

Sistem Pakar Untuk Mendeteksi Tingkat Risiko Penyakit Jantung Menggunakan *Fuzzy Inferensi* (Sugeno)

Expert System to Detect Heart Disease Risk Level Using Fuzzy Inference (Sugeno)

Anggraini Diah Puspitaningrum¹, Agus Sidiq Purnomo²

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Mercu Buana Yogyakarta, Jl. Wates Km. 10 Yogyakarta 55753, Indonesia
Email: ¹ rain.aini@gmail.com, ² sidiq.mercubuana-yogya.ac.id

ABSTRAK

Jantung merupakan salah satu organ vital bagi manusia. Penyakit yang menyerang organ jantung akan berakibat fatal bagi keberlangsungan hidup seseorang. Sangat penting untuk mendeteksi tingkat risiko lebih awal, agar penyakit dapat segera ditangani lebih lanjut. Banyak faktor risiko penyakit jantung yang membuat penentuan tingkat risiko penyakit jantung yang akurat sulit dilakukan sehingga membutuhkan tenaga ahli/pakar dibidangnya yaitu dokter spesialis jantung. Namun, tidak semua orang dapat mengakses pelayanan kesehatan yang dilengkapi dengan tenaga pakar/ahli jantung.

Pada penelitian ini akan dirancang sebuah sistem pakar untuk mendeteksi tingkat risiko penyakit jantung dengan mengimplementasikan *fuzzy inferensi* (Sugeno). Basis pengetahuan sistem pakar diperoleh dari akuisisi pengetahuan pakar dokter spesialis jantung.

Hasil dari pengujian sistem dari 82 data uji menghasilkan 24% tingkat risiko sedang, 13% risiko sedang dan 62% risiko tinggi. Unjuk kerja sistem berdasarkan hasil validasi pakar (dokter) dan sistem, diperoleh persentase sebesar 89,02% data uji yang sesuai, serta 10,98% data uji yang tidak sesuai.

Kata kunci: *Sistem Pakar; Fuzzy Inferensi; Penyakit Jantung; Sugeno*

ABSTRACT

The heart is the vital organ in humans. Diseases which attack human's vital organs, such as the heart, may be fatal and life-threatening. It is important to detect risk levels early, in order to take necessary actions before the disease develops into something serious. There are many risk factors of the heart disease, this makes it difficult for us to determine the risk levels of heart disease, and it takes an expert's skills, the skills of a cardiologist. However, not everybody has access to health service that is equipped with a cardiologist.

In this research, we develop an expert system to detect heart disease risk level by implementing Sugeno's fuzzy inference system. The basis of knowledge for this expert system is obtained from cardiologists' knowledge acquisition.

Results of the system test from 82 test data show 24% examinees have low risk; 13% examinees have medium risk; and 62 % examinees have high risk. The system's performance based on the result of an expert's (cardiologist's) validation shows that 89.02% of the test data are appropriate, and 10.98% of the data are not appropriate.

Keywords: *Expert system; Fuzzy inference system; Heart disease; Sugeno;*

1. PENDAHULUAN

Jantung merupakan salah satu organ vital bagi manusia. Peran kerja jantung berfungsi untuk memompa darah ke seluruh tubuh dan bertanggung jawab terhadap pasokan darah yang ada di dalam tubuh sehingga apabila terdapat penyakit yang menyerang organ jantung hal itu akan berakibat fatal bagi keberlangsungan hidup seseorang.

Penyakit jantung (Cardiovascular diseases) merupakan penyebab kematian nomor 1 secara global. Lebih banyak orang meninggal karena penyakit jantung daripada penyebab kematian lainnya. Diperkirakan 17,7 juta orang meninggal karena penyakit jantung pada tahun 2015, mewakili 31% dari semua kematian global. Dari jumlah kematian tersebut, diperkirakan 7,4 juta disebabkan oleh penyakit jantung koroner dan 6,7 juta disebabkan oleh stroke. Lebih dari tiga perempat kematian karena penyakit jantung terjadi di negara berpenghasilan rendah dan menengah (World Health Organization, 2017).

Karena banyak dan tidak menentunya faktor risiko penyakit jantung inilah yang membuat penentuan tingkat risiko penyakit jantung yang akurat sulit dilakukan sehingga membutuhkan tenaga ahli/pakar dibidangnya yaitu dokter spesialis jantung. Namun, tidak semua orang dapat mengakses pelayanan kesehatan yang dilengkapi dengan tenaga pakar/ahli jantung sehingga diperlukan suatu sistem yang mengadopsi kemampuan ahli/pakar untuk membantu petugas kesehatan (non ahli) dalam melakukan deteksi risiko penyakit jantung berdasarkan faktor risiko penyakit jantung secara efektif dan efisien dengan tingkat akurasi tinggi.

Berdasarkan kondisi di atas maka akan dibangun suatu sistem yang dapat mengadopsi kemampuan pakar/ahli yaitu sistem pakar. Sistem pakar yang dibuat dilihat sebagai metode alternatif mendeteksi tingkat risiko penyakit jantung karena lebih efektif, efisien dan dapat dijalankan oleh petugas kesehatan (non ahli). Sistem akan dibangun berbasis web dengan bahasa pemrograman PHP (framework Codigniter) dan dengan metode inferensi fuzzy Sugeno untuk meningkatkan akurasi. Dengan melakukan deteksi tingkat risiko dengan tepat dan cepat diharapkan dapat mengurangi tingkat kematian yang diakibatkan penyakit jantung karena hasil deteksi dapat dikonsultasikan atau pemeriksaan lebih lanjut.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian dengan judul “**Sistem Pakar untuk Mendeteksi Tingkat Risiko Penyakit Jantung Dengan Metode Fuzzy Inferensi (Mamdani)**”, merancang sistem pakar untuk mendeteksi tingkat risiko penyakit jantung berdasarkan variabel risiko penyakit jantung yaitu tekanan darah, gula darah, kolesterol, Body Mass Index (BMI) dan riwayat penyakit jantung keluarga. Berdasarkan 20 data yang telah diuji terhadap para ahli dan sistem, untuk pasien yang terdeteksi memiliki kecil risiko penyakit jantung memiliki persentase 30%, untuk tingkat risiko sedang memiliki persentase 50%, dan tingkat risiko tinggi memiliki persentase 20%. Adapun unjuk kerja sistem berdasarkan hasil validasi ahli (dokter) dan sistem, memperoleh persentase 80% dari data uji yang sesuai, dan 20% data uji tidak tepat (Fiano & Purnomo, 2017).

Penelitian dengan judul “**Prototype Sistem Pakar untuk Mendeteksi Tingkat Risiko Penyakit Jantung Koroner dengan Metode Dempster-Shafer**”, mengembangkan sistem pakar untuk mendeteksi risiko penyakit jantung koroner dengan metode Dempster-Shafer yaitu metode penalaran non monotonis yang digunakan untuk mencari ketidakkonsistenan akibat adanya penambahan maupun pengurangan fakta baru yang akan merubah aturan yang ada. Dari hasil uji coba 10 kasus yang didapatkan dari data Rekam medis RS.PKU Muhammadiyah Yogyakarta, maka didapatkan persentase sebesar 100% nilai kebenaran dari prediksi diagnosa yang sesuai dengan pengetahuan yang dimiliki oleh pakar (Wahyuni & Prijodiprodjo, 2013).

Penelitian dengan judul “**Case-Based Reasoning untuk Diagnosis Penyakit Jantung**”, menggunakan pengalaman lama untuk mengatasi masalah baru. Penelitian ini berfokus terhadap klasifikasi penyakit jantung yang terbagi menjadi 6 jenis penyakit jantung, yaitu Gagal Jantung Akut, Jantung Koroner, Jantung Hipertensi, Gagal Jantung Kronik, Jantung Katup dan Jantung Perikarditis berdasarkan fitur usia, fitur jenis kelamin, fitur gejala dan fitur faktor risiko dan dengan mengakomodasi bobot fitur kasus dan tingkat keyakinan. Hasil pengujian terhadap data uji penyakit jantung menunjukkan bahwa sistem mampu mengenali penyakit tersebut menggunakan metode nearest neighbor similarity, minskowski distance dan euclidean

distance similarity secara benar masing-masing sebesar 100%. Hasil pengujian terhadap data uji penyakit jantung menunjukkan bahwa dengan nilai threshold similaritas global sebesar 80, sistem memiliki unjuk kerja dengan tingkat akurasi menggunakan metode nearest neighbor similarity sebesar 86,21%, metode minkowski distance similarity sebesar 100% dan metode euclidean distance similarity sebesar 94,83% (Wahyudi & Hartati, 2017).

Penelitian dengan judul **“Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Jantung dan Paru dengan Fuzzy Logic dan Certainty Factor”**, mengembangkan sistem pakar dengan mengombinasikan 2 metode, yaitu metode certainty factor (CF) dan fuzzy logic. Sistem yang dibangun menyediakan output dari diagnosis sepuluh penyakit dinyatakan sebagai persentase dari kepastian pengalaman pengguna penyakit. Dalam penelitian ini fokus terhadap penyakit pada organ dada meliputi paru-paru dan jantung. Hasil pengujian sistem menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan memiliki kemiripan dengan ahli nyata di 94.61% (Dewi, 2014).

Penelitian dengan judul **“Sistem Pakar Mendiagnosis Penyakit Jantung dengan Metode Fuzzy Set”**, mengembangkan sistem pakar (expert system) yang dibangun dalam bentuk website dengan menggunakan metode logika fuzzy. Penelitian ini fokus terhadap diagnosis penyakit jantung dengan menghasilkan diagnosa berupa kemungkinan penyakit yang diderita. Sistem yang dibangun sudah dapat mengklasifikasikan jenis penyakit jantung sebanyak tujuh jenis. Dalam penelitian ini penggunaan metode fuzzy set dalam sistem pakar berbasis web sangat menentukan hasil akhir diagnosa penyakit jantung yang memiliki tingkat keakuratan yang baik (Touriano, Fernando, Siagian, & AH, 2014)

Penelitian dengan judul **“Sistem Pakar Penentuan Penyakit Gagal Jantung Menggunakan Metode Naive Bayes Classifier”**, mengembangkan sistem pakar penentuan penyakit gagal jantung dengan memasukan input berupa gejala – gejala penyakit gagal jantung. Sistem yang dibangun menggunakan metode Naive Bayes Classifier sehingga setiap data baru akan dilakukan probabilitas dengan setiap class yang ada, hasil akhirnya dilihat nilai yang paling tinggi. Dari berbagai hasil uji coba yang dilakukan dengan menggunakan 100 data didapatkan hasil bahwa

sistem pakar penentuan penyakit gagal jantung dengan metode naive bayes mampu menghasilkan akurasi rata-rata sebesar 83% (Sulaksono & Darsono , 2015).

Penelitian dengan judul **“Sistem Pakar Untuk Menentukan Status Kesehatan Ibu Hamil Dengan Metode Inferensi Fuzzy (Sugeno)”**, merancang sistem pakar menentukan status kesehatan ibu hamil menggunakan metode logika fuzzy Sugeno yang dapat memberikan kemudahan saat menentukan kesehatan ibu hamil, terutama pada ibu hamil yang berisiko. Tes status kesehatan dari 23 data yang dapat disimpulkan dengan menggunakan metode fuzzy Sugeno dalam sistem dan data yang diperoleh dari lembaga telah menghasilkan 82,60% (Putri & Purnomo, 2017).

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian yang sudah dilakukan adalah penelitian ini fokus pada deteksi tingkat risiko penyakit jantung koroner (PJK) menggunakan metode inferensi fuzzy Sugeno. Variabel faktor risiko penyakit jantung yang digunakan yaitu gender, usia, tekanan darah, status penyakit diabetes, status kebiasaan merokok (smoker), status pengobatan hipertensi dan Body Mass Indeks (BMI) sebagai nilai input pada sistem.

Penyakit Jantung

Jantung Koroner merupakan salah satu penyakit pembunuh yang paling ditakuti di seluruh dunia, bahkan telah menjadi penyakit mematikan nomor 1 di dunia. Biasanya penyakit ini dialami oleh orang berusia produktif dan menyerang secara mendadak hingga menimbulkan kematian. Jantung Koroner itu sendiri adalah penyempitan pembuluh darah kecil yang memasok darah dan oksigen ke jantung. Penyakit Jantung Koroner (PJK) adalah penyakit jantung yang disebabkan penyempitan arteri koroner, mulai dari terjadinya aterosklerosis (kekakuan arteri) maupun yang sudah terjadi penimbunan lemak atau plak (plaque) pada dinding arteri koroner, baik disertai gejala klinis atau tanpa gejala sekalipun (Kabo, 2008).

Sistem Pakar

Sistem pakar adalah salah satu cabang ilmu AI (Artificial Intelligence) yang membuat penggunaan secara luas knowledge yang khusus untuk penyelesaian masalah tingkat manusia yang pakar. Seorang pakar adalah orang yang mempunyai keahlian dalam bidang tertentu, yaitu pakar yang mempunyai knowledge atau kemampuan khusus yang orang lain tidak

mengetahui atau mampu dalam bidang yang dimilikinya (Arhami, 2005).

Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output. Cara memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output dapat digunakan beberapa cara, di antaranya sistem fuzzy, sistem linear, sistem pakar, jaringan syaraf, persamaan diferensial, tabel interpolasi multidimensi (Arhami, 2005).

Pada sistem diagnosis fuzzy peranan manusia/operator lebih dominan. Pengiriman data dilaksanakan oleh operator ke dalam sistem. Operator dapat meminta atau menanyakan informasi dari sistem diagnosis berupa hasil konklusi atau prosedur detail hasil diagnosis oleh sistem. Dari sifat sistem ini, sistem diagnosis fuzzy dapat digolongkan pada sistem pakar fuzzy. Sistem pakar fuzzy adalah sistem pakar yang menggunakan notasi fuzzy pada aturan-aturan dan proses inferensi (logika keputusan).

Banyak sistem yang terlalu kompleks untuk dimodelkan secara akurat, meskipun dengan persamaan matematis yang kompleks. Dalam kasus seperti itu, ungkapan bahasa yang digunakan dalam logika fuzzy dapat membantu mendefinisikan karakteristik operasional sistem dengan lebih baik. Ungkapan bahasa untuk karakteristik sistem biasanya dinyatakan dalam bentuk implikasi logika. Misalnya aturan IF-THEN.

Penerapan logika fuzzy dapat meningkatkan kinerja sistem kendali dengan menekan munculnya fungsi-fungsi liar pada keluaran yang disebabkan oleh fluktuasi pada variabel masukan. Pendekatan logika fuzzy secara garis besar diimplementasikan dalam tiga tahapan yaitu tahap pengaburan (fuzzification) yakni pemetaan dari masukan tegas ke himpunan kabur, tahap inferensi, yakni pembangkitan aturan kabur, tahap penegasan (defuzzification), yakni transformasi keluaran dari nilai kabur ke nilai tegas.

Model fuzzy Sugeno merupakan pendekatan sistematis pembangkitan aturan fuzzy dari himpunan data masukan-masukan yang diberikan (Widodo, 2005). Aturan fuzzy nya berbentuk dapat dilihat pada Persamaan 1.

$$\text{IF } x \text{ is } A \text{ AND } y \text{ is } B \text{ THEN } z = f(y,x) \quad \dots(1)$$

Dengan A dan B adalah himpunan fuzzy dalam antecedent dan $z=f(x,y)$ adalah fungsi tegas dalam konsekuen. Biasanya $f(x,y)$ adalah polynomial dalam variabel x dan y.

Penalaran dengan metode Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi-Sugeno Kang pada tahun 1985, sehingga metode ini sering juga dinamakan dengan Metode TSK. Menurut Cox dalam Kusumadewi & Purnomo (2004), Metode TSK terdiri dari 2 jenis yaitu Model Fuzzy Sugeno Orde-Nol, dan Orde Satu.

Apabila komposisi aturan menggunakan metode Sugeno, maka defuzzification dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya (Kusumadewi & Purnomo, 2004).

Berdasarkan model fuzzy tersebut, ada tahapan-tahapan dalam metode Sugeno yaitu sebagai berikut:

Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pada tahapan ini variabel input dari sistem fuzzy ditransfer ke dalam himpunan fuzzy untuk dapat digunakan dalam perhitungan nilai kebenaran dari premis pada setiap aturan dalam basis pengetahuan. Dengan demikian tahap ini mengambil nilai-nilai tegas dan menentukan derajat di mana nilai tersebut menjadi anggota dari setiap himpunan fuzzy yang sesuai

Setiap aturan (proposisi) pada basis pengetahuan fuzzy akan berhubungan dengan suatu relasi fuzzy. Bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi seperti pada Persamaan 2..

$$\text{IF } x \text{ is } A \text{ THEN } y \text{ is } B \quad \dots(2)$$

dengan x dan y adalah skala, dan A dan B adalah himpunan fuzzy. Proposisi yang mengikuti IF disebut sebagai antesenden sedangkan yang mengikuti THEN disebut konsekuen. Proposisi ini dapat diperluas dengan menggunakan operator fuzzy seperti Persamaan 3

$$\text{IF}(x_1 \text{ is } A_1) \text{ o } (x_2 \text{ is } A_2) \text{ o } (x_3 \text{ is } A_3) \dots \text{o} (x_n \text{ is } A_n) \text{ THEN } y \text{ is } B \dots(3)$$

dengan o adalah operator (misal: OR atau AND).

Secara umum fungsi implikasi yang dapat digunakan yaitu Min (Minimum) Fungsi ini akan

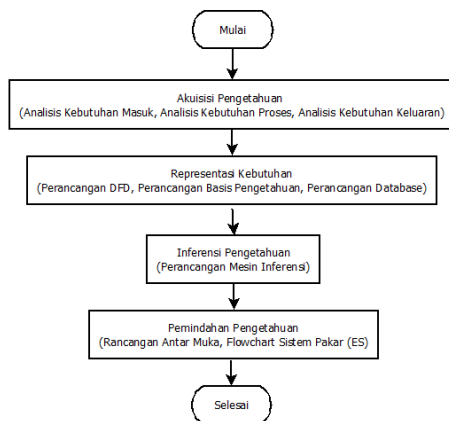
memotong output himpunan fuzzy. Dot (Product) Fungsi ini akan menskala output himpunan fuzzy. Pada Metode Sugeno, fungsi implikasi yang digunakan hanyalah fungsi min.

Selanjutnya adalah proses defuzzification Input dari proses defuzzification adalah himpunan fuzzy yang dihasilkan dari proses komposisi dan output adalah sebuah nilai (crisp). Untuk aturan if-then fuzzy $r(u, v)$ adalah domain fisik, $i=1,2, \dots, n$ dan $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$ u dan y v berturut-berturut adalah variabel input dan output (crisp) dari sistem fuzzy.

Menurut wang, defuzzifier pada persamaan di atas didefinisikan sebagai suatu pemetaan dari himpunan fuzzy bk dalam v r (yang merupakan output dari inferensi fuzzy) ke titik crisp y^*v . Pada metode sugeno, defuzzification dilakukan dengan perhitungan Weight Average (WA).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Secara garis besar proses jalannya penelitian ini dibagi menjadi empat tahapan, yaitu: (1) Akuisisi pengetahuan, (2) Representasi pengetahuan, (3) Inferensi pengetahuan, dan (4) Pemindahan pengetahuan Flowchart jalannya penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 23 Jalan Penelitian

Akuisisi pengetahuan

Akuisisi pengetahuan merupakan proses pengumpulan data pengetahuan yang diperoleh

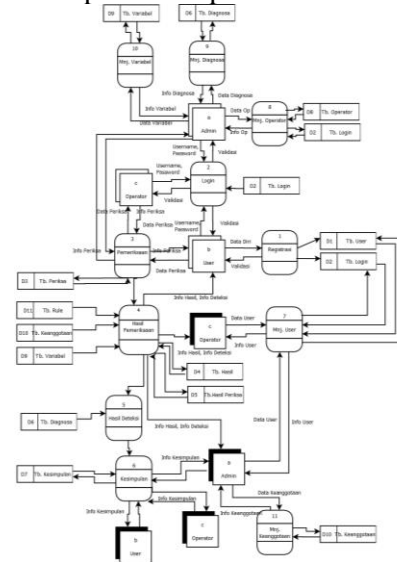
Tabel 4 Variabel Keanggotaan

No.	Nama Variabel	Batas Bawah	Batas Tengah	Batas Atas	Keterangan
1.	Gender	0	1	1	L
2.	Gender	0	0	0	P
3.	Usia	44	50	50	DEWASA

dari seorang pakar (ahli) yang dalam hal ini seorang dokter spesialis penyakit jantung. Pengetahuan yang akan diakuisisi secara spesifik adalah cara mendeteksi tingkat risiko penyakit jantung.

Representasi Kebutuhan

Data Flow Diagram (DFD) Level 0 dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 24 DFD Level 0

Perancangan Basis Pengetahuan

Perancangan basis pengetahuan pada fuzzy inferensi (sugeno) meliputi variabel masukan, variabel keanggotaan, variabel diagnosa (output), yang dapat dilihat pada Tabel 1 sampai dengan Tabel 3 dan Contoh Tabel basis aturan pada Tabel 4 (untuk lebih lengkapnya pada Lampiran 1)

Tabel 3 Variabel Masukan

No.	Nama Variabel
1	Gender
2	Usia
3	Tekanan Darah
4	Status pengobatan hipertensi
5	Status penyakit diabetes
6	Status kebiasaan merokok (smoker)
7	Body Mass Index (BMI)

No.	Nama Variabel	Batas Bawah	Batas Tengah	Batas Atas	Keterangan
4.	Usia	44	50	60	LANSIA
5.	Usia	50	60	60	MANULA
6.	Tekanan Darah	110	120	120	RENDAH

No.	Nama Variabel	Batas Bawah	Batas Tengah	Batas Atas	Keterangan
7.	Tekanan Darah	110	120	140	NORMAL
8.	Tekanan Darah	120	140	140	TINGGI
9.	Status pengobatan hipertensi	0	1	1	YA
10.	Status pengobatan hipertensi	0	0	0	TIDAK
11.	Status penyakit diabetes	0	1	1	YA
12.	Status penyakit diabetes	0	0	0	TIDAK
13.	Status kebiasaan merokok (smoker)	0	1	1	YA

No.	Nama Variabel	Batas Bawah	Batas Tengah	Batas Atas	Keterangan
14.	Status kebiasaan merokok (smoker)	0	0	0	TIDAK
15.	Body Mass Index (BMI)	18.5	22.9	22.9	KURUS
16.	Body Mass Index (BMI)	18.5	22.9	24.9	NORMAL
17.	Body Mass Index (BMI)	22.9	24.9	24.9	OBESITAS

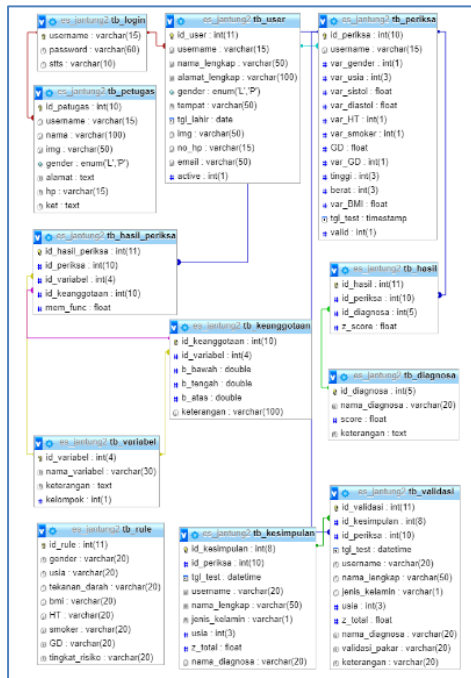
Tabel 5 Tabel Diagnosa (Output)

No.	Tingkat Risiko Penyakit Jantung	Score
1	RENDAH	10
2	SEDANG	20
3	TINGGI	100

Tabel 6 Contoh Tabel Basis Aturan

No.	IF	Gender AND Usia AND Tekanan Darah AND BMI AND Status Pengobatan Hipertensi AND Status Kebiasaan Merokok (Smoker) AND Status Penyakit Diabetes	THEN	Tingkat Risiko
1	IF	P AND DEWASA AND RENDAH AND KURUS AND TIDAK AND TIDAK AND TIDAK	THEN	RENDAH
2	IF	P AND DEWASA AND RENDAH AND NORMAL AND TIDAK AND TIDAK AND TIDAK	THEN	RENDAH
3	IF	P AND DEWASA AND RENDAH AND OBESITAS AND TIDAK AND TIDAK AND TIDAK	THEN	RENDAH
4	IF	P AND DEWASA AND RENDAH AND KURUS AND TIDAK AND TIDAK AND YA	THEN	RENDAH
5	IF	P AND DEWASA AND RENDAH AND NORMAL AND TIDAK AND TIDAK AND YA	THEN	RENDAH
6	IF	P AND DEWASA AND RENDAH AND OBESITAS AND TIDAK AND TIDAK AND YA	THEN	RENDAH
7	IF	P AND DEWASA AND RENDAH AND KURUS AND TIDAK AND YA AND TIDAK	THEN	RENDAH
8	IF	P AND DEWASA AND RENDAH AND NORMAL AND TIDAK AND YA AND TIDAK	THEN	RENDAH
9	IF	P AND DEWASA AND RENDAH AND OBESITAS AND TIDAK AND YA AND TIDAK	THEN	RENDAH
10	IF	P AND DEWASA AND RENDAH AND KURUS AND TIDAK AND YA AND YA	THEN	RENDAH

Relasi database dapat dilihat pada Gambar 3.

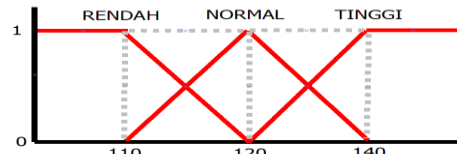


Gambar 25 Relasi Database

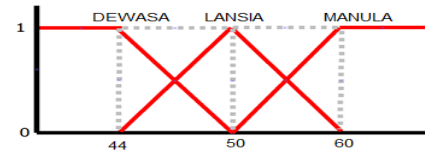
Inferensi Pengetahuan

Dalam perancangan sistem pakar ini menggunakan metode fuzzy inferensi (Sugeno). Metode fuzzy inferensi (Sugeno) dimulai dari proses fuzzyfication, proses perhitungan inferensi(conjunction dan disjunction) dan terakhir proses defuzzification dengan rumus Weight Average(WA) untuk perhitungan z-score yang digunakan untuk menentukan deteksi tingkat resiko penyakit jantung.

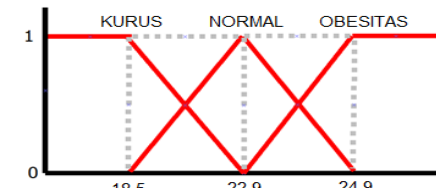
Representasi Fungsi keanggotaan menggunakan kurva bahu pada variabel Tekanan Darah, Usia dan BMI dapat dilihat pada Gambar 5 sampai Gambar 7



Gambar 26 Variabel Tekanan Darah



Gambar 27 Variabel Usia



Gambar 28 Variabel BMI

Sedangkan pada variabel Gender, Status pengobatan HT, Smoker (Status Kebiasaan Merokok), Diabetes (Status Penyakit Diabetes) terdiri dari dua himpunan yaitu Ya (1) dan Tidak (0).

Pemindahan Pengetahuan

Pemindahan pengetahuan dilakukan dengan perancangan antarmuka untuk proses untuk mempermudah pengguna menggunakan sistem pakar.

4. PEMBAHASAN

Berikut ini contoh pengujian deteksi tingkat resiko penyakit jantung berdasarkan data rekam medik pasien. Contoh data rekam medik pasien dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 7 Data Rekam Medis Pasien

No.	No. ID	Inisial Pasien	Gender	Usia	TD	HT	Smoker	Diabetes	BMI
1	01820341	ST	L	58	109	1	1	1	44.30
2	00431998	WP	P	49	145	1	0	0	16.30
3	00515849	CM	P	48	109	1	0	0	28.96
4	01756066	T	P	69	120	0	0	0	19.50
5	01813816	JP	L	48	103	1	0	0	20.81

Keterangan :

- Gender = Jenis Kelamin (L : Laki – Laki, P : Perempuan)
- TD = Tekanan Darah
- HT = Status Pengobatan Hipertensi (1 : Ya, 0 : Tidak)
- Smoker = Status Kebiasaan Merokok (1 : Ya, 0 : Tidak)
- Diabetes = Status Penyakit Diabetes (1 : Ya, 0 : Tidak)
- BM = Body Mass Index

Fuzzification

Perhitungan fuzzifikasi pada data pasien nomor 1 di Tabel 4 adalah sebagai berikut:

Gender diidentifikasi LAKI-LAKI, maka :

$$\mu_{\text{Gender LAKI-LAKI}} = 1$$

Usia pasien adalah 58 tahun berada pada keanggotaan usia pada kategori LANSIA dan MANULA. Derajat keanggotaan Usia untuk kategori LANSIA menggunakan rumus :

$$\mu_{\text{Usia LANSIA}} = 60 - x/60 - 50, (50 \leq x \leq 60)$$

$$\mu_{\text{Usia LANSIA}} = 60 - 58/10$$

$$\mu_{\text{Usia LANSIA}} = 2/10$$

$$\mu_{\text{Usia LANSIA}} = 0.2$$

Derajat keanggotaan usia untuk kategori MANULA menggunakan rumus :

$$\mu_{\text{Usia MANULA}} = x - 50/60 - 50, (50 \leq x \leq 60)$$

$$\mu_{\text{Usia MANULA}} = 58 - 50/10$$

$$\mu_{\text{Usia MANULA}} = 8/10$$

$$\mu_{\text{Usia MANULA}} = 0.8$$

Pada data pasien dari Tabel 4.2 didapat nilai tekanan darah sebesar 109 mmHg sehingga diidentifikasi anggota himpunan variabel Tekanan Darah RENDAH. Derajat keanggotaan tekanan darah untuk kategori Normal menggunakan rumus :

$$\mu_{\text{TD RENDAH}} = 1, (x \leq 110)$$

Status Pengobatan Hipertensi diidentifikasi YA, maka :

$$\mu_{\text{Status Pengobatan Hipertensi YA}} = 1$$

Status Kebiasaan Merokok diidentifikasi YA, maka :

$$\mu_{\text{Smoker YA}} = 1$$

Status Penyakit Diabetes diidentifikasi YA, maka :

$$\mu_{\text{Status Penyakit Diabetes YA}} = 1$$

BMI pasien 44.30 berada pada keanggotaan BMI pada kategori NORMAL dan OBESITAS. Derajat keanggotaan BMI untuk kategori NORMAL menggunakan rumus :

$$\mu_{\text{BMI NORMAL}} = 1, (x < 24.9)$$

Derajat keanggotaan BMI untuk kategori OBESITAS menggunakan rumus :

$$\mu_{\text{BMI OBESITAS}} = 1, (x < 24.9)$$

Dari enam data fuzzification tersebut didapatkan empat aturan yang dapat diaplikasikan dengan menggunakan aturan Conjunction dengan memilih derajat keanggotaan minimum dari nilai-nilai linguistik yang dihubungkan oleh (\cap) dan dilakukan clipping pada fungsi keanggotaan trapesium

untuk penentuan tingkat risiko penyakit jantung :

IF GENDER =L(1) AND USIA =LANSIA(0.2) AND TEKANAN DARAH =RENDAH(1) AND TREATMENT HT = YA(1) AND SMOKER =YA(1) AND DIABETES = YA(1) AND BMI =NORMAL(1) THEN Risiko Penyakit Jantung =SEDANG(0.2)

IF GENDER =L(1) AND USIA =LANSIA(0.2) AND TEKANAN DARAH =RENDAH(1) AND TREATMENT HT = YA(1) AND SMOKER =YA(1) AND DIABETES = YA(1) AND BMI =OBESITAS(1) THEN Risiko Penyakit Jantung =SEDANG(0.2)

IF GENDER =L(1) AND USIA =MANULA(0.8) AND TEKANAN DARAH =RENDAH(1) AND TREATMENT HT = YA(1) AND SMOKER =YA(1) AND DIABETES = YA(1) AND BMI =NORMAL(1) THEN Risiko Penyakit Jantung =TINGGI(0.8)

IF GENDER =L(1) AND USIA =MANULA(0.8) AND TEKANAN DARAH =RENDAH(1) AND TREATMENT HT = YA(1) AND SMOKER =YA(1) AND DIABETES = YA(1) AND BMI =OBESITAS(1) THEN Risiko Penyakit Jantung =TINGGI(0.8)

Setelah proses Conjunction langkah selanjutnya menggunakan aturan Disjunction dengan memilih derajat dari nilai-nilai linguistik yang dihubungkan oleh (\cup) yaitu :

$$\text{Tingkat Resiko RENDAH} = 0$$

$$\text{Tingkat Resiko SEDANG} = 2$$

$$\text{Tingkat Risiko Penyakit Jantung SEDANG } 0.2 \cup \text{SEDANG } 0.2 \text{ MAX } (0.2)$$

$$\text{Tingkat Risiko Penyakit Jantung TINGGI } 0.8 \cup \text{TINGGI } 0.8 \text{ (MAX } 0.8)$$

Defuzzification menggunakan model Sugeno yaitu mengonversi himpunan fuzzy keluaran ke bentuk crisp dengan metode perhitungan rata – rata terbobot :

$$\text{Keluaran crisp} = \frac{\sum (\text{alpha})x \text{ konsekuen}}{\sum \text{konsekuen}}$$

$$\text{Keluaran crisp} = \frac{(10*0)+(20*0.2)+(100*0.8)}{(0+0.2+0.8)}$$

$$\text{Keluaran crisp} = \frac{(0)+(4)+(80)}{(1)}$$

$$\text{Keluaran crisp} = 84$$

Jadi dengan menggunakan metode Sugeno, tingkat risiko penyakit jantung dari pasien ST terdeteksi memiliki Tingkat Risiko

Tinggi terhadap Penyakit Jantung dengan nilai sebesar 84.

Validasi Hasil

Berdasarkan 125 data yang telah diinputkan kedalam sistem pakar, terdapat 82 data yang valid (dapat dilakukan pengujian) dan 43 data tidak valid (tidak lengkap). Dari 82 data valid untuk pasien yang terdeteksi memiliki tingkat resiko penyakit jantung rendah mempunyai persentase sebesar 24%, untuk tingkat resiko sedang mempunyai persentase sebesar 13%, untuk tingkat resiko tinggi mempunyai persentase sebesar 62%.

Besaran persentase berdasarkan tingkat resiko penyakit jantung, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 8 Hasil Persentase Data Uji

Tingkat Resiko	Jumlah	Persentase (%)
Rendah	20	24%
Sedang	11	13%
Tinggi	51	62%
Total Persentase		100 %

Sedangkan untuk tingkat kesesuaian berdasarkan hasil validasi pakar (dokter) dengan sistem, diperoleh 73 data uji yang sesuai atau persentase sebesar 89.02%, serta 9 data uji yang tidak sesuai atau persentase sebesar 10.98% yang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 9 Hasil Validasi Pakar dengan Sistem

Validasi	Jumlah	Persentase (%)
Sesuai	73	89.02%
Tidak Sesuai	9	10.98%
Total Persentase		100 %

5. KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan, kesimpulan yang diperoleh adalah sistem yang dirancang dengan mengimplementasi metode fuzzy Sugeno dapat digunakan untuk membantu dalam menentukan tingkat risiko penyakit jantung, pengujian sistem deteksi tingkat risiko penyakit jantung menggunakan metode fuzzy Sugeno dibandingkan dengan data yang diperoleh dari pakar menunjukkan bahwa sistem memiliki unjuk kerja mencapai 89,02% dari 82 data pemeriksaan (73 data sesuai dan 9 data tidak sesuai).

Berdasarkan penelitian mengenai pembuatan sistem pakar deteksi tingkat risiko

penyakit jantung menggunakan metode fuzzy Sugeno yang telah dilakukan, untuk penelitian lebih lanjut sangat diperlukan adanya pengembangan terhadap aplikasi ini, saran-saran yang diberikan yaitu output yang dikeluarkan sistem dapat diperluas dengan penambahan terapi pengobatan yang dapat dilakukan serta saran pencegahan, melakukan pengembangan dengan menambah jumlah variabel yang digunakan agar meningkatkan unjuk kerja sistem, membangun sistem deteksi tingkat risiko yang dapat menghasilkan hasil lebih spesifik, seperti persentase tingkat risiko penyakit jantung pada 10 tahun ke depan, 30 tahun ke depan.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada dr. Fera Hidayati SpJP selaku narasumber dan kepada semua pihak yang membantu pelaksanaan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arhami, M. (2005). *Konsep Dasar Sistem Pakar*. Yogyakarta: Andi.
- Dewi, D. P. (2014). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Jantung dan Paru dengan Fuzzy Logic dan Certainty Factor. *MERPATI, Vol. 2, No.3, Desember 2014 ISSN: 2252-3006*, Hal. 361-370. Diambil kembali dari url: <https://ojs.unud.ac.id/index.php/merpati/article/view/17907/11639>
- Fiano, D. S., & Purnomo, A. S. (2017). Sistem Pakar Untuk Mendeteksi Tingkat Resiko Penyakit Jantung Dengan Fuzzy Inferensi (Mamdani). *Informatics Journal, Vol. 2, No. 2, ISSN : 2503-250X*, 64-78.
- Kabo, P. (2008). *Mengungkap Pengobatan Penyakit Jantung Koroner Kesaksian Seorang Ahli Jantung dan Ahli Obat*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Putri, N. A., & Purnomo, A. S. (2017, Juni 1). *Sistem Pakar Untuk Menentukan Status Kesehatan Ibu Hamil Dengan Metode Inferensi Fuzzy (Sugeno)*. *Jurnal Teknologi, 10*, 1-8.
- Santoso, L. W., Noertjahyana, A., & Leonard, I. (2012). *Aplikasi Sistem Pakar Berbasis*

- Web Untuk Mendiagnosa Awal Penyakit Jantung Metode Backward Chaining.* Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Heart Organization:
<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/>
- Sulaksono, J., & Darsono . (2015). *Sistem Pakar Penentuan Penyakit Gagal Jantung Menggunakan Metode Naive Bayes Classifier. Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia. 6-9 Februari 2017, ISSN:2302-3805, hal. 19-24.* Yogyakarta: STMIK AMIKOM. Diambil kembali dari url:<http://ojs.amikom.ac.id/index.php/emnasteknomedia/article/download/790/756>
- Touriano, D., Fernando, E., Siagian, P., & AH, H. R. (2014, Juni 21). Sistem Pakar Mendiagnosis Penyakit Jantung dengan Metode Fuzzy Set. *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI), ISSN:1907-5022.* Yogyakarta. Diambil kembali dari url:https://www.researchgate.net/profile/Erick_Fernando3/publication/273060698_Sistem_Pakar_Mendiagnosis_Penyakit_Jantung_dengan_Metode_Fuzzy_Set/links/55fa22cb08aec948c49f82cd/Sistem-Pakar-Mendiagnosis-Penyakit-Jantung-dengan-Metode-Fuzzy-Set.pdf
- Wahyudi, E., & Hartati, S. (2017). Case-Based Reasoning untuk Diagnosis Penyakit Jantung. *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems, Vol. 11, No.1, Januari 2017 ISSN: 1978-1520, Hal. 1-10.* Diambil kembali dari url:<https://journal.ugm.ac.id/ijccs/article/view/15523/11717>
- Wahyuni, E. G., & Prijodiprodjo, W. (2013). Prototype Sistem Pakar untuk Mendeteksi Tingkat Resiko Penyakit Jantung Koroner dengan Metode Dempster-Shafer. *IJCCS (Indonesian Journal of Computing and Cybernetics Systems), Vol. 7, No.2, Juli 2014 ISSN: 1978-1520, Hal.133-144.* Diambil kembali dari url:<https://journal.ugm.ac.id/ijccs/article/view/3352>
- Widodo, T. S. (2005). *Sistem Neuro Fuzzy.* Yogyakarta: Graha Ilmu.
- World Health Organization. (2017, Mei). *Cardiovascular diseases (CVDs) Fact sheet.* Diambil kembali dari World