

DIAGNOSA STATUS RESIKO JANTUNG KORONER MENGUNAKAN METODE FUZZY NON STATIONARY

Victoria D. V. Latumeten

Jurusan Matematika FMIPA Universitas Pattimura
Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Unpatti, Poka-Ambon, Indonesia, Kode Pos 97233
e-mail: vdv.latumeten@gmail.com

Abstrak

Penyakit jantung koroner (PJK) merupakan penyakit yang apabila sudah terdiagnosa perlu sekali diawasi karena beresiko tinggi terhadap kematian. Resiko kematian tersebut perlu diminimalisasi dengan membuat sebuah media konsultasi dan monitoring terhadap penderita sesuai gejala yang dialami. Dokter dan paramedis adalah pakar yang berkompeten untuk mendiagnosa tingkat resiko penyakit jantung koroner, namun dalam pengambilan keputusan yang sulit terdapat keragaman opini pakar (*inter-expert*) dan seiring waktu opini pakar pun berubah (*intra-expert*) karena pengetahuannya terus bertambah berdasarkan adanya gejala baru dari penelitian yang dilakukan, kebiasaan baru, atau dipengaruhi keadaan emosi.

Model *fuzzy* mengatasi permasalahan ketidakpastian. Model *fuzzy* yang menggunakan himpunan *fuzzy non-stationary* (FNIS) mereplikasi keragaman pada manusia sehingga mampu mengatasi permasalahan kegaraman opini pada pakar baik *inter-expert* maupun *intra-expert*. Sistem yang dibangun menggunakan model *fuzzy non-stationary* untuk mendiagnosa tingkat resiko jantung koroner berdasarkan 5 input yakni umur, tekanan darah, gula darah, status BMI, dan kolesterol. *Fuzzy* sistem pada penelitian ini menggunakan mamdani inferensi. Dua fungsi *perturbation function* yang digunakan sistem adalah fungsi distribusi acak normal pada variabel input dan fungsi sinusoidal pada variabel output untuk meng-generate *membership function* untuk 5 kali perulangan. Hasil perbandingan diagnosa antara pakar, FIS, dan FNIS didapati bahwa FNIS lebih tepat dibandingkan FIS sesuai diagnosa pakar secara manual.

Kata Kunci: Diagnosa tingkat resiko, *fuzzy non-stationary*, jantung koroner, mamdani.

RISK STATUS DIAGNOSE OF HEART CORONER USING FUZZY NON STATIONARY

Abstract

Heart Coroner is kind of disease that needs to be monitored once diagnosed since its risk of death is dangerously high. Risk status of heart coroner diagnosis plays important role in recommending optimal treatment. Beside uncertainty, clinicians exhibit inter-expert and intra-expert variability in making a difficult decision. Variation may occur among the decisions of a panel of human experts (inter-expert variability), as well as in the decisions of an individual expert over time (intra-expert variability) based on new evidences provided by research efforts, latest fashion, or emotional state.

Fuzzy model covers uncertainty. Fuzzy model with non-stationary fuzzy sets (FNIS) replicates human variability covers experts variability both inter and intra. This research aims to diagnose risk status of heart coroner based on assessment of five clinical variables comprises age, blood pressure, blood sugar, BMI status, and cholesterol. This fuzzy system using mamdani inference. Two perturbation functions both normally distributed random function for input variables and sinusoidal function for output variables were used in this system to generate membership functions with 5 iterations. Comparison result between expert, FIS, and FNIS shows FNIS is more accurate than FIS according to expert manual diagnose.

Keywords: Fuzzy non-stationary, heart coroner, mamdani, risk status.

1. Pendahuluan

Pada tahun 2014, *World Health Organization* (WHO) menyatakan bahwa salah satu penyakit yang menjadi penyebab kematian nomor satu di dunia adalah penyakit jantung. Menurut Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI tahun 2014, penyakit jantung merupakan penyakit terbanyak pada rawat jalan dan rawat inap di Indonesia yang menggunakan jaminan kesehatan nasional pada tahun 2012. Total biaya yang dikeluarkan untuk rawat jalan tingkat lanjut penyakit jantung sebesar Rp. 3.264.003.343, sedangkan untuk rawat inap lanjut sebesar Rp. 19.731.040.425. Untuk mengurangi beban keuangan negara dalam menanggulangi biaya diatas, maka perlu dilakukan upaya pencegahan dini yaitu salah satunya melalui diagnosis tingkat resiko penyakit jantung koroner berdasarkan gejala-gejala faktor resiko. Dalam melakukan diagnosis mencakup beberapa tingkatan ketidakpastian [1]. Pakar dalam hal ini dokter dan paramedis sering menemui kesulitan dalam mengambil keputusan yang tegas dikarenakan beberapa alasan. Alasan tersebut bisa berupa data yang kurang tepat (*imprecise*) dan tidak akurat (*inaccurate*), pengetahuan yang tidak pasti (*uncertainty*), tidak ada batasan-batasan yang jelas untuk mengambil sebuah keputusan. Setiap pakar pasti mempunyai keputusan yang berbeda (*inter-expert variability*), mereka akan mengambil keputusan sesuai dengan pengalamannya sendiri. Opini atau keputusan pakar pun sering mengalami perubahan. Seiring waktu, opini atau keputusan seorang pakar sangat mungkin mengalami perubahan (*intra-expert variability*) karena pengetahuannya yang terus bertambah berdasarkan adanya gejala baru, penelitian baru, atau mungkin juga kebiasaan terbaru [2]. Pemodelan teknik biasa tidak bisa menangani permasalahan dalam pemindahan kepakaran manusia (*knowledge acquisition*) dan penalaran yang mengandung unsur ketidakpastian (*uncertainty*).

Ketidakpastian merupakan hal yang sangat penting dalam ilmu pengetahuan dan logika *fuzzy* adalah metode yang mampu menangani permasalahan ketidakpastian menggunakan bahasa sehari-hari. Logika *fuzzy* menterjemahkan ukuran pasti dari apa yang tidak pasti pada domain kesehatan [3]. Peranan penting ilmuwan komputer dalam membantu pakar dalam hal pengambilan keputusan adalah mengembangkan model-model matematika dengan kemampuan prediksi yang tinggi [4] bahkan apabila terdapat kenaikan akurasi dalam ukuran kecil sekalipun yang bisa dihasilkan dari pemodelan matematika bisa memberi keuntungan yang besar baik kepada pasien maupun kepada instansi kesehatan sebagai contoh pada tahun 1994, diperkirakan bahwa kenaikan akurasi sebesar 1 persen saja dalam prediksi hasil pneumonia dan rawat inap pasien pneumonia mampu menghemat sekitar \$ 90 juta untuk biaya kesehatan per tahun di Amerika Serikat [5] sehingga membuat sistem prediksi yang lebih akurat merupakan tantangan utama dalam penelitian pada bidang informatika kesehatan.

Himpunan dan logika *fuzzy* telah terbukti mampu memindahkan kepakaran manusia kedalam sistem komputer berbentuk aturan IF-THEN. Aturan-aturan IF-THEN digunakan untuk melakukan pemetaan *non-linear* dari daerah input ke daerah output. Linguistik pada sistem *fuzzy* memiliki interpretabilitas yang cukup baik [6] karena linguistik mampu memberi angka kepada ukuran yang belum mempunyai ukuran angka yang jelas melalui *membership function*.

Sistem *fuzzy* akan menghasilkan output yang sama jika diberikan input yang sama dan tidak akan mengalami perubahan. Bagaimanapun, pakar sering berubah dalam pengambilan keputusan. Variasi atau perbedaan keputusan dapat terjadi antar pakar (*inter-variability*) begitupun seorang pakar keputusannya dapat berubah untuk input yang sama (*intra-variability*). *Fuzzy non-stationary* adalah metode *fuzzy* yang menyertakan variabel waktu. *Membership function* dari himpunan *fuzzy non-stationary* memungkinkan perubahan berdasarkan waktu sehingga bisa meniru variabilitas manusia dan menyesuaikan perubahan opini pakar (*intra-variability*) seiring dengan waktu. Melalui penelitiannya mereka mendapati hasil bahwa metode *fuzzy non-stationary* dapat menaikkan performa dibandingkan dengan metode *fuzzy inference system* (FIS) [7]. Penelitian lain berkesimpulan bahwa metode *fuzzy non-stationary* alat yang sangat ampuh untuk pemodelan hubungan asosiatif *fuzzy* yang memiliki komponen temporal [8].

Faktor penentu tingkat resiko penyakit jantung koroner ditemukan ketidakpastian, sebagai contoh status *blood sugar* "low" dan *blood pressure* "high". Status "low" dan "high" tidak mempunyai ukuran angka yang jelas dan relatif untuk masing-masing pakar.

Berdasarkan pertimbangan tersebut dilakukan penelitian tentang sistem berbasis pengetahuan menggunakan metode *fuzzy non stationary* untuk diagnosa tingkat resiko penyakit jantung koroner.

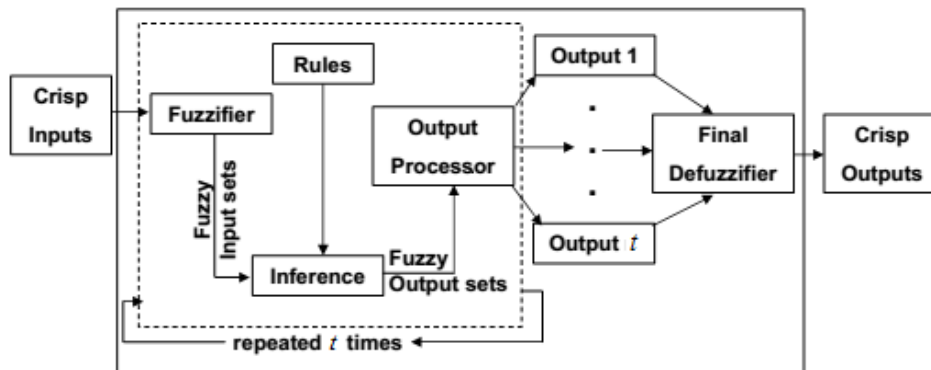
2. Tinjauan Pustaka

Deteksi tingkat resiko jantung koroner menggunakan metode Dempster-Shafer pernah diteliti oleh [9] menggunakan 10 data uji dan didapati akurasi 100%, penelitian tentang penyakit jantung koroner menggunakan metode *fuzzy* dilakukan oleh [10]. Dalam bidang kedokteran, perubahan keputusan pakar seiring dengan waktu dipengaruhi oleh penelitian terbaru, kebiasaan dan ketidakstabilan emosi melahirkan metode baru *fuzzy non stationary* yang diajukan oleh [2] yang kemudian melakukan penelitian menggunakan metode tersebut untuk menentukan terapi paska operasi bagi pasien kanker payudara [7] dan didapati akurasi 88,09% dibandingkan menggunakan metode *fuzzy* yang menghasilkan akurasi sebesar 84,58% sehingga terdapat kenaikan akurasi sebesar 3,51%. Kenaikan akurasi pada bidang kedokteran mampu menghemat pengeluaran biaya pengobatan [2]. Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah disebutkan, maka penelitian ini dilakukan untuk mendiagnosa status resiko jantung koroner menggunakan metode *fuzzy non-stationary*.

Penelitian ini melakukan diagnosa tingkat resiko penyakit jantung koroner menggunakan metode *fuzzy non-stationary* dengan melibatkan 5 (lima) faktor resiko meliputi umur, tekanan darah, gula darah, status BMI, dan kolesterol. Dengan menggunakan inferensi mamdani, sistem akan melakukan *perturb* (perulangan) sebanyak 5(lima) kali.

2.1. Fuzzy Non Stationary

Metode *fuzzy non-stationary* mampu menyesuaikan perubahan opini pakar yang pada umumnya berubah seiring waktu berdasarkan penelitian terbaru, kebiasaan baru, dan ketidakstabilan emosi. Gambar 1 dibawah ini merupakan arsitektur *fuzzy non-stationary* (FNIS) pada umumnya.



Gambar 1. Arsitektur Umum FNIS

Dari Gambar 1, diperjelas dengan algoritma FNIS yang ditunjukkan pada Gambar 2 dibawah ini.

1. tentukan (i), pf untuk variabel input/output dan jenis variasi FNIS yang digunakan
2. pada perulangan i=1 lakukan:
 - a. fuzzifikasi
 - b. inferensi
 - c. defuzzifikasi
 - d. simpan hasil y^*_1
3. pada perulangan i = 2 sampai m lakukan:
 - a. untuk $i_p = 1$ sampai n lakukan:
 - b. untuk $mf_1 = 1$ sampai nmf_1 lakukan:
 - update nilai parameter pada tiap mf_1
 - selesai mf_1 looping
 - selesai i_p looping
 - c. untuk $mf_0 = 1$ sampai nmf_0 lakukan :
 - update nilai parameter pada tiap mf_1
 - selesai mf_0 looping
 - d. lakukan perhitungan fuzzifikasi
 - e. lakukan perhitungan inferensi
 - f. lakukan defuzzifikasi
 - g. dapatkan y^*_1 , simpan
 - selesai i looping
4. pilih y^* yang terbaik, jadikan output sistem

Gambar 2. Algoritma FNIS

dimana:

- i = banyaknya perulangan yang dilakukan
- pf = *perturbation function*
- ip = banyaknya variabel input
- mfi = perulangan pada linguistik variabel input
- mfo = perulangan pada linguistik variabel output
- nmfi = banyaknya linguistik pada tiap variabel input
- nmfo = banyaknya linguistik pada variabel output
- y*i = output iterasi ke-i

FNIS pada akhirnya akan menghasilkan i output *crisp* dari i kali perulangan yang dilakukan sistem, dan akan dipilih 1 oleh pakar secara manual untuk dijadikan output sistem.

2.2. Himpunan *Fuzzy Non Stationary*

Misalkan A adalah sebuah himpunan *fuzzy* dari semesta X dengan *membership function* μ_A . T adalah sebuah himpunan waktu t_i (mungkin tak terbatas) dan $f : T \rightarrow R$ menunjukkan *perturbation function*. Himpunan *fuzzy non-stationary* dari semesta pembicaraan X dikarakteristikan oleh fungsi keanggotaan *non stationary* $\mu_A : T \times X \rightarrow [0,1]$ yang menggabungkan tiap elemen (t, x) dari $T \times X$ dengan perubahan waktu tertentu dari $\mu_A(x)$. Himpunan *non-stationary* A dinotasikan oleh Persamaan 1.

$$A = \int_{x \in X} \frac{\mu_A(x,t)}{x}, \mu_A \in [0,1] \quad (1)$$

$\mu_A(x)$ diekspresikan sebagai $\mu_A(x, p_1, p_2, \dots, p_m)$ dimana p adalah parameter dari $\mu_A(x)$ sehingga didapat Persamaan (2).

$$\mu_A(x, t) = \mu_A(x, p_1(t), \dots, p_m(t)) \quad (2)$$

dimana $p_i(t) = p_i + k_i f(t)$ demikian masing-masing parameter bervariasi dalam waktu t yang dibangkitkan oleh *perturbation function* dikalikan dengan sebuah konstanta k .

2.3. *Perturbation Function*

Perturbation function atau fungsi gangguan adalah perubahan yang disebabkan oleh fungsi adalah kecil dan bersifat sementara (*temporal*). Jenis *fuzzy non-stationary* ditentukan oleh 2 (dua) hal [11] yaitu:

- 1) Variasi yang dilakukan;
- 2) *Perturbation function* yang digunakan.

Variasi pada *fuzzy non-stationary* menurut Musikasuwana dkk. (2006) terbagi atas 3 jenis yaitu:

- 1) Variasi pada lokasi (*variation of location*): perubahan kecil pada titik tengah dari *membership function* (c)

$$\forall t \in T \mu_A(x, t) = \mu_A(x + a(t)) \quad (3)$$

dimana $a(t)$ adalah sebuah konstanta yang diberikan pada waktu $t \in T$ sehingga parameter-parameter pada *membership function* himpunan *fuzzy* akan bergeser dan memungkinkan terjadi perubahan *grade membership function* $\mu_A(x, t)$. $a(t)$ bisa juga merupakan bilangan acak ataupun hasil perhitungan dari sebuah konstanta k dikalikan dengan *perturbation function* (pf) yang ditentukan pada tiap variabel.

- 2) Variasi pada (*width*): kemiringan perubahan kecil pada lebar (*width membership function*)

$$\forall t \in T, \forall \alpha \in [0,1] |A_{t, \alpha+}| = |A_{\alpha+}| + c_{\alpha}(t) \quad (4)$$

dimana $c_{\alpha}(t)$ adalah konstanta yang diberikan pada waktu $t \in T$.

- 3) Variasi *noise*: perubahan kecil secara vertikal pada nilai *membership function*.

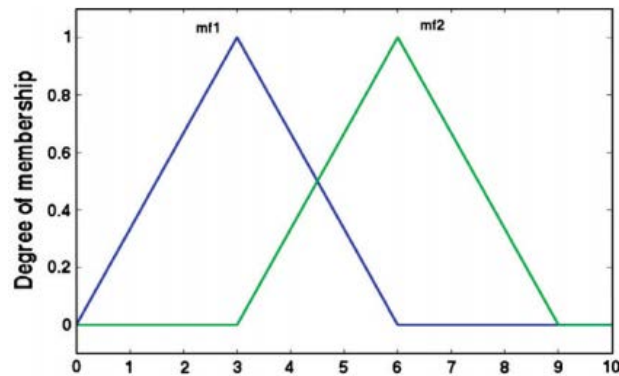
$$\forall t \in T \mu_A(t, x) = \mu_A(x) + a(t) \quad (5)$$

[12] mengatakan bahwa secara teori fungsi apa saja bisa digunakan sebagai *perturbation function* namun harus sesuai dengan variasi minor yang terjadi seiring waktu. Contoh keluarga fungsi yang dapat digunakan sebagai *perturbation function* adalah

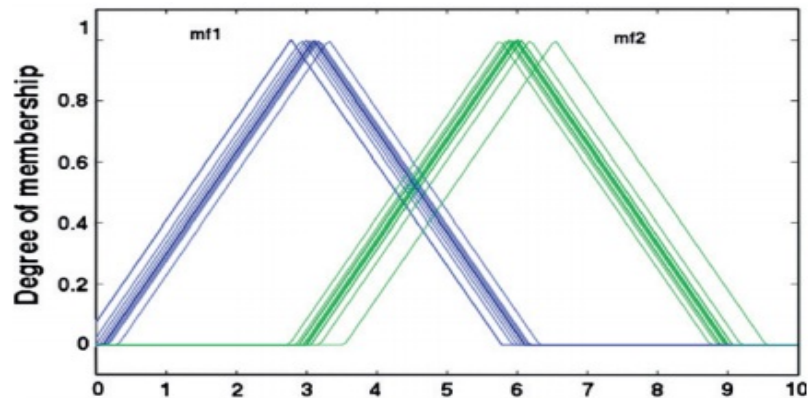
$$\text{Sinusoidal function} = \sin(\omega t) \quad (6)$$

$$\text{Normally distributed random function} = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (7)$$

Gambar-gambar dibawah ini menunjukkan bahwa dari basis *membership function* dasar pada Gambar 3, dengan menggunakan *perturbation function* parameter-parameter himpunan *fuzzy* variabel digeser sebanyak i perulangan dan menghasilkan himpunan *fuzzy non-stationary* seperti pada Gambar 4.



Gambar 3. Membership function fuzzy

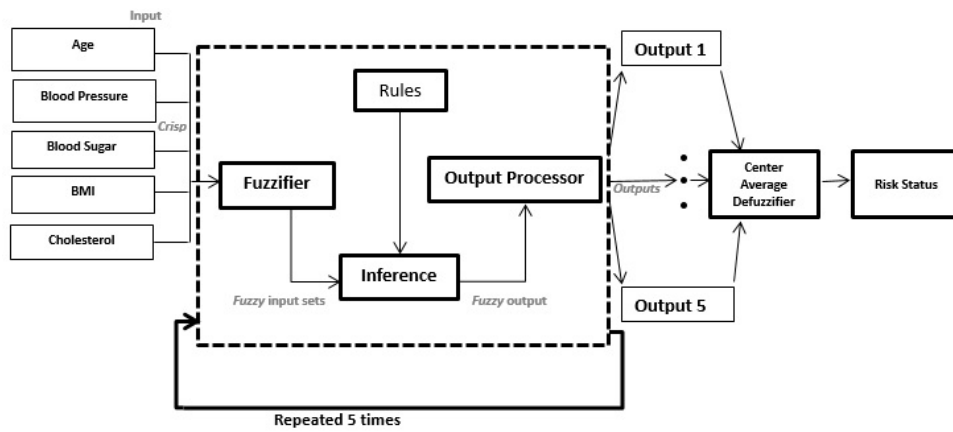


Gambar 4. Membership function fuzzy non-stationary

3. Metodologi Penelitian

3.1. Arsitektur Sistem

Sistem yang dibangun pada penelitian ini berbasis desktop untuk membantu mendiagnosa tingkat resiko penyakit jantung koroner dengan melibatkan 5 (lima) faktor resiko diantaranya *age*, *blood pressure*, *blood sugar*, BMI, dan *cholesterol*. Sistem menggunakan fuzzifikasi *singleton*, inferensi *min* dengan interpretasi mamdani *min*, dan metode defuzzifikasi *center average*. Sistem FNIS yang dilakukan pada penelitian ini adalah FNIS dengan variasi lokasi. Perulangan yang dilakukan sistem sebanyak 5 (lima) kali dengan asumsi memuat 5 (lima) variasi opini pakar, *normally distributed random function* digunakan untuk menggeser *membership function* variabel *input*. Sistem membangkitkan nilai $\sigma = \text{random}[1,5]$ untuk masing-masing variabel *input* pada tiap perulangan. Sistem menggunakan fungsi sinusoidal dengan nilai $\alpha = 33$ untuk menggeser *membership function* variabel *output* dengan pertimbangan variasi opini pakar pada *risk status* adalah kecil ≤ 0.1 . Gambar 5 dibawah ini merupakan arsitektur sistem penelitian ini.



Gambar 5. Arsitektur Sistem Penelitian

3.2. Akuisisi Pengetahuan

Pengetahuan yang didapat dari pengambilan data rekam medis kemudian diakuisisi ke dalam sistem menjadi himpunan *fuzzy* dan aturan *fuzzy* untuk melakukan inferensi *fuzzy*. Sumber yang digunakan sebagai pedoman pembentukan himpunan *fuzzy* dan aturan *fuzzy* berasal dari:

- 1) Dokter spesialis jantung
- 2) Jurnal internasional [9] yang berjudul “*Prototype Sistem Pakar untuk Mendeteksi Tingkat Resiko Penyakit Jantung Koroner Menggunakan Metode Demspter-Shafer (Studi Kasus: RS PKU Muhammadiyah Yogyakarta)*”.

3.3. Rancangan Pemodelan Sistem Fuzzy

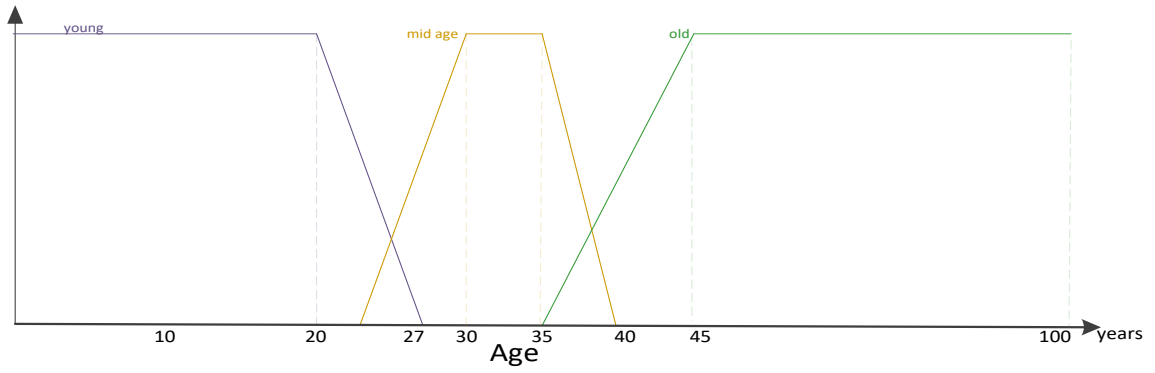
Diagnosa tingkat resiko penyakit jantung koroner ditentukan oleh faktor-faktor prognosis. Untuk mengimplementasikan sistem yang dapat mendiagnosa tingkat resiko penyakit jantung koroner dengan menggunakan inferensi *fuzzy non-stationary*, dibutuhkan 6 (enam) kebutuhan sistem *fuzzy*. Nama variabel *input* dan *output*, linguistik beserta semesta dan satuannya ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Linguistik variabel sistem

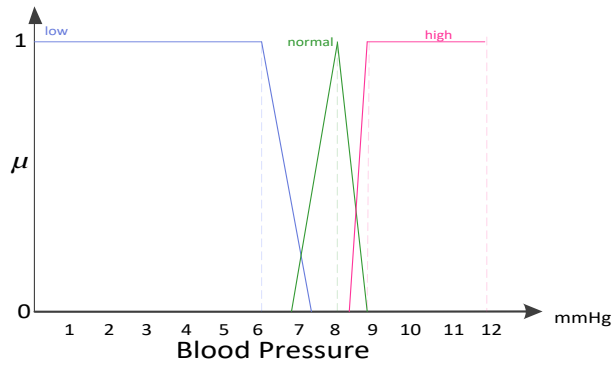
No	Variabel	Keterangan	Semesta	Linguistik	Satuan
1	<i>Age</i>	Umur	[0,100]	(<i>young, mid-age, old</i>)	<i>year</i>
2	<i>Blood Pressure</i>	Tekanan Darah	[0,120]	(<i>low, normal, high</i>)	mmHg
3	<i>Blood Sugar</i>	Gula Darah	[0,300]	(<i>low, normal, high</i>)	mg/dl
4	<i>BMI</i>	Status BMI	[0,50]	(<i>thin, normal, fat, obesity</i>)	NGS
5	<i>Cholesterol</i>	Kolesterol	[0,300]	(<i>low, normal, high</i>)	mg/dl
6	<i>Risk Status</i>	Tingkat Resiko Jantung Koroner	[0,100]	(<i>low, intermediate, high</i>)	%

3.4. Representasi Fungsi Keanggotaan

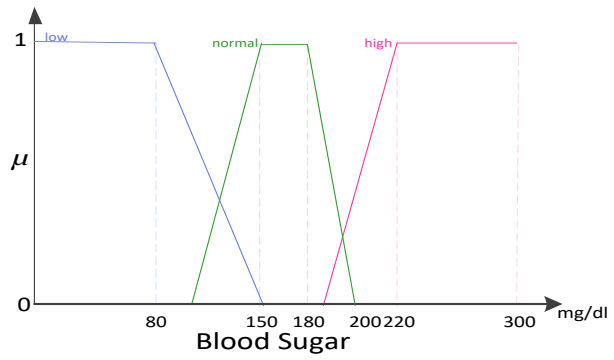
Representasi fungsi keanggotaan tiap variabel berikut linguistiknya mulai dari variabel input *Age* sampai variabel output *Risk Status* sesuai Tabel 2 diatas digambarkan melalui Gambar 6, Gambar 7, Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10, dan Gambar 11 dibawah ini.



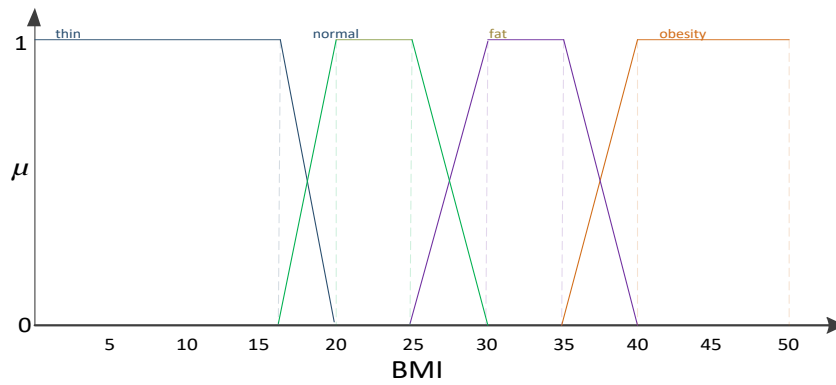
Gambar 6. Representasi Keanggotaan Age



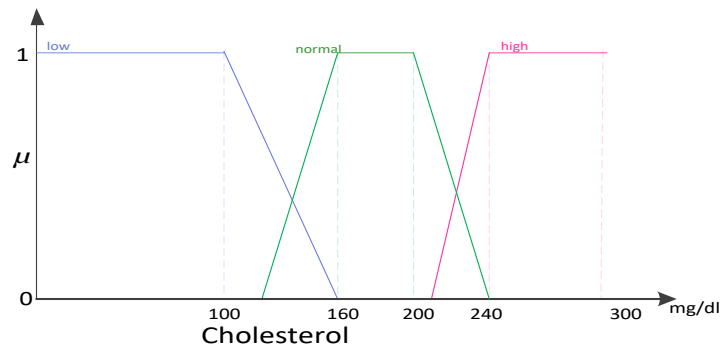
Gambar 7. Representasi Keanggotaan Blood Pressure



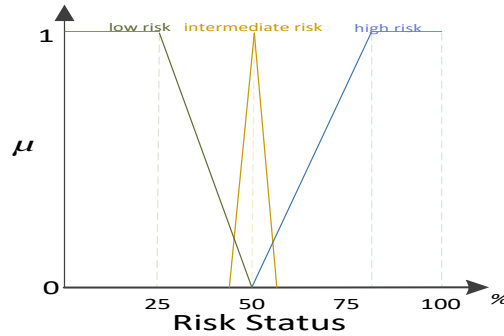
Gambar 8. Representasi Keanggotaan Blood Sugar



Gambar 9. Representasi Keanggotaan BMI



Gambar 10. Representasi Keanggotaan Cholesterol



Gambar 11. Representasi Keanggotaan Risk Status

3.5. Fuzzy Rule

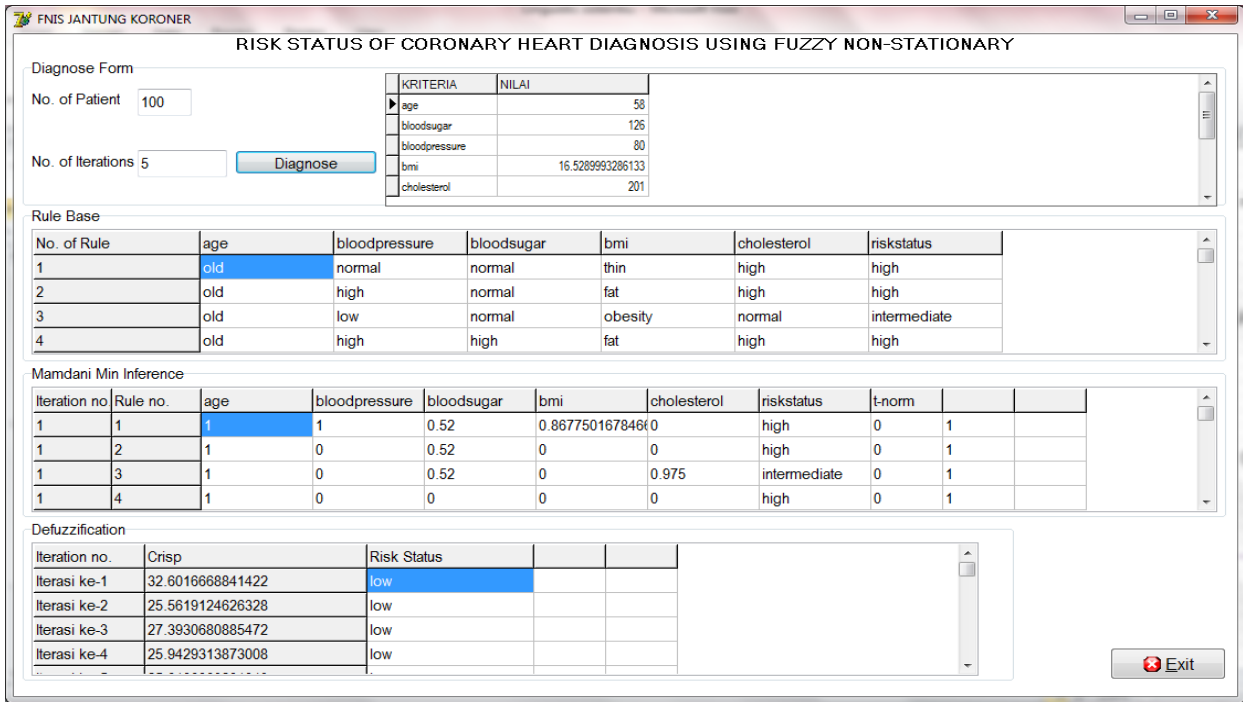
Proses akuisisi pengetahuan menghasilkan 18 (delapan belas) *fuzzy rule* yang berbentuk kaidah produksi IF-THEN yang digunakan sistem, diuraikan pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Fuzzy Rule Sistem

No.	ATURAN IF-THEN
R1	<i>IF Age is old AND BloodPressure is normal AND BloodSugar is normal AND BMI is thin AND Cholesterol is high THEN Risk Status is high</i>
R2	<i>IF Age is old AND BloodPressure is high AND BloodSugar is normal AND BMI is fat AND Cholesterol is high THEN Risk Status is high</i>
R3	<i>IF Age is old AND BloodPressure is low AND BloodSugar is normal AND BMI is obesity AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is intermediate</i>
R4	<i>IF Age is old AND BloodPressure is high AND BloodSugar is high AND BMI is fat AND Cholesterol is high THEN Risk Status is high</i>
R5	<i>IF Age is old AND BloodPressure is high AND BloodSugar is high AND BMI is obesity AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is high</i>
R6	<i>IF Age is mid AND BloodPressure is high AND BloodSugar is normal AND BMI is normal AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is intermediate</i>
R7	<i>IF Age is old AND BloodPressure is high AND BloodSugar is normal AND BMI is normal AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is high</i>
R8	<i>IF Age is mid AND BloodPressure is normal AND BloodSugar is high AND BMI is normal AND Cholesterol is high THEN Risk Status is high</i>
R9	<i>IF Age is old AND BloodPressure is low AND BloodSugar is low AND BMI is thin AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is low</i>
R10	<i>IF Age is mid AND BloodPressure is low AND BloodSugar is high AND BMI is thin AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is low</i>
R11	<i>IF Age is young AND BloodPressure is low AND BloodSugar is low AND BMI is normal AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is low</i>
R12	<i>IF BloodPressure is normal AND BloodSugar is normal AND BMI is normal AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is low</i>
R13	<i>IF Cholesterol is high THEN Risk Status is high</i>
R14	<i>IF BMI is fat AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is intermediate</i>
R15	<i>IF Cholesterol is low THEN Risk Status is low</i>
R16	<i>IF BMI is obesity AND Cholesterol is normal THEN Risk Status is intermediate</i>

4. Hasil dan Pembahasan

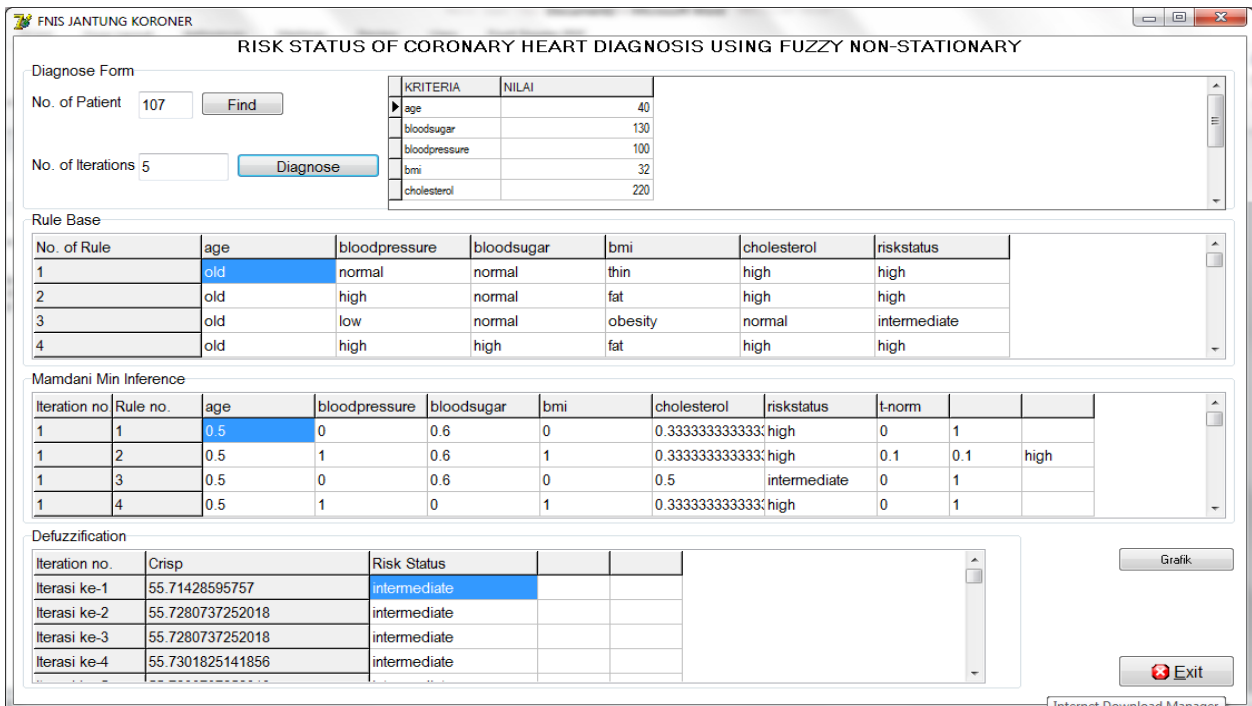
Hasil diagnosa sistem dapat dilihat pada Gambar 12 dibawah ini dengan menggunakan data pasien no. 100 yang tersimpan pada database yang memiliki gejala resiko sebagai berikut Umur = 58, *Blood Pressure* = 80, *Blood Sugar* = 126, BMI = 16.5, *Cholesterol* = 201.



Gambar 12. Hasil Diagnosa Sistem *low*

Hasil diatas menunjukkan bahwa didapati tingkat resiko jantung koroner dengan masukan *Age* = 58, *Blood Pressure* = 80, *Blood Sugar* = 126, BMI = 16.5, *Cholesterol* = 201 adalah “*low*” dengan dilakukan 5 perulangan didapati tingkat resiko “*low*” namun dengan 5 nilai *crisp* yang berbeda. Di antara 5 nilai *crisp* tersebut, pakar dalam hal ini dokter spesialis jantung memilih 25,562% yang tepat sebagai output.

Sistem kemudian mencoba melakukan diagnosa pada data pasien nomor 107 dengan detail faktor resiko *Age* = 40, *Blood Pressure* = 100, *Blood Sugar* = 130, BMI = 32, dan *Cholesterol* = 220. Hasil diagnosa dapat dilihat pada Gambar 13 dibawah ini.



Gambar 13. Hasil diagnosa sistem *intermediate*

Hasil di atas menunjukkan bahwa didapati tingkat resiko jantung koroner dengan masukan $Age = 40$, $Blood Pressure = 100$, $Blood Sugar = 130$, $BMI = 32$, dan $Cholesterol = 220$ adalah “*intermediate*” dengan dilakukan 5 perulangan didapati tingkat resiko “*intermediate*” namun dengan 5 nilai *crisp* yang berbeda. Di antara 5 nilai *crisp* tersebut, pakar dalam hal ini dokter spesialis jantung memilih 55,73% yang tepat sebagai output.

Dalam penelitian ini dilakukan perbandingan hasil antara pakar, FIS, dan FNIS dan dilakukan perbandingan hasil dari 3 (tiga) data uji seperti tampak pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Diagnosa

Data uji	Faktor Resiko					Hasil Diagnosa (%)		
	<i>Age</i>	<i>Blood Pressure</i>	<i>Blood Sugar</i>	BMI	<i>Cholesterol</i>	Pakar	FIS	FNIS
Data uji 1	27	65	80	18,2	160	40	37	40
Data uji 2	35	60	100	45	190	50	48	50
Data uji 3	21	65	80	22	180	13	13	13

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa FNIS merupakan perulangan dari FIS yang dibangkitkan oleh *perturbation function* yang menggeser membership function variable input dan output sebagai penyesuaian perubahan opini manusia dalam hal ini pakar yang berubah seiring waktu dipengaruhi oleh gejala baru, penelitian baru, kebiasaan baru, dan ketidakstabilan emosi ketika melakukan diagnosa. Hasil perbandingan antara pakar, FIS, dan FNIS dapat dilihat bahwa FNIS lebih unggul karena keragaman outputnya lebih sesuai dengan hasil diagnosa pakar dibanding FIS dikarenakan perulangan yang dilakukan.

Daftar Pustaka

- [1] Torres, A. dan Nieto, J. J., 2005, Fuzzy Logic in Medicine and Bioinformatics, *Jurnal of Biomedicine and Biotechnology*, 1-7.
- [2] Garibaldi, Jonathan.M., Jaroszewski, M., and Musikasuwana, S., 2007, New Concepts related to Non-Stationary Fuzzy Sets, *Proceedings of the IEEE International Conference on Fuzzy Systems (FUZZ:IEEE)*, London, 1684-1689.
- [3] Saleh, A.A.E., Barakat, S. E., and Awad, A.A.E., 2011, A Fuzzy Decision Support System in Management of Breast Cancer, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 2, 34-40.
- [4] Visweswaran, S., Cooper, G.F., Angus, D.C., Hsieh, M., Wiesseld, L., and Yealy, D., 2010, Learning patient-specific predictive models from clinical data, *Journals of Biomedical Informatics*, Elsevier, 43, 669-685.
- [5] Cooper, G.F., Alieris, C.F., Ambrosinus R., Aronis, J., Buchanan, B.G., Caruana, R., Fine, M., Glymour, C., Gordon, G., Hanusa, B., Janosky, J.E., Meek, C., Mitchell, T., Richardson, T., Spirtes, P., 1997, An evaluation of machine-learning methods for predicting pneumonia mortality, *Artificial Intelligence in Medicine* 9, Elsevier, 107-138.
- [6] Zhou, S., John, R., Wang, X., dan Garibaldi, J., 2008, Compact fuzzy rules induction and feature extraction using SVM with particle swarms for breast cancer treatments, *IEEE Congress on Evolutionary Computation (IEEE World Congress on Computational Intelligence)*, IEEE, 1469-1475.
- [7] Garibaldi, Jonathan .M., Zhou, Shang-Ming, Wang, Xiao-Ying, John, Robert.I and Ellis, Ian.O., 2012, Incorporation of expert variability into breast cancer treatment recommendation in designing protocol guided fuzzy rule system models, *Journal of Biomedical Informatics*, Elsevier, 45, 447-459.
- [8] Coupland, S and Matthews, Stephen G., 2013, Using Nonstationary Fuzzy Sets to Improve the Tractability of Fuzzy Association Rule, *Advances in Type-2 Fuzzy Logic*, IEEE, 9-14.
- [9] Wahyuni, E.G., Widodiprodjo, W., 2013, Prototype Sistem Pakar untuk Mendeteksi Tingkat Resiko Penyakit Jantung Koroner dengan Metode Dempster-Shafer (Studi Kasus: RS. PKU Muhammadiyah Yogyakarta), *Berkala MIPA*, Vol. 23, pp. 161-171.
- [10] Wardhani, R.S., 2014, Aplikasi Sistem Fuzzy Untuk Diagnosa Penyakit Jantung Koroner, *Skripsi*, Universitas

Negeri Yogyakarta, Indonesia.

- [11] Musikasuwan, S, 2013, Novel Fuzzy Techniques For Modelling Human Decision Making, *Disertasi*, School of Computer Science Faculty Science University of Nottingham, Nottingham, Inggris.

