nilai kesesuaian antara gejala

- knowledge-based* dengan gejala inputan pasien semakin ketat. Artinya penilaian aplikasi terhadap gejala yang dimiliki pasien lebih *strict*.
- Penggunaan nilai kesesuaian dan *Fuzzy Conditional Probability* membantu menganalisa penyakit yang mungkin diderita oleh suatu pasien.
  - Penggunaan *Rareness measure* sangat baik dalam menemukan *common symptom*, dan *specific symptom* yang dimiliki oleh suatu penyakit, dan dalam mengkonfirmasi gejala-gejala selain yang dimasukkan untuk pengidentifikasian kemungkinan penyakit yang diderita oleh pasien.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ignizio, J.P., *Introduction to Expert System: The Development and Implementation of Rule-Based Expert System*. Singapore: McGraw-Hill Book Co., 1991.
- [2] Intan, R., Mukaidono, M., *Fuzzy Relational Database Induced by Conditional Probability Relations*, The Transaction of Institute of Electronics Information and Communication Engineers, Vol. E86D No. 8, pp. 1396-1405, 2003.
- [3] Intan, R., Mukaidono, M., *On Knowledge-based Fuzzy Sets*, International Journal of Fuzzy Systems, Vol. 4(2), 2002.
- [4] Intan, R., *Rarity-based Similarity Relations in a Generalized Fuzzy Information System*, IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems (CIS 2004), Singapore, 1-3 Dec 2004.
- [5] Klir, G.J., Yuan, B., *Fuzzy Sets and Fuzzy Relation: Theory and Applications*, New Jersey: Prentice Hall, 1995.
- [6] Pedoman Diagnosis dan Terapi Lab/UPF Ilmu Penyakit Dalam Rumah Sakit Umum Daerah Dokter Soetomo Surabaya, 1994.
- [7] Pedoman Diagnosis dan Terapi Lab/UPF Ilmu Penyakit Telinga, Hidung, dan Tenggorokan Rumah Sakit Umum Daerah Dokter Soetomo Surabaya, 1994.