

SKRIPSI

DIAGNOSIS PENYAKIT JANTUNG DENGAN TEKNOLOGI
FUZZY EXPERT SYSTEM



Kevin Sunjaya

NPM: 6181901008

PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI DAN SAINS
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
2023

UNDERGRADUATE THESIS

HEART DISEASE DIAGNOSIS WITH FUZZY EXPERT
SYSTEM



Kevin Sunjaya

NPM: 6181901008

DEPARTMENT OF INFORMATICS
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY AND SCIENCES
PARAHYANGAN CATHOLIC UNIVERSITY
2023

LEMBAR PENGESAHAN

DIAGNOSIS PENYAKIT JANTUNG DENGAN TEKNOLOGI FUZZY EXPERT SYSTEM

Kevin Sunjaya

NPM: 6181901008

Bandung, 6 Juli 2023

Menyetujui,

Pembimbing

Digitally signed
by Husnul
Hakim

Husnul Hakim, M.T.

Ketua Tim Penguji

Digitally signed
by Pascal
Alfadian Nugroho

Pascal Alfadian, Nugroho, M.Comp.

Anggota Tim Penguji

Digitally signed
by Maria V.
Claudia M.

Maria Veronica, M.T.

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Digitally signed
by Mariskha Tri
Adithia

Mariskha Tri Adithia, P.D.Eng

PERNYATAAN

Dengan ini saya yang bertandatangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

DIAGNOSIS PENYAKIT JANTUNG DENGAN TEKNOLOGI FUZZY EXPERT SYSTEM

adalah benar-benar karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku dalam masyarakat keilmuan.

Atas pernyataan ini, saya siap menanggung segala risiko dan sanksi yang dijatuhkan kepada saya, apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya, atau jika ada tuntutan formal atau non-formal dari pihak lain berkaitan dengan keaslian karya saya ini.

Dinyatakan di Bandung,
Tanggal 6 Juli 2023



Kevin Sunjaya
NPM: 6181901008

ABSTRAK

Penyakit kardiovaskular adalah penyebab utama kematian di seluruh dunia. Salah satu penyakit kardiovaskular yang paling umum adalah penyakit jantung. Jika penyakit jantung dapat diketahui sejak dini, maka angka kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung dapat diturunkan. Namun, diagnosis penyakit jantung adalah pekerjaan yang sangat sulit dan membutuhkan hasil yang akurat. Karena banyaknya faktor yang menyebabkan penyakit jantung, para ahli sulit untuk menemukan batasan tegas antara orang yang memiliki risiko penyakit jantung atau tidak. Maka dari itu, para ahli membutuhkan alat yang dapat mempertimbangkan faktor-faktor penyebab penyakit jantung dan menunjukkan hasil yang akurat. Untuk menangani permasalahan tersebut, skripsi ini mengembangkan sebuah *fuzzy expert system* untuk melakukan diagnosis penyakit jantung.

Fuzzy logic adalah bentuk logika bernilai banyak di mana nilai kebenaran dari variabel dapat berupa bilangan riil antara 0 dan 1. *Expert system* adalah sebuah perangkat lunak yang dapat meniru kemampuan seorang ahli dalam membuat keputusan. *Fuzzy expert system* adalah *expert system* yang menggunakan *fuzzy logic*. Sebuah *fuzzy expert system* memiliki 4 buah komponen; yaitu *fuzzifier*, *knowledge base*, *inference engine*, dan *defuzzifier*. *Knowledge base* dibangun dengan cara membangun *fuzzy rule* dalam bentuk IF-THEN. Pembentukan *knowledge base* didasari oleh ekstraksi pengetahuan para ahli atau *dataset* yang berisi keahlian seorang ahli dalam mengambil keputusan. Pada awalnya, masukan yang berupa faktor-faktor penyakit jantung seorang pasien diubah menjadi himpunan *fuzzy* untuk mengukur ketidakpastian. Proses ini disebut *fuzzification*, di mana sistem memperoleh nilai keanggotaan dari masukan yang diberikan. Masukan yang telah dilakukan *fuzzification* digunakan oleh *inference engine* untuk dievaluasi dengan aturan yang sudah tersimpan pada sistem. Hasil dari evaluasi oleh *inference engine* adalah sebuah himpunan *fuzzy*. Terakhir dilakukan proses *defuzzification*, di mana himpunan *fuzzy* diubah menjadi nilai yang dapat mewakili himpunan *fuzzy* tersebut.

Untuk menangani permasalahan pada skripsi ini, dibangun sebuah *fuzzy expert system* untuk mendiagnosis penyakit jantung. *Knowledge base* dibangun menggunakan *database* yang berisi faktor-faktor risiko penyakit jantung. Pengguna dapat memasukkan nilai dari faktor-faktor risiko penyakit jantung seorang pasien. Kemudian sistem dapat mengeluarkan persentase risiko penyakit jantung pada pasien tersebut. Dalam skripsi ini akan dibandingkan dua buah algoritma pembentukan *knowledge base*; yaitu Algoritma Wang-Mendel dan Algoritma Li-Xin Wang.

Pada skripsi ini, dilakukan beberapa pengujian untuk mengevaluasi sistem yang telah dibangun. Berdasarkan hasil pengujian fungsional, telah berhasil dibangun sebuah *fuzzy expert system* yang dapat melakukan diagnosis penyakit jantung. Dari hasil pengujian *prediction error* dan persentase akurasi, didapat bahwa *fuzzy rule* yang dibentuk menggunakan Algoritma Li-Xin Wang lebih efektif dibandingkan dengan Algoritma Wang-Mendel; dengan *prediction error* dan akurasi Algoritma Li-Xin Wang adalah 0.260 dan 80.33%; sedangkan Algoritma Wang-Mendel adalah 0.350 dan 66.33%. Di sisi lain, pada pengujian *running time* didapat Algoritma Wang-Mendel lebih cepat daripada Algoritma Li-Xin Wang; dengan *running time* pada Algoritma Wang-Mendel adalah 0.10 detik dan Algoritma Li-Xin Wang adalah 22.10 detik.

Kata-kata kunci: Penyakit Jantung, Diagnosis, Fuzzy Logic, Expert System, Wang-Mendel, Li-Xin Wang

ABSTRACT

Cardiovascular disease is the leading cause of death worldwide. One of the most common cardiovascular diseases is heart disease. If heart disease can be detected early, the death rate caused by heart disease can be decreased. However, diagnosing heart disease is a very difficult job and it requires an accurate result. Experts, especially doctors, find it difficult to determine boundaries whether someone who is at risk of heart disease because of too many factors that can cause heart disease. Therefore, experts need a tool to consider all the factors which could cause heart disease and provides an accurate result. In this study, a fuzzy expert system is developed to diagnose heart disease.

Fuzzy logic is a form of many-valued logic in which the truth value of variables can be any real number between 0 and 1. An expert system is a software that can mimic the decision-making ability of an expert. A fuzzy expert system is an expert system that utilizes fuzzy logic. A fuzzy expert system consists of four components: fuzzifier, knowledge base, inference engine, and defuzzifier. The knowledge base is built by constructing fuzzy rules in the form of **IF-THEN** statements. The construction of the knowledge base is based on extracting knowledge from experts or datasets that contain the expertise of an expert in decision-making. Initially, the inputs are transformed into fuzzy sets to measure uncertainty. This process is called fuzzification, where the system obtains membership values for the given inputs. The fuzzified inputs are then used by the inference engine to evaluate them using the stored rules in the system. The result of the evaluation by the inference engine is a fuzzy set. Finally, defuzzification is performed, where the fuzzy set is transformed into a representative value of that fuzzy set.

To address the problem in this thesis, a fuzzy expert system is developed to diagnose heart disease. The knowledge base is constructed using a database that contains risk factors for heart disease. Users can input values of risk factors for a patient, such as age and blood pressure. The system can then output the percentage of the risk of heart disease for that patient. This thesis compares two algorithms for constructing the knowledge base: the Wang-Mendel Algorithm and the Li-Xin Wang Algorithm.

In this thesis, several tests were conducted to evaluate the developed system. Based on the results of functional testing, a fuzzy expert system that can diagnose heart disease has been successfully built. From the prediction error and accuracy testing, it was found that the fuzzy rules formed using the Li-Xin Wang Algorithm are more effective compared to the Wang-Mendel Algorithm, with a prediction error and accuracy of 0.260 and 80.33% for the Li-Xin Wang Algorithm, and 0.350 and 66.33% for the Wang-Mendel Algorithm. On the other hand, in the running time test, it was found that the Wang-Mendel Algorithm is faster than the Li-Xin Wang Algorithm, with a running time of 0.10 seconds for the Wang-Mendel Algorithm and 22.10 seconds for the Li-Xin Wang Algorithm.

Keywords: Heart Disease, Diagnosis, Fuzzy Logic, Expert System, Wang-Mendel, Li-Xin Wang

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, karena berkat dan penyertaan-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Diagnosis Penyakit Jantung dengan Teknologi Fuzzy Expert System” dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat kelulusan di program studi sarjana Teknik Informatika UNPAR.

Selama proses pengerjaan skripsi ini, banyak kesulitan dan berbagai masalah yang dihadapi oleh penulis. Namun Tuhan Yesus memberikan kasih-Nya sehingga penulis telah mendapat banyak bantuan dan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dari berbagai pihak dalam proses penyelesaian skripsi ini. Skripsi ini tidak dapat selesai tanpa bantuan dari pihak-pihak tersebut. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada :

1. Keluarga penulis; yaitu Papa (Sony Sunjaya) dan Mama (Johani) yang selalu memberi dukungan dalam bentuk material dan emosional.
2. Bapak Husnul Hakim, M.T. selaku dosen pembimbing penulis yang selalu mengajar, membimbing, dan mengarahkan penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Pascal Alfadian, Nugroho, M.Comp. dan Ibu Maria Veronica, M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik, saran, dan masukan yang membuat skripsi menjadi lebih baik.
4. Ibu Joanna Helga, S.Kom., M.Sc. selaku dosen yang memberikan pengajaran materi dan masukan untuk membuat skripsi ini menjadi lebih baik.
5. Reynaldi Lukas sebagai teman seperjuangan skripsi yang sudah memberikan dorongan, bantuan, dan dukungan untuk mengerjakan skripsi.
6. Nadia Clarissa Hermawan yang selalu memberikan semangat dan mengingatkan penulis untuk mengerjakan skripsi.
7. Angeline Nathania Christy Waluyo yang memberikan pengajaran materi khususnya mengenai anatomi jantung manusia, serta memberikan dukungan dan doa.
8. Keira Abigail Kurniawan dan Vania Claresta Andika yang memberikan dukungan bagi penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi nya dengan baik.
9. Ev. Dave Amadis, Ev. Wina Novi Triana, Ev. Stephanus Andri, dan rekan-rekan GII Hok Im Tong yang selalu mendoakan dan memberikan dorongan semangat kepada penulis untuk dapat menyelesaikan skripsi dengan baik.
10. Seluruh rekan-rekan lain yang sudah turut membantu penulis namun tidak dapat dituliskan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini bukanlah sebuah karya yang sempurna. Maka dari itu, penulis terbuka atas kritik dan saran dari pembaca yang dapat membangun untuk menyempurnakan skripsi ini. Penulis berharap, skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat memberikan aspirasi bagi penelitian berikutnya.

Bandung, Juli 2023

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xxi
DAFTAR TABEL	xxiii
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah	3
1.5 Metodologi	4
2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Jantung	5
2.2 Penyakit Kardiovaskular dan Penyakit Jantung	6
2.3 Knowledge	8
2.4 Knowledge-based System	9
2.5 Expert System	9
2.6 Himpunan Fuzzy	11
2.6.1 Variabel Linguistik	12
2.6.2 Membership Function dan Fuzzy Membership Function	12
2.7 Logika Fuzzy	16
2.8 Membuat Fuzzy Rules dengan Metode Wang-Mendel	16
2.9 Pengembangan Metode Wang-Mendel dengan Algoritma Li-Xin Wang	18
2.9.1 Membuat Data-Generated Rules	20
2.9.2 Membuat Extrapolating Rules	22
2.10 Fuzzy Inference System	24
2.10.1 Mamdani Inference Methodology	24
2.10.2 Takagi-Sugeno-Kang Inference Methodology	25
2.10.3 Perbedaan Metode Inferensi Mamdani dan Takagi-Sugeno-Kang	26
2.11 Defuzzification	26
2.12 Fuzzy Expert System	27
2.13 Validasi Fuzzy Expert System	28
3 ANALISIS	31
3.1 Analisis Masalah	31
3.2 Analisis Dataset	32
3.3 Analisis Pembangunan Fuzzy Rule	34
3.4 Analisis Komponen Keperluan <i>Fuzzy Expert System</i>	34
3.4.1 Analisis Fuzzification	34

3.4.2	Inference System	48
3.4.3	Defuzzification	48
3.5	Studi Kasus Penyelesaian Masalah	50
3.5.1	Studi Kasus Pembentukan Fuzzy Rule Base dengan Metode W-M	50
3.5.2	Studi Kasus Pembentukan Fuzzy Rule Base dengan Algoritma Li-Xin Wang	52
3.5.3	Studi Kasus Fuzzification	56
3.5.4	Studi Kasus Fuzzy Inference	57
3.5.5	Studi Kasus Defuzzification	58
3.6	Analisis Evaluasi Perangkat Lunak	59
3.7	Analisis Kebutuhan Perangkat Lunak	60
3.7.1	Analisis Perangkat Lunak Knowledge Base Metode Wang-Mendel	61
3.7.2	Analisis Perangkat Lunak Knowledge Base dengan Algoritma Li-Xin Wang	62
3.7.3	Analisis Perangkat Lunak Diagnosis	65
4	PERANCANGAN	69
4.1	Class Diagram Perangkat Lunak Knowledge Base dengan Algoritma Li-Xin Wang	69
4.1.1	Pair	69
4.1.2	Attribute	70
4.1.3	MembershipFunction	71
4.1.4	Singleton	71
4.1.5	Trapezoidal	71
4.1.6	Triangular	72
4.1.7	Gaussian	73
4.1.8	Heart	73
4.1.9	FuzzyRule	74
4.1.10	FuzzyRegion	74
4.1.11	DataGeneratedRule	75
4.1.12	ExtrapolatedRule	78
4.1.13	MaxPQ	81
4.1.14	KnowledgeBase	81
4.1.15	InferenceEngine	84
4.1.16	DatasetReader	85
4.1.17	CSVWriter	85
4.1.18	Stopwatch	85
4.1.19	FuzzyExpertSystem	85
4.2	Class Diagram Perangkat Lunak Knowledge Base Metode Wang-Mendel	87
4.2.1	FuzzyRule	87
4.2.2	FuzzyRuleBase	88
4.3	Rancangan Antar Muka Perangkat Lunak Diagnosis	89
4.4	Class Diagram Perangkat Lunak Diagnosis	91
4.4.1	InferenceEngine	91
4.4.2	DiagnosisFragment	91
4.4.3	LoadingFragment	91
4.4.4	FuzzyExpertSystem	92
4.4.5	MainActivity	92
5	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	93
5.1	Implementasi Rancangan Kelas Perangkat Lunak Knowledge Base	93
5.2	Tampilan Antar-Muka Perangkat Lunak Knowledge Base	93
5.3	Tampilan Antar-Muka Perangkat Lunak Diagnosis	93
5.4	Pengujian Fungsional	95
5.4.1	Evaluasi Fungsional Input	96

5.4.2	Evaluasi Fungsional Fuzzification	97
5.4.3	Evaluasi Fungsional Knowledge Base	98
5.4.4	Evaluasi Fungsional Inference Engine	102
5.4.5	Evaluasi Fungsional Defuzzification	104
5.4.6	Evaluasi Fungsional Output	104
5.5	Pengujian Prediction Error Perangkat Lunak	104
5.6	Pengujian Persentase Akurasi Perangkat Lunak	105
5.7	Pengujian Running Time Kedua Buah Metode Pembentukan Knowledge Base	106
6	KESIMPULAN DAN SARAN	109
6.1	Kesimpulan	109
6.2	Saran	109
	DAFTAR REFERENSI	111
A	KODE PERANGKAT LUNAK KNOWLEDGE BASE METODE WANG MENDEL DENGAN DATA MINING	113
B	KODE PERANGKAT LUNAK KNOWLEDGE BASE METODE WANG MENDEL	133
C	KODE PERANGKAT LUNAK DIAGNOSIS	145

DAFTAR GAMBAR

1.1 Diagram sederhana dari sebuah <i>expert system</i>	2
2.1 Anatomi Jantung Manusia	5
2.2 Siklus Jantung	6
2.3 Jenis-jenis plak aterosklerosis	8
2.4 Kemajuan <i>knowledge</i>	9
2.5 Diagram sederhana dari sebuah <i>expert system</i>	10
2.6 <i>Singleton membership function</i>	13
2.7 <i>Triangle membership function</i>	13
2.8 <i>Trapezoidal membership function</i>	14
2.10 <i>Sigmoid membership function</i>	15
2.9 <i>Gaussian membership function</i>	15
2.11 Pembagian ruang <i>input</i> dan <i>output</i> ke beberapa daerah <i>fuzzy</i> dan <i>membership function</i> yang sesuai	17
2.12 Contoh bentuk <i>fuzzy rule base</i>	18
2.13 Hasil proyeksi titik-titik sampel <i>input</i> ke dalam <i>fuzzy rule base</i> yang terdiri dari ruang <i>input</i> x_1-x_2	19
2.14 Contoh tabel aturan <i>fuzzy</i> yang dibuat pada tahap pembuatan <i>data-generated rule</i> , di mana $B(*)$ mewakili sebuah himpunan <i>fuzzy</i> dengan fungsi keanggotaan triangular.	22
2.15 Contoh tabel aturan <i>fuzzy</i> yang dibuat pada tahap pembuatan <i>extrapolating rule</i> , di mana $B(*)$ mewakili sebuah himpunan <i>fuzzy</i> dengan fungsi keanggotaan triangular.	24
2.16 Contoh inferensi Mamdani dengan tiga buah aturan	25
2.17 Contoh <i>output</i> yang berupa himpunan <i>fuzzy</i> kompleks	26
2.18 Arsitektur <i>fuzzy expert system</i>	27
2.19 Alur pembuatan <i>fuzzy expert system</i>	28
3.1 <i>Flowchart</i> penyelesaian masalah.	31
3.2 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>age</i>	36
3.3 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>sex</i>	37
3.4 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>chest pain</i>	38
3.5 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>resting blood pressure</i>	39
3.6 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>serum cholesterol</i>	40
3.7 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>fasting blood sugar</i>	41
3.8 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>resting electrocardiographic result</i>	42
3.9 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>maximum heart rate achieved</i>	43
3.10 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>exercise induced angina</i>	44
3.11 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>ST depression induced by exercise relative to rest</i>	45
3.12 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>slope</i>	46
3.13 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>number of major vessels colored by fluroscopy</i>	47
3.14 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>exercise thallium scintigraphic defects</i>	48
3.15 <i>Membership function</i> untuk atribut <i>target</i>	49
3.16 <i>Output</i> dari inferensi Mamdani	58
3.17 <i>Activity diagram</i> untuk perangkat lunak <i>knowledge base</i> yang akan dibangun	60

3.18	<i>Activity diagram</i> untuk perangkat lunak diagnosis yang akan dibangun	61
3.19	Rancangan <i>class diagram</i> perangkat lunak Knowledge Base Metode Wang-Mendel yang akan dibuat	63
3.20	Rancangan <i>class diagram</i> perangkat lunak Knowledge Base dengan Algoritma Li-Xin Wang yang akan dibuat	64
3.21	Rancangan <i>class diagram</i> perangkat lunak Diagnosis yang akan dibuat	67
4.1	Rancangan antar muka perangkat lunak diagnosis	90
5.1	Tangkapan layar antar muka perangkat lunak <i>knowledge base</i>	94
5.2	Tangkapan layar tampilan awal	94
5.3	Tangkapan layar tampilan dengan <i>input</i>	95
5.4	Tangkapan layar tampilan proses	96
5.5	Tangkapan layar tampilan <i>output</i>	96
5.6	Tangkapan layar hasil implikasi dari inferensi mamdani untuk evaluasi fungsional <i>inference engine</i>	96

DAFTAR TABEL

2.1	Tabel Faktor-Faktor Penyakit Jantung	8
2.2	Tabel contoh aplikasi <i>expert system</i> pada berbagai bidang	10
2.3	Tabel perbedaan inferensi Mamdani dan Takagi-Sugeno-Kang	26
3.1	Tabel atribut-atribut yang tertera pada <i>dataset</i>	33
3.2	Tabel atribut yang digunakan untuk pembangunan <i>fuzzy rule</i>	34
3.3	Tabel jenis-jenis membership function yang digunakan oleh setiap atribut	35
3.4	Tiga buah <i>entry</i> yang diambil dari <i>dataset</i> untuk studi kasus.	50
3.5	Tabel nilai kebenaran tertinggi dan nilai linguistik untuk masing-masing atribut pada tiga buah <i>entry</i> yang digunakan	50
3.6	Tabel <i>input center</i> dari <i>extrapolating rule</i> yang akan dibuat	55
3.7	Tabel nilai-nilai atribut dari <i>entry</i> ke-4	56
3.8	Tabel hasil perhitungan derajat keanggotaan masing-masing atribut dari <i>entry</i> ke-4	56
5.1	Tabel Perbandingan Derajat Keanggotaan Ekspektasi dan Derajat Keanggotaan yang Dihasilkan Perangkat Lunak	97
5.2	Tabel Perbandingan Derajat Keanggotaan Perhitungan Manual dengan Perangkat Lunak pada Setiap Atribut Aturan Fuzzy	99
5.3	Tabel Hasil Perhitungan Bobot (Weight) untuk Fuzzy Rule	100
5.4	Tabel Perbandingan Hasil Perhitungan Data-Generated Rule	101
5.5	Tabel Perbandingan Hasil Perhitungan Extrapolating Rule	101
5.6	Tabel Perbandingan Hasil Implikasi Mamdani Pada Perhitungan Manual dengan Perangkat Lunak untuk Semua Atribut pada Masing-Masing Aturan Fuzzy	102
5.7	Tabel Perbandingan Hasil Akhir Inferensi Perhitungan Manual dengan Perangkat Lunak	104
5.8	Tabel Perbandingan Prediction Error Metode Wang-Mendel dengan Metode Li-Xin Wang pada Setiap Kuartal	105
5.9	Tabel Perbandingan Akurasi Metode Wang-Mendel dengan Metode Li-Xin Wang pada Setiap Kuartal	106

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan pendahuluan mengenai skripsi ini; yaitu latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan metodologi.

1.1 Latar Belakang

Penyakit kardiovaskular (CVD) adalah penyebab utama kematian di seluruh dunia. Menurut Badan Kesehatan Dunia (WHO), diperkirakan 17 juta orang meninggal akibat CVD setiap tahunnya[1]. Penyakit jantung adalah kontributor terbesar dalam penyakit kardiovaskular dan tingkat kematiannya yang biasanya disebabkan oleh aterosklerosis¹. Jika penyakit jantung pada pasien dapat diketahui sejak dini, maka pasien dapat mengubah gaya hidup dan pola makan, sehingga dapat menurunkan angka kematian yang disebabkan oleh penyakit jantung. Namun, diagnosis tersebut juga harus tepat untuk menghindari pengobatan yang salah. Oleh karena itu, diagnosis yang tepat dan akurat pada pasien penyakit jantung dapat memungkinkan perawatan sejak dini.

Menurut Schiff[2], dalam diagnosis tradisional, keputusan sangat bergantung kepada penilaian dari tenaga medis profesional. Penilaian tersebut terkadang dapat menjadi subjektif. Ketika tidak adanya standar atau kesepakatan yang ditetapkan mengenai kriteria diagnosis, maka dua orang dokter dapat memberi diagnosis yang berbeda berdasarkan pengertian dan pengalaman masing-masing. Sebagai tambahan, keputusan dari dokter bisa saja dipengaruhi oleh berbagai masalah; seperti siapa pasiennya, di mana, kapan, mengapa dan bagaimana dokter membuat keputusan diagnosis.

Menurut Grusky[3], beberapa tenaga medis profesional kurang memiliki pengalaman dan pelatihan. Misalnya, tingkat *false positive*² dari *rapid tests* HIV yang cukup tinggi. Seringkali tes tersebut dilakukan oleh anggota staf yang tidak memenuhi kualifikasi. Beberapa pelatihan yang diberikan untuk staf klinis belum memenuhi standar yang ditetapkan oleh *the U.S. Center for Disease Control and Prevention* (CDC). Keletihan yang disebabkan oleh terlalu banyak pekerjaan atau *shift* malam juga dapat memberikan dampak negatif kepada kinerja dan keputusan yang dibuat oleh tenaga medis profesional. Dalam keadaan seperti itu, tenaga kerja rentan membuat kesalahan dalam memberikan diagnosis.

Karena banyaknya faktor penyebab penyakit jantung, para ahli (dokter dan tenaga medis lainnya) sulit untuk menemukan batasan tegas antara orang yang berisiko terkena penyakit jantung dan yang tidak. Maka dari itu, para ahli membutuhkan alat yang dapat mempertimbangkan faktor-faktor tersebut dan menunjukkan hasil yang akurat.

Menurut Liao[4], *expert system* adalah cabang dari ilmu *artificial intelligence* (AI) dan dikembangkan pada pertengahan tahun 1960. *Expert system* dapat diartikan sebagai program-program yang menggunakan keahlian manusia, di mana pengetahuannya disimpan dalam bentuk yang

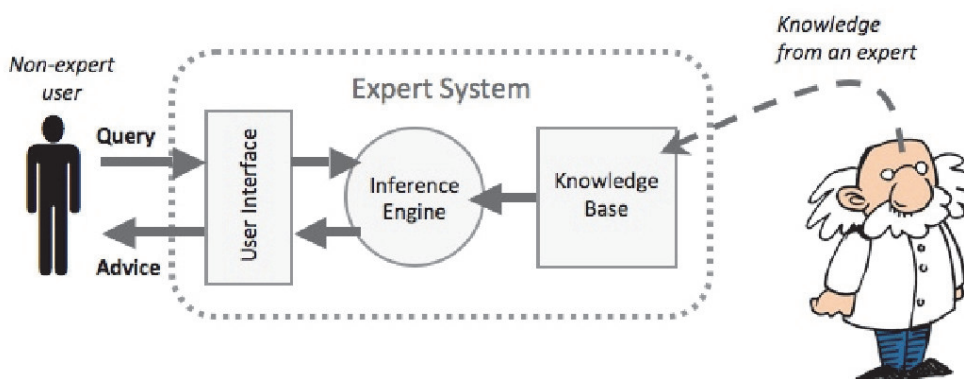
¹Aterosklerosis adalah penyempitan dan pengerasan pembuluh darah akibat penumpukan plak di dinding pembuluh darah.

²*False positive* adalah kesalahan mendiagnosis, dimana pasien dinyatakan positif suatu penyakit namun kenyataannya pasien tidak mengidap penyakit tersebut.

sudah ter-*encode*³ dan dapat dimanipulasi untuk menyelesaikan masalah. Ide utama dari *expert system* adalah “keahlian”; di mana keahlian spesifik tersebut dipindahkan dari manusia ke dalam komputer. Keahlian / pengetahuan ini disimpan di dalam komputer dan dapat digunakan untuk mendapatkan anjuran spesifik. Komputer dapat membuat inferensi hingga mendapatkan sebuah kesimpulan. Sistem ini bekerja seperti konsultan karena dapat memberikan kesimpulan / anjuran dan menjelaskan logika dibalik penjelasan itu.

Gambar 2.5 merupakan diagram sederhana dari sebuah *expert system*. Pengguna awam (*non-expert user*) berinteraksi dengan *user interface*, kemudian *input* dari pengguna diteruskan ke *inference engine*. *Inference engine* menerima *query* dari pengguna, menggunakan penalarannya dengan menerapkan *knowledge* pada *knowledge base*, dan memberikan *advice* kepada pengguna nya melalui *user interface*. Sebelum *expert system* digunakan oleh orang awam, *knowledge base* perlu dibentuk terlebih dahulu.

Knowledge base dibentuk dengan cara mengekstrak aturan-aturan *fuzzy* dari sampel-sampel. Metode Wang-Mendel (WM), yang diusulkan oleh Wang dan Mendel, dapat menghasilkan aturan *fuzzy* secara efisien dari data sampel. Metode WM ini sederhana dan tidak memerlukan pembelajaran berulang secara terus-menerus[5]. Namun apabila sampel tidak lengkap, maka *knowledge base* menjadi tidak lengkap sehingga dibutuhkan metode lain untuk menangani sampel yang tidak lengkap. Metode Li-Xin Wang[6] mengembangkan Metode WM untuk melengkapi *knowledge base* yang tidak lengkap dengan pendekatan *data mining*.



Gambar 1.1: Diagram sederhana dari sebuah *expert system*[7]

Menurut Buckley[8], logika *fuzzy* (*fuzzy logic*) adalah pendekatan komputasi menggunakan nilai kebenaran (*degree of truth*). Logika *fuzzy* berbeda dengan logika *boolean*; dimana logika *boolean* hanya memiliki 2 kemungkinan nilai kebenaran (*truth value*), yaitu 0 (*false*) atau 1 (*true*); sedangkan nilai kebenaran pada logika *fuzzy* ada di dalam rentang [0.0, 1.0]. Logika *fuzzy* bertujuan untuk menyampaikan informasi melalui bahasa manusia yang rumit. Logika *fuzzy* menggunakan variabel linguistik untuk menjelaskan ketidakpastian.

Contoh logika *fuzzy* adalah "Umur John sudah tua". Dalam contoh tersebut, “tua” adalah nilai dari variabel linguistik dari “umur”. Dalam logika *fuzzy* tersebut, sulit untuk membenarkan bahwa "John sudah tua" jika John berumur 60 tahun. Berapa pihak dapat mengatakan usia 60 adalah “tua”, sehingga mungkin saja John sudah dapat pensiun dan mendapatkan dana pensiun dari perusahaan. Namun, pihak lain juga dapat mengatakan bahwa John belum tua karena usia 60 tahun belum memenuhi syarat untuk mendapatkan *Social Security*⁴[8].

³*Encode* adalah aturan untuk mengubah suatu informasi (sebagai contoh, suatu surat, kata, atau frasa) menjadi bentuk atau representasi lain, yang tidak harus dalam bentuk yang sama.

⁴*Social Security* adalah program pemerintah Amerika untuk memberikan dana bantuan kepada masyarakat yang sudah lanjut usia. Masyarakat Amerika dapat menerima bantuan ini dari usia 62 tahun.

Fuzzy expert system adalah sebuah koleksi dari beberapa *membership function* dan *rules* (peraturan) yang digunakan untuk melakukan penalaran mengenai suatu data. Dengan kata lain, *fuzzy expert system* adalah *expert system* yang menggunakan logika *fuzzy*. Dengan menggunakan logika *fuzzy*, *expert system* dapat menangani informasi-informasi yang ambigu. Terdapat beberapa metode untuk membangun *inference engine* dalam *fuzzy expert system*; di antaranya *Mamdani Inference Method* dan *Takagi-Sugeno-Kang Inference Method*. Penggunaan *fuzzy expert system* mencakup ruang lingkup diagnosis, analisis gambar, pengenalan pola, pemantauan pasien, dan analisis data medis [9].

Untuk menangani permasalahan ini, skripsi ini mengembangkan sebuah *fuzzy expert system* untuk diagnosis penyakit jantung. *Fuzzy expert system* yang dibuat merupakan perangkat lunak berbasis *Android* untuk melakukan diagnosis penyakit jantung. *Dataset* yang digunakan untuk membangun *fuzzy expert system* diambil dari Kaggle⁵. *Dataset* ini berisi data-data pasien yang memiliki beberapa atribut atau kolom; di antaranya umur, jenis kelamin, tipe sakit dada, tekanan darah, dan tingkat kolesterol (dalam satuan *mg/dl*). Kedua buah metode pembentukan *knowledge base* (Metode Wang-Mendel dan Li-Xin Wang) diuji untuk mendapatkan metode yang terbaik dalam kasus ini. Masukan dari sistem yang akan dirancang adalah kondisi pasien (faktor risiko: apakah pasien merokok, kolesterol, tekanan darah, adanya penyakit diabetes, jenis kelamin, usia dan lain-lain). Keluaran dari sistem adalah hasil diagnosis yang berupa persentase pasien memiliki risiko penyakit jantung.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah dari skripsi ini adalah:

1. Bagaimana *fuzzy logic* dapat dimanfaatkan untuk membuat *fuzzy expert system* yang dapat digunakan untuk diagnosis penyakit jantung?
2. Bagaimana cara membangun perangkat lunak untuk membuat *fuzzy expert system* yang dapat melakukan diagnosis terhadap penyakit jantung?
3. Bagaimana kinerja *fuzzy expert system* untuk diagnosis penyakit jantung?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah disebut, tujuan dari skripsi ini adalah:

1. Mempelajari *fuzzy logic* untuk membangun *fuzzy expert system* yang dapat digunakan untuk diagnosis penyakit jantung.
2. Membangun *fuzzy expert system* yang dapat melakukan diagnosis terhadap penyakit jantung.
3. Menguji kinerja *fuzzy expert system* dalam diagnosis penyakit jantung.

1.4 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dalam skripsi ini adalah:

1. Skripsi ini tidak membuat alat yang dapat mengukur kondisi pasien secara langsung (seperti *glucometer* untuk mengukur kadar gula), namun berupa perangkat lunak dengan *input* yang dimasukkan oleh tenaga profesional.
2. Skripsi ini tidak terfokus pada *user experience* dari perangkat lunak yang dihasilkan.
3. Tidak ada wawancara yang dilakukan kepada tenaga medis profesional terkait diagnosis penyakit jantung.

⁵<https://www.kaggle.com/datasets/johnsmith88/heart-disease-dataset>

1.5 Metodologi

Metodologi yang dilakukan pada skripsi ini adalah sebagai berikut:

1. Mempelajari definisi jantung.
2. Mempelajari definisi penyakit jantung dan faktor-faktor yang dapat menimbulkan penyakit jantung.
3. Mempelajari definisi *knowledge*.
4. Mempelajari definisi *knowledge-based system*.
5. Mempelajari definisi *expert system*.
6. Mempelajari definisi himpunan *fuzzy*.
7. Mempelajari definisi variabel linguistik (*variable linguistic*).
8. Mempelajari definisi logika *fuzzy*.
9. Mempelajari definisi fungsi keanggotaan (*membership function*).
10. Mempelajari cara mempersiapkan data untuk membangun *knowledge base*.
11. Mempelajari dua *Fuzzy Inference Method*, yaitu *Mamdani Inference Method* dan *Takagi-Sugeno-Kang (TSK) Inference Method*, kemudian memilih salah satu yang cocok untuk diimplementasikan pada perangkat lunak.
12. Mempelajari proses *defuzzification* sehingga perangkat lunak dapat memberikan keluaran berupa persentase risiko penyakit jantung.
13. Mempelajari cara evaluasi hasil proses defuzifikasi sehingga perangkat lunak dapat memberikan keluaran berupa risiko penyakit jantung.
14. Mempelajari definisi pengembangan Metode Wang-Mendel dengan Algoritma Li-Xin Wang.
15. Mempelajari *fuzzy expert system*.
16. Mempelajari *dataset* dari Kaggle (<https://www.kaggle.com/datasets/johnsmith88/heart-disease-dataset>).
17. Melakukan analisis kebutuhan perangkat lunak.
18. Merancang perangkat lunak untuk menerapkan *fuzzy expert system*.
19. Membangun perangkat lunak dengan implementasi *fuzzy expert system*.
20. Melakukan pengujian kinerja pada perangkat lunak yang sudah dibangun.
21. Menulis dokumen skripsi.