

## Implementasi Fuzzy Inference System Sebagai Penunjang Diagnosis Hipertiroid

Rodiah<sup>\*</sup>, Ramad Widodo<sup>\*\*</sup>

Teknik Informatika, Universitas Gunadarma

E-Mail: <sup>\*</sup>rodiah@staff.gunadarma.ac.id, <sup>\*\*</sup>ramad.widodo93@gmail.com

### Abstrak

Penyakit kelenjar tiroid termasuk penyakit yang sering ditemukan dimasyarakat. Hipertiroid adalah keadaan abnormal kelenjar tiroid akibat meningkatnya produksi hormon tiroid. Hormon ini menghasilkan tetraiodothyronine (T4) dan triiodothyronine (T3), dua hormon yang mengontrol bagaimana sel-sel pada tubuh menggunakan energi. Diagnosis yang tepat dan pengobatan penyebab yang mendasari mengurangi gejala dan mencegah komplikasi. Dalam dunia medis, untuk dapat mendiagnosis penyakit hipertiroid sulit dilakukan, karena gejala penyakit hipertiroid sangat bervariasi, tergantung pada naik dan turunnya hormon tiroid. Pada penelitian ini penulis akan mengimplementasikan penggunaan sistem pakar dengan *fuzzy inference system* menggunakan variabel dari skor *indeks weyne*, kadar FT4 (*Free Thyroxine*) dan Kadar TSHs (*Thyroid Stimulating Hormon Sensitive*). Dalam prosesnya *fuzzy mamdani* digunakan untuk penentu *inference* hipertiroid. Dari hasil ujicoba terhadap 10 pasien, implementasi metode pada penelitian ini menghasilkan nilai Defuzzifikasi yang merupakan hasil dari titik pusat sesuai dengan derajat keanggotaan dalam mendiagnosis pasien baik yang terindikasi hipertiroid, subklinis hipertiroid maupun yang tidak terindikasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang penyakit hipertiroid dan penunjang diagnosis yang akurat sehingga dokter dapat memberikan saran pengobatan yang tepat pada pasien pengidap hipertiroid dengan memperhatikan keberadaan berbagai gejala dan tanda dari penyakit tiroid.

Kata kunci: *Fuzzy Inference*, FT4, Hipertiroid, Indeks *Wayne*, TSH

### 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan tubuh akan hormon tiroid sangat dibutuhkan sebagai pengendali pertumbuhan tubuh dan memproses metabolisme makanan menjadi energi. Kelenjar tiroid yang terlalu aktif memproduksi hormon tiroid yang mengakibatkan kadar hormon tiroid dalam darah sangat tinggi. Kondisi ini dikenal dengan Hipertiroid. Dalam dunia medis, untuk dapat mendiagnosis penyakit hipertiroid sulit dilakukan, karena gejala penyakit hipertiroid sangat bervariasi, tergantung pada naik dan turunnya hormon tiroid [1]. Sistem pakar merupakan salah satu solusi yang diharapkan dapat memudahkan diagnosis jenis penyakit hipertiroid dengan melakukan pendeteksian penyakit sejak awal. Salah satu metode pada sistem pakar adalah *fuzzy logic*.

Beberapa penelitian sebelumnya telah dilakukan oleh peneliti lain untuk

mendiagnosis penyakit hipertiroid. Penelitian dilakukan dengan mengusulkan metode *Linguistic Hedges Neural- Classifier Fuzzy* (LHNFCSF) melalui Fitur terpilih yang menggunakan gabungan sistem *neuro-fuzzy* dan sistem pakar (*expert system*). *Neural Fuzzy* sendiri memiliki kemampuan untuk mengenal gejala-gejala dari hasil anamnesis yang kompleks dan mengklasifikasinya ke dalam beberapa kelas yang diinginkan. [2]. Penelitian tentang sistem pakar sebagai alat diagnosis untuk penyakit diabetes dilakukan peneliti lain menggunakan perbandingan berbagai data pada sistem yang digunakan untuk diagnosis. Sistem pakar pada penelitian ini dikembangkan untuk diagnosis diabetes gestasional yang ditemukan pada wanita hamil. Dataset PIMA India digunakan untuk mendiagnosis diabetes tipe-2. Peneliti menggunakan metodologi *soft computing* dengan model jaringan saraf, sistem *fuzzy* dan pendekatan *hybrid* seperti *neuro-fuzzy*,

ANFIS, PCA untuk hasil dengan tingkat akurasi yang tinggi [3].

Pada penelitian ini penulis akan mengimplementasikan penggunaan *Mamdani Fuzzy Inference* dalam menunjang diagnosis penyakit hipertiroid dengan meningkatkan akurasi diagnosis melalui skor indeks *Wayne* [4]. Skor ini diberikan untuk kehadiran atau ketidak hadirannya berbagai gejala dan tanda-tanda dari penyakit tiroid berdasarkan anamnesis hasil wawancara dengan pakar serta mengimplementasikan variabel pemeriksaan FT4 (*Free Thyroxine*) dan pemeriksaan TSHs (*Thyroid Stimulating Hormon Sensitive*).

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan berdasarkan studi pustaka dan hasil wawancara dengan mengajukan pertanyaan seputar gejala serta beberapa indikator Hipertiroid. Hasil wawancara dengan Dokter Spesialis Penyakit Dalam, ditetapkan 12 *rules* yang digunakan dalam melakukan diagnosis penyakit hipertiroid.

#### 2.1.1. Variabel Input

Variabel yang digunakan pada penelitian ini akan diproses menggunakan *Mamdani Fuzzy Inference System*. Variabel didasarkan pada hasil wawancara dengan Dokter Spesialis Penyakit dalam Dr. Tirza Gwendoline Matulesy, SpPD di Rumah Sakit MRCCC Siloam Semanggi Pada Periode Bulan Maret 2015. Hasil wawancara ditetapkan beberapa variabel sebagai indikator penentu diagnosis hipertiroid, antara lain :

1. **Indeks wayne** yang merupakan skor yang diberikan untuk kehadiran atau ketidak hadirannya berbagai gejala dan tanda-tanda penyakit tiroid, seperti dapat dilihat pada tabel 1

**Tabel 1. Indeks Wayne**

Gejala	Skor	Tanda- tanda	Skor	
			Ada	Tidak
Sesak nafas	1	Pembesaran tiroid	3	-3
Palpitasi	2	Bruit pada tiroid	2	-2
Mudah lelah	2	Eksophtalmus	2	0
Senang hawa panas	-5	Retraksi palpebra	2	0
Senang hawa dingin	5	Palpebra terlambat	1	0
Keringat berlebihan	3	Gerak hiperkinetik	4	-2
Gugup	2	Telapak tangan	2	-2

		kering		
Nafsu makan bertambah	1	Telapak tangan basah	1	-1
Nafsu makan berkurang	-3	Nadi <80/menit	-3	0
Berat badan naik	-3	Nadi >90/ menit	3	0
Berat badan menurun	3	Fibrasi Atrial	4	0

2. **Free Thyroxine (FT4)**. Pemeriksaan FT4 merupakan cara paling baik untuk mengukur hormon tiroid bebas dalam peredaran darah. Kadar FT4 yang tinggi menunjukkan hipertiroid seperti dapat dilihat pada tabel 2[5].

**Tabel 2. FT4**

FT4 (Free Thyroxine)	
Normal	Tinggi
$9 \leq x \leq 20$	$20 \leq x \leq 100$

3. **Thyroid-Stimulating Hormon (TSH)** merupakan Hormon yang diproduksi oleh kelenjar hipofisis atau pituari. Kadar normal TSHs adalah 0,25 - 5  $\mu$ U/mL (mikroliter unit per mililiter). Kadar TSHs yang rendah menunjukkan hipertiroid[6].

### 2.2. Analisis Fuzzy Logic untuk Hipertiroid

Secara umum, proses diagnosis hipertiroid dilakukan dengan beberapa langkah (Gambar 1).



**Gambar 1.** Bagan umum Proses Diagnosis

#### 2.2.1. Pembentukan Himpunan Fuzzy

**Tabel 2. Pengelompokan Himpunan Fuzzy**

Fungsi	Variabel	Klasifikasi	Nilai	Range
INPUT	Indeks Weyne	Rendah	$0 \leq x \leq 11$	0-42
		Sedang	$11 \leq x \leq 19$	
		Tinggi	$19 \leq x \leq 42$	
	FT4(free thyroxine)	Normal	$9 \leq x \leq 20$	9-100
		Tinggi	$20 \leq x \leq 100$	
	TSHs(thyroid stimulating Hormone sensitive)	Rendah	$0 \leq x \leq 0,25$	0-5
Normal		$0,25 \leq x \leq 5$		

OUTPUT	Diagnosis	Normal	$0 \leq x \leq 20$	0-80
		Subklinis Hipertiroid	$20 \leq x \leq 50$	
		Hipertiroid	$50 \leq x \leq 80$	

### 2.2.2. Menentukan Derajat Keanggotaan Fuzzy

Penentuan derajat keanggotaan dari masing-masing variabel himpunan *fuzzy* sebagai berikut :

#### 1. Derajat Keanggotaan Indeks Wayne

Variabel *indeks weyne* dibagi 3 kategori yaitu rendah ( $x \leq 11$ ), sedang (11-19) dan tinggi ( $x \geq 19$ ) dengan *range* (0-42) pada uraian derajat Keanggotaan Indeks Wayne berikut :

$$\mu_{\text{Rendah}}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ (11 - x) / 11; & 0 \leq x \leq 11 \\ 0; & x \geq 11 \end{cases} \quad (1)$$

#### 2. Derajat Keanggotaan FT4

Variabel FT4 dibagi 2 kategori yaitu normal (9-20) dan tinggi ( $\geq 20$ ) dengan *range* (9-100), dengan uraian derajat keanggotaan FT4 berikut:

$$\mu_{\text{Normal}}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 9 \\ (20 - x) / (11); & 9 \leq x \leq 20 \\ 0; & x \geq 20 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{\text{Tinggi}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 20 \\ (x - 20) / (80); & 20 \leq x \leq 100 \\ 1; & x \geq 100 \end{cases} \quad (3)$$

#### 3. Derajat Keanggotaan TSHs

Variabel TSHs dibagi 2 kategori yaitu rendah ( $x \leq 0.25$ ) dan normal (0,25-5) dengan *range*(0-5), dengan uraian derajat keanggotaan TSHs berikut :

$$\mu_{\text{Rendah}}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ (0.25 - x) / (0.25); & 0 \leq x \leq 0.25 \\ 0; & x \geq 0.25 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{\text{Normal}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 0.25 \\ (x - 0.25) / (4.75); & 0.25 \leq x \leq 5 \\ 1; & x \geq 5 \end{cases} \quad (5)$$

#### 4. Derajat Keanggotaan Diagnosis

Variabel diagnosis dibagi 3 kategori yaitu normal ( $x \leq 20$ ), subklinis hipertiroid (20-50) dan hipertiroid ( $x \geq 50$ ) dengan *range* (0-80). dengan uraian derajat keanggotaan TSHs berikut :

$$\mu_{\text{Normal}}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 0 \\ (20 - x) / (20); & 0 \leq x \leq 20 \\ 0; & x \geq 20 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{\text{Subklinis}}[x] = \begin{cases} 1; & x \leq 20 \\ (x - 20) / (15); & 20 \leq x \leq 35 \\ (50 - x) / (15); & 35 \leq x \leq 50 \end{cases} \quad (6)$$

$$\mu_{\text{Hipertiroid}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 50 \\ (x - 50) / (30); & 50 \leq x \leq 80 \\ 1; & x \geq 80 \end{cases} \quad (7)$$

### 2.2.3. Menentukan Fungsi Implikasi

Fungsi implikasi pada penelitian ini menggunakan *fuzzy logic* mamdani dengan fungsi implikasi min, sehingga dalam menentukan fungsi implikasi untuk mendiagnosis penyakit hipertiroid digunakan operator AND, yang diperoleh dengan menggunakan fungsi MIN. Fungsi MIN adalah fungsi untuk mencari nilai

$$\mu_{\text{Sedang}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 11 \text{ atau } x \geq 19 \\ (x - 11) / 4; & 11 \leq x \leq 15 \\ (19 - x) / (4); & 15 \leq x \leq 19 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{\text{Tinggi}}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 19 \\ (x - 19) / (23); & 19 \leq x \leq 42 \\ 1; & x \geq 42 \end{cases} \quad (9)$$

keanggotaan terkecil dari dua atau lebih operand [7]. Secara umum dapat ditulis menggunakan Persamaan :

$$\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (10)$$

### 2.2.4. Perhitungan Komposisi Aturan

Dalam perhitungan komposisi aturan penelitian menggunakan metode *max* dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy* serta dan mengaplikasikannya ke output. Secara umum perhitungan komposisi aturan dapat ditulis menggunakan Persamaan[7] :

$$\mu_{sf}(x_i) = \max(\mu_{sf}(x_i), \mu_{kf}(x_i)) \quad (11)$$

$\mu_{sf}(x_i)$  adalah nilai keanggotaan solusi *fuzzy*, sampai aturan ke-*i*.  $\mu_{kf}(x_i)$  adalah nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke-*i*.

### 2.2.5. Defuzzifikasi

Tahap terakhir merupakan defuzzifikasi. Proses ini dilakukan, jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebagai output. Pada tahapan defuzzifikasi

untuk mendiagnosis penyakit hipertiroid penelitian ini menggunakan metode centroid (*Composite Moment*). Pada metode centroid, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat ( $z^*$ ) daerah *fuzzy*. Secara matematis pusat gravitasi atau *center of gravity* (COG) dapat dinyatakan menggunakan persamaan [8] sebagai berikut :

$$Z^* = \frac{\int_a^b \mu A(z)z dz}{\int_a^b \mu A(z) dz} \tag{11}$$

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini dilakukan uji coba pada 10 Pasien dengan berbagai anamnesis yang berbeda..

**Tabel 3. Hasil Uji Coba**

No Pasien	Indeks Wayne	FT4 (pmol/L)	TSHs (μU/mL)	Nilai	Diagnosis
PSS018	17	10.30	1	9.23308	Normal
PSS223	9	15.95	0.011	35.0004	Subklinis hipertiroid
PSS334	24	27	0.035	65.651	Hipertiroid
PSS687	7	13	2	8.11074	Normal
PSS010	15	10	0.23	35.0667	Subklinis hipertiroid
PSS032	33	9	0.98	9.04512	normal
PSS041	24	65	0.1	66.7628	Hipertiroid
PSS067	33	21	0.98	65.2	Hipertioi d
PSS003	16	23	2	35.0867	Subklinis hipertioi d
PSS210	15	9	4	6.68191	Normal

Sebagai contoh untuk nomor pasien PSS334 dengan nilai masing-masing variabel antara lain : Indeks Wayne = 24, FT4=27 pmol/L, TSHs = 0.035 μU/mL.

**3.1. Hasil Nilai keanggotaan**

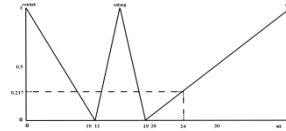
Berikut penjelasan hasil nilai keanggotaan himpunan pada variabel input, antara lain :

**1. Indeks wayne.** Hasil dari nilai 24 pada variabel indeks wayne dinyatakan tinggi dengan tingkat keanggotaan 0.2174

$$\mu_{\text{Indeks Wayne Rendah}}[24] = \frac{11 - x}{11} = \frac{11 - 24}{11} = 0$$

$$\mu_{\text{Indeks Wayne Sedang}}[24] = \frac{19 - x}{4} = \frac{19 - 24}{4} = 0$$

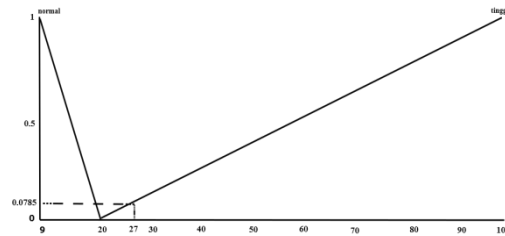
$$\mu_{\text{Indeks Wayne Tinggi}}[24] = \frac{x - 19}{23} = \frac{24 - 19}{23} = 0.2174$$



**Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Wayne**  
**2. Variabel FT4.** Didefinisikan pada dua himpunan *fuzzy*, yaitu : normal dan tinggi. Hasil dari variabel FT4=27 pmol/L dinyatakan Normal dengan tingkat keanggotaan 0.0875 (Gambar 2).

$$\mu_{\text{FT4 Normal}}[27] = \frac{20 - x}{11} = \frac{20 - 27}{11} = 0$$

$$\mu_{\text{FT4 Tinggi}}[27] = \frac{x - 20}{80} = \frac{27 - 20}{80} = 0.0875$$

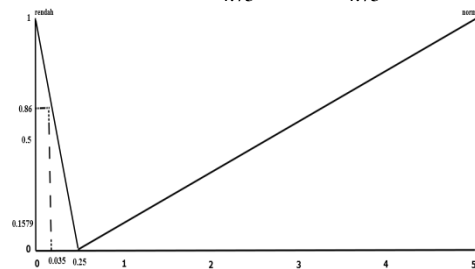


**Gambar 2. Fungsi Keanggotaan FT4 27 pmol/L**

**3. Variabel TSHs** didefinisikan pada dua himpunan *fuzzy*, yaitu : rendah dan normal. Hasil dari nilai 0.035 μU/mL pada variabel TSHs dinyatakan rendah dengan tingkat keanggotaan 0.86, dapat dilihat pada gambar 3.3.

$$\mu_{\text{TSH Rendah}}[0.035] = \frac{0.25 - x}{0.25} = \frac{0.25 - 0.035}{0.25} = 0.86$$

$$\mu_{\text{TSH Normal}}[0.035] = \frac{x - 0.25}{4.75} = \frac{0.035 - 0.25}{4.75} = 0$$



**Gambar 3. Fungsi Keanggotaan**

TSHs 0.035 µU/mL.

3.2. Analisis Hasil Fungsi Implikasi

Berdasarkan aturan- aturan atau rule sebagai penentu sebuah keputusan yang sesuai dengan kondisi pada ujicoba, diperoleh rule ke-11 seperti dapat dilihat pada Tabel 4, maka fungsi implikasi dapat didefinisikan sebagai berikut:

[11] JIKA indeks wayne adalah Tinggi DAN FT4 adalah Tinggi DAN TSHs adalah Rendah MAKA **Hipertiroid**.

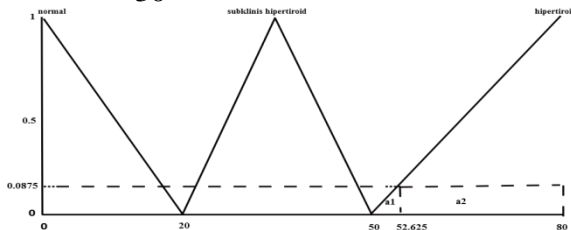
Predikat	Indeks wayne	FT4	TSHs	Hasil Minimum
1	Rendah = 0	Normal = 0	Rendah = 0.86	0
2	Rendah = 0	Normal = 0	Normal = 0	0
3	Rendah = 0	Tinggi = 0.0875	Rendah = 0.86	0
4	Rendah = 0	Tinggi = 0.0875	Normal = 0	0
5	Sedang = 0	Normal = 0	Rendah = 0.86	0
6	Sedang = 0	Normal = 0	Normal = 0	0
7	Sedang = 0	Tinggi = 0.0875	Rendah = 0.86	0
8	Sedang = 0	Tinggi = 0.0875	Normal = 0	0
9	Tinggi = 0.2174	Normal = 0	Rendah = 0.86	0
10	Tinggi = 0.2174	Normal = 0	Normal = 0	0
11	Tinggi = 0.2174	Tinggi = 0.0875	Rendah = 0.86	0.0875
12	Tinggi = 0.2174	Tinggi = 0.0875	Normal = 0	0

Tabel 3.2. Penentuan Fungsi Implikasi

3.3. Analisis Hasil Komposisi Aturan (agregation)

Pada daerah hasil komposisi diagnosis hipertiroid dibagi menjadi 2 bagian yaitu a<sub>1</sub> dan a<sub>2</sub>.

$$\frac{a_1 - 50}{30} = 0.0875 = 52.625$$



Gambar 4. Daerah hasil komposisi Diagnosis Hipertiroid

Dengan demikian fungsi keanggotaan untuk hasil komposisi tersebut adalah :

$$\mu(Z) = \begin{cases} \frac{z - 50}{30} & 50 \leq z \leq 52.625 \\ 0.0875 & 52.625 \leq z \leq 80 \end{cases}$$

3.4. Analisis Hasil Defuzzifikasi

Pada defuzzifikasi untuk menentukan nilai hasil diagnosis menggunakan metode centroid. Dari hasil komposisi aturan dapat dihitung momen dari setiap daerah himpunan

$$M_1 = \int_{50}^{52.625} \frac{(z - 50)}{30} z dz = \frac{z^2}{3 \times 30} - \frac{50z^2}{2 \times 30} \Big|_{50}^{52.625} = 5.943$$

$$M_2 = \int_{52.625}^{80} 0.0875 z dz = \frac{0.0875 z^2}{2} \Big|_{52.625}^{80} = 158.839$$

Kemudian dapat dihitung luas dari setiap daerah

$$A_1 = \int_{50}^{52.625} \frac{(z - 50)}{30} dz = \frac{z^2}{2 \times 30} - \frac{50z}{30} \Big|_{50}^{52.625} = 0.115$$

$$A_2 = \int_{52.625}^{80} 0.0875 dz = \frac{0.0875 z}{1} \Big|_{52.625}^{80} = 2.395$$

Titik pusat dapat diperoleh dari :

$$Z = \frac{M_1 + M_2}{A_1 + A_2} = \frac{5.943 + 158.839}{0.115 + 2.395} = 65.651$$

Hasil dari titik pusat Z Pasien dengan Nomor PSS334 Tabel 3.1. menunjukkan angka **65.651** dimana nilai ini masuk kedalam derajat keanggotaan **Hipertiroid**, sehingga penentuan *rulebase* dan variabel yang ditetapkan pada derajat keanggotaan fuzzy yang tepat berdasarkan pengetahuan seorang pakar sangat mempengaruhi ketepatan hasil diagnosis.

4. KESIMPULAN

Dari hasil ujicoba kasus pada penelitian ini, maka dapat diambil kesimpulan Proses inferensi atau penalaran *fuzzy Mamdani* dapat membantu mendiagnosis penyakit hipertiroid. Penentuan parameter input dan aturan (*rulebase*) yang tepat dengan konsultasi melalui pakar akan sangat mempengaruhi akurasi dari hasil diagnosis sistem.

Untuk penelitian lebih lanjut dan penyempurnaan penelitian tentang sistem pakar pada penyakit hipertiroid dapat dilakukan dengan menambahkan input berupa faktor lain sebagai indikator yang mempengaruhi penyakit hipertiroid.

### 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Bahn Chair, RS; Burch, HB; Cooper, DS; Garber, JR; Greenlee, MC; Klein, I; Laurberg, P; McDougall, IR; Montori, VM; Rivkees, SA; Ross, DS; Sosa, JA; Stan, MN, Hyperthyroidism and other causes of thyrotoxicosis: management guidelines of the American Thyroid Association and American Association of Clinical Endocrinologists.". *Thyroid : official journal of the American Thyroid Association* 21 (6): 593–646. PMID 21510801, June 2011
- [2] Ahmad Taher Azar, Aboul Ella Hassanien, Expert System Based On Neural-Fuzzy Rules for Thyroid Diseases Diagnosis, Faculty of Computers and Information Benha University, Egypt, Cairo University, 2012.
- [3]. R.P. Ambilwade, R.R Manza, Bharatratna P.Gaikwad, Medical Expert System for Daibetes Diagnosis : A Survey, *International Journal of Advanced Reserach in Computer Science and Software Engineering*, Volume 4, Issue 11, November 2014.
- [4]. Sanjay Kalra, Sachin K Khandelwal, Aakshit Goyal, Clinical scoring scales in thyroidology: A compendium, *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*. Volume 15, Issues:6 Page : 89-94, 2011
- [5]. Metso, S; Auvinen, A; Huhtala, H; Salmi, J; Oksala, H; Jaatinen, Increased cancer incidence after radioiodine treatment for hyperthyroidism. *Cancer* 109 (10): 1972–9, 2007
- [6] Horvath E, Majlis S, Rossi R, Franco C, Niedmann JP, Castro A, et al. An ultrasonogram reporting system for thyroid nodules stratifying cancer risk for clinical management. *J Clin Endocrinol Metab*, 94:1748–51, 2009
- [7] William Siler, J.J.B., In *Fuzzy expert systems and fuzzy reasoning*. Hoboken, New Jersey.: John Wiley & Sons, Inc, 2005
- [8]. KLIR, G. and YUAN, B.. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and applications*. Prentice Hall, USA, 1995.