



الجامعة الإسلامية
INDONESIA

Sistem Inferensi Fuzzy dari Faktor Risiko Sindrom Metabolik Untuk Prediksi Penyakit Ginjal Kronik

Muhammad Zainudin Al Amin

17917118

Tesis diajukan sebagai syarat untuk meraih gelar Magister Komputer

Konsentrasi Informatika Medis

Program Studi Informatika Program Magister

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Islam Indonesia

2021

Lembar Pengesahan Pembimbing

Sistem Inferensi Fuzzy dari Faktor Risiko Sindrom Metabolik untuk Prediksi Penyakit Ginjal Kronik



Pembimbing

Dr. Sri Kusumadewi, S.Si., M.T.

Lembar Pengesahan Penguji

Sistem Inferensi Fuzzy dari Faktor Risiko Sindrom Metabolik untuk Prediksi Penyakit Ginjal Kronik

Muhammad Zainudin Al Amin

17917118

Yogyakarta, November 2021

Tim Penguji,

Dr. Sri Kusumadewi, S.Si., M.T.

Ketua

dr. Linda Rosita, M.Kes. Sp.PK(K)

Anggota I

Izzati Muhimmah, S.T., M.Sc., Ph.D.

Anggota II

Mengetahui,

Ketua Program Studi Informatika Program Magister

Universitas Islam Indonesia



Izzati Muhimmah, S.T., M.Sc., Ph.D.

Abstrak

Sistem Inferensi Fuzzy dari Faktor Risiko Sindrom Metabolik Untuk Prediksi Penyakit Ginjal Kronik

Penderita Penyakit Ginjal Kronik(PGK) meningkat setiap tahunnya. Salah satu faktor risikonya akibat sindrom metabolik karena komponen pada sindrom metabolik merupakan penyebab PGK. Tujuan penelitian ini yaitu sistem inferensi fuzzy untuk memprediksi penyakit ginjal kronik dari faktor sindrom metabolik. Metode pada penelitian ini melalui studi pustaka dalam membangun aturan fuzzy dan pembentukan sistem inferensi fuzzy. Variabel yang digunakan yaitu indeks massa tubuh, tekanan darah, trigliserida, HDL dan gula darah puasa. Pengujian sistem dilakukan pada delapan data pasien hemodialisis. Hasil pengujian sistem tersebut mampu memberikan informasi terkait persentase tingkat risiko sindrom metabolik pada 9 pasien penyakit ginjal kronik.

Kata kunci

Penyakit Ginjal Kronik; Sindrom Metabolik; Sistem Inferensi Fuzzy

Abstract

Fuzzy Inference System of Metabolic Syndrome Risk Factors for Chronic Kidney Disease Prediction

Patients with Chronic Kidney Disease (CKD) are increasing every year. One of the risk factors is due to metabolic syndrome because components in the metabolic syndrome are the cause of risk factors for CKD. The purpose of this study is to build a fuzzy inference system to predict chronic kidney disease from metabolic syndrome as risk factors. The method in this research is through literature study in building fuzzy rules and forming a fuzzy inference system. The variables used are body mass index, blood pressure, triglycerides, HDL and fasting blood sugar. System testing was carried out on eight hemodialysis patient data. The results of the system test are able to provide information related to the percentage of metabolic syndrome risk levels in 9 patients with chronic kidney disease.

Keywords

Chronic Kidney Disease, Metabolic Syndrome, Fuzzy Inference System

Pernyataan Keaslian Tulisan

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis ini merupakan tulisan asli dari penulis, dan tidak berisi material yang telah diterbitkan sebelumnya atau tulisan dari penulis lain terkecuali referensi atas material tersebut telah disebutkan dalam tesis. Apabila ada kontribusi dari penulis lain dalam tesis ini, maka penulis lain tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam tesis ini.

Dengan ini saya juga menyatakan bahwa segala kontribusi dari pihak lain terhadap tesis ini, termasuk bantuan analisis statistik, desain survei, analisis data, prosedur teknis yang bersifat signifikan, dan segala bentuk aktivitas penelitian yang dipergunakan atau dilaporkan dalam tesis ini telah secara eksplisit disebutkan dalam tesis ini.

Segala bentuk hak cipta yang terdapat dalam material dokumen tesis ini berada dalam kepemilikan pemilik hak cipta masing-masing. Apabila dibutuhkan, penulis juga telah mendapatkan izin dari pemilik hak cipta untuk menggunakan ulang materialnya dalam tesis ini.

Yogyakarta, November 2021



Muhammad Zainudin Al Amin, S.Kom

Daftar Publikasi

Al Amin, M. Z., Kusumadewi, S., & Rosita, L. (2021). Sistem Inferensi Fuzzy dari Faktor Risiko Sindrom Metabolik Untuk Prediksi Penyakit Ginjal Kronik. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika Dan Sistem Informasi)*, 8(3), 1407–1416.
<https://doi.org/10.35957/jatisi.v8i3.1032>

Publikasi yang menjadi bagian dari tesis

Publikasi berikut menjadi bagian dari Bab 1, Bab 2, Bab 3 dan Bab 4.
(Al Amin, Kusumadewi, & Rosita)

Sitasi publikasi 1

Kontributor	Jenis Kontribusi
Muhammad Zainudin Al Amin	Mendesain eksperimen (30%) Menulis <i>paper</i> (80%)
Sri Kusumadewi	Mendesain eksperimen (70%) Menulis dan mengedit <i>paper</i> (20%)
Linda Rosita	Melakukan analisis statistik dari data di tabel 4.1 dan tabel 4.2 Pembimbing materi

Halaman Kontribusi

Pasien ginjal kronik dengan gejala sindrom metabolik yang melakukan pemeriksaan di Rumah Sakit Islam Yogyakarta PDHI.



Halaman Persembahan

Rasa syukur yang mendalam penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis masih diberikan kesempatan untuk menyelesaikan studi di Program Studi Informatika Program Magister. Sebagai bentuk ucapan terima kasih kepada mereka yang telah mendukung penulis baik secara materi maupun non-materi dalam menyelesaikan studi di Program Studi Informatika Program Magister, penulis juga mempersembahkan thesis ini kepada:

1. Bapak Haryono dan Ibu Muslikah
2. Adik Zulfatunaimah
3. Istri Etry Novica Kurniasari
4. Dr. Sri Kusuma Dewi, S.Si., M.T.
5. dr. Linda Rosita, M.Kes., Sp.PK (K).
6. Izzati Muhimmah, S.T., M.Sc., Ph.D.
7. Tim Redaksi JKKI

Kata Pengantar

Penulis menyadari bahwa selama proses pengerjaan penelitian ini tidak lepas dari bimbingan, dorongan, dan bantuan baik materi maupun non-materi dari berbagai pihak, sehingga semua dapat terlaksana dan selesai dengan baik. Oleh karena itu, perkenankan penulis menghaturkan ucapan terimakasih kepada:

1. Rektor Universitas Islam Indonesia Prof. Fathul Wahid, ST., M.Sc., Ph.D.
2. Ketua Program Magister Teknik Informatika Universitas Islam Indonesia Izzati Muhimmah, ST., M.Sc., Ph.D.
3. Ibu Dr. Sri. Kusumadewi, S.Si, MT. selaku dosen pembimbing pertama penulis.
4. Ibu dr. Linda Rosita, M.Kes., Sp.PK(K) selaku dosen pembimbing kedua penulis.
5. Direktur Rumah Sakit Islam Yogyakarta PDHI yang mengizinkan penulis untuk melakukan penelitian di rumah sakit yang dipimpin oleh dr. H. Bima Ahmad Bina Nurutama beserta staf bagian SDM dan rekam medis yang membantu memberikan data penelitian.
6. Segenap dosen dan Staf Program Studi Informatika Program Magister Universitas Islam Indonesia.
7. Keluarga tercinta khususnya orang tua, adik, istri dan keluarga besar ayah dan ibu yang tiada henti mendoakan penulis dalam penyelesaian tugas akhir.
8. Segenap pimpinan, dosen dan staf Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia khususnya tim redaksi Jurnal Kedokteran dan Kesehatan Indonesia yang tak henti-hentinya memberikan bantuan dan motivasi dalam menyelesaikan studi.
9. Rekan-rekan seperjuangan mahasiswa Magister Informatika khususnya konsentrasi Informatika Medis Universitas Islam Indonesia.

Penulis menyadari bahwa dalam pelaporan penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan. Maka dari itu, penulis menerima setiap arahan dan komentar serta kritikan yang membangun untuk menyempurnakan penelitian ini. Akhir kalam penulis mengucapkan terima kasih, semoga dengan dibuatnya laporan penelitian ini dapat memberikan inspirasi maupun manfaat bagi pembaca, khususnya bagi mahasiswa/mahasiswi Universitas Islam Indonesia.

Daftar Isi

Lembar Pengesahan Pembimbing	i
Lembar Pengesahan Penguji.....	ii
Abstrak	iii
Abstract.....	iv
Pernyataan Keaslian Tulisan	v
Daftar Publikasi	vi
Halaman Kontribusi.....	vii
Halaman Persembahan	viii
Kata Pengantar.....	ix
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel.....	xii
Daftar Gambar	xiii
Glosarium	xiv
BAB 1 Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 Tinjauan Pustaka	4
2.1 Penelitian Terdahulu	4
2.2 Sindrom Metabolik	6
2.3 Gangguan pada ginjal	8
2.4 Sistem Inferensi Fuzzy.....	10
2.4.1 Struktur Dasar Sistem Inferensi Fuzzy	10

2.4.2	Himpunan Fuzzy	12
2.4.3	Operasi pada Himpunan Fuzzy.....	13
2.4.4	Fungsi Keanggotaan	13
2.4.5	Metode Tsukamoto	17
2.4.6	Metode Mamdani.....	18
2.4.7	Metode Sugeno	20
2.5	Regresi	21
2.5.1	Pengertian Regresi	21
2.5.2	Model Regresi Linier Sederhana	21
2.5.3	Analisis Regresi Linear Berganda	23
2.5.4	Hubungan Linier Antara Dua Variabel	23
2.5.5	Regresi Dalam Variabel Terikat Data Kualitatif	24
BAB 3 Metodologi		25
3.1	Pengumpulan Data	25
3.2	Gambaran Umum Sistem	25
3.3	Pemodelan Sistem Pendukung Keputusan.....	26
BAB 4 Hasil dan Pembahasan.....		31
4.1	Pengujian Sistem Fuzzy	31
4.2	Implementasi Tampilan Sistem	35
4.3	Pembahasan Kinerja Sistem.....	37
BAB 5 Kesimpulan dan Saran.....		40
Daftar Pustaka		41

Daftar Tabel

Tabel 2.1 Literature Review penelitian terdahulu sistem pakar diagnosis penyakit ginjal ...	4
Tabel 2.2 Literature Review penelitian terdahulu fuzzy tsukamoto.....	5
Tabel 3.1 Variabel dan himpunan fuzzy untuk mengukur sindrom metabolik.	26
Tabel 3.2 Aturan keputusan diagnosis sindrom metabolik pada penyandang PGK.....	27
Tabel 4.1 Data pasien dengan Penyakit Ginjal Kronik	31
Tabel 4.2 Hasil diagnosis sindrom metabolik pada pasien PGK pada sistem fuzzy	34
Tabel 4.3 Hasil diagnosis sindrom metabolik pasien PGK berdasarkan NCEP ATP III	34
Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan pasien	35
Tabel 4.5 Model <i>Confussion Matrix</i>	37



Daftar Gambar

Gambar 1.1 Prevalensi Penyakit Ginjal Kronis (Permil) (Kemenkes RI, 2018).....	2
Gambar 2.1 Derajat dan Progresivitas Penyakit Ginjal Kronis (Depkes RI, 2017)	9
Gambar 2.2 Persentase kejadian penyakit ginjal kronik (Ayu et al., 2011)	10
Gambar 2.3 Struktur dasar sistem inferensi fuzzy.....	11
Gambar 2.4 Representasi linear naik	14
Gambar 2.5 Representasi linear turun	14
Gambar 2.6 Representasi kurva segitiga	15
Gambar 2.7 Representasi kurva trapesium.....	15
Gambar 2.8 Himpunan fuzzy dengan kurva-S: Pertumbuhan.....	16
Gambar 2.9 Himpunan fuzzy dengan kurva-S: Penyusutan.....	17
Gambar 2.10. Inferensi dengan menggunakan Metode Tsukamoto.....	18
Gambar 3.1 Use Case diagram sistem	25
Gambar 3.2 Kurva variabel himpunan fuzzy variabel kadar output tingkat risiko	30
Gambar 4.1 Halaman input data gejala pasien	36
Gambar 4.2 Halaman hasil diagnosis pasien.....	36
Gambar 4.3 Halaman hasil diagnosis 9 pasien PGK.....	37

Glosarium

IMT	- Indeks Massa Tubuh
HDL	- High Density Lipoprotein
GDP	- Gula Darah Puasa
WHO	- World Health Organization
NCEP ATP	- National Cholesterol Education Program Adult Treatment Panel
PGK	- Penyakit Ginjal Kronik



BAB 1

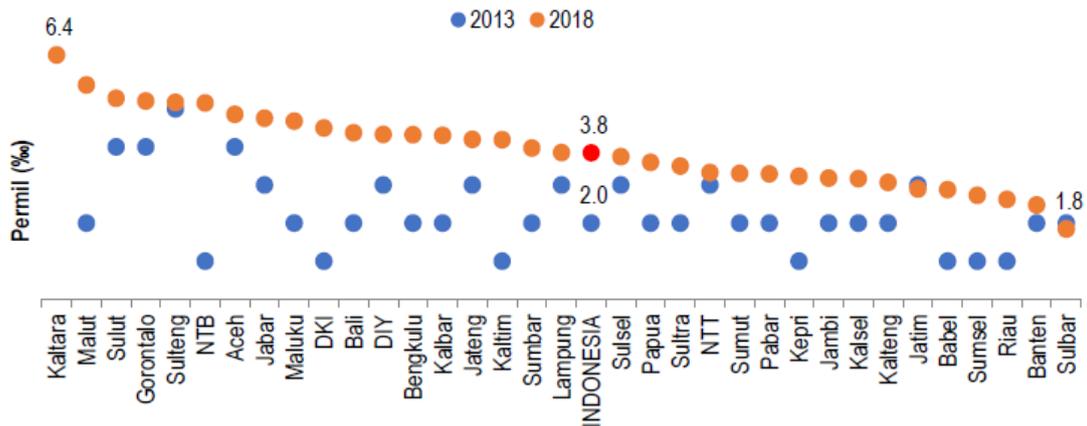
Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Evolusi perkembangan teknologi membawa dampak yang besar untuk membantu pekerjaan dan memudahkan manusia dalam menjalankan aktivitas sehari-hari. Dampak dari perkembangan teknologi tentunya disamping pengaruh positif yang sangat besar juga dapat memberikan dampak negatif apabila teknologi tidak dimanfaatkan secara benar. Kontrol dalam penggunaan teknologi demi kemaslahatan manusia sangat diperlukan untuk mengoptimalkan dampak positif dari perkembangan teknologi (Ngafifi, 2014).

Inovasi teknologi di abad ke-21 sangat mendukung dan berkembang cukup pesat terutama dalam bidang kedokteran dan pelayanan kesehatan. Kemajuan terbaru dalam teknologi kesehatan telah menyediakan berbagai macam diagnostik, terapi, dan alat instrument rehabilitas. Teknologi kesehatan tersebut secara rutin digunakan dalam penyembuhan penyakit bahkan untuk penyakit tertentu. Rumah sakit modern telah berkembang sebagai penyedia fasilitas perawatan kesehatan yang memiliki teknologi canggih dan tentunya dilayani oleh professional yang memiliki keahlian khusus. Berbagai macam aplikasi terutama untuk membantu dalam diagnosis awal penyakit tertentu juga telah banyak bermunculan sebagai bentuk inovasi teknologi terbaru (Hamson, Supartha, Sugiyarto, & Fitri, 2021).

Peran media elektronik sangat membantu dalam memberikan informasi terbaru yang berkaitan dengan tren penyakit yang bermunculan di era perkembangan teknologi. Salah satu contohnya yaitu informasi terkait prevalensi penderita gangguan ginjal semakin meningkat dari tahun ke tahun. Kompas.com menyajikan berita terkait data penderita penyakit ginjal pada tahun 2020 meningkat dua kali lipat dibanding tahun 2013. Penderita penyakit ginjal kronik diperkirakan sekitar 10% dari penduduk dunia (Pranita, 2020). Prevalensi penderita penyakit ginjal kronis berdasarkan Riskedas 2018 di Indonesia sebanyak 3,8 permil meningkat hampir 2 kali lipat dari tahun 2013 yang sebanyak 2 permil penderita (Kemenkes RI, 2018). Padmawati dkk menyebutkan bahwa terdapat 717 pasien baru yang sedang menjalani hemodialisis pada tahun 2015 di Yogyakarta (Padmawati, Subronto, & Zega, 2018).



Gambar 1.1 Prevalensi Penyakit Ginjal Kronis (Permil) berdasarkan diagnosis dokter pada penduduk umur ≥ 15 tahun menurut provinsi di Indonesia 2013-2018 (Kemenkes RI, 2018).

Tingkat prevalensi penyakit ginjal kronis yang terdapat di Indonesia mendorong penulis untuk melakukan penelitian diagnosis penyakit ginjal.

Terdapat penelitian yang memanfaatkan sistem pakar dalam melakukan diagnosis penyakit ginjal kronis dengan gejala tertentu. Salah satunya yaitu (Wahyuti, Permana, & Salisah, 2018) yang melakukan penelitian untuk mendiagnosis awal penyakit ginjal pada manusia dengan merancang aplikasi sistem pakar berbasis android yang menggunakan metode *forward chaining*. Metode selain *forward chaining* juga dapat diterapkan dalam mendiagnosis suatu penyakit salah satunya metode Fuzzy Tsukamoto. Metode fuzzy tsukamoto mampu menghasilkan tingkat validitas sebesar 96% ketika digunakan untuk mendiagnosis Diabetes Melitus. Parameter yang digunakan untuk mendiagnosis diabetes mellitus tersebut yaitu Gula Darah Puasa (GDP), Gula Darah (GD), Gula Darah Setelah Makan (GDPS), Hemoglobin A1c HbA1c, dan diagnosis dokter untuk memperkuat asumsi untuk penegakan diagnosis akhir (Resta & Tolang, 2019). Berdasarkan penelitian terdahulu, terdapat kemungkinan sistem fuzzy untuk digunakan dalam memprediksi penyakit ginjal kronik dengan faktor risiko sindrom metabolik.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang sebelumnya, rumusan masalah pada penelitian ini yaitu bagaimana model inferensi fuzzy untuk memprediksi penyakit ginjal kronik dengan faktor risiko sindrom metabolik yang salah satunya adalah gula darah puasa.

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan penulisan penelitian ini tidak meluas, maka perlu adanya batasan sebagai berikut faktor risiko sindrom metabolik meliputi indeks massa tubuh, tekanan darah, kadar gula darah puasa, kadar trigliserida, kadar HDL dan kadar kolesterol tubuh.

1.4 Tujuan Penelitian

Sesuai dengan rumusan masalah ini pada penelitian ini, tujuan penelitian ini yaitu; membangun sistem pakar untuk membantu memprediksi penyakit ginjal kronik dengan faktor risiko sindrom metabolik.

1.5 Manfaat Penelitian

Berdasarkan hasil yang didapatkan pada penelitian ini, harapannya dapat membantu untuk mengetahui secara dini tingkat risiko sindrom metabolik pada orang yang berpotensi memiliki gangguan pada ginjalnya.

1.6 Sistematika Penulisan

Penulisan laporan tesis disusun dalam beberapa bab dan masing – masing bab terdiri dari sub bab dengan serangkaian pembahasan di dalamnya. Sistematika penulisan tesis ini susunannya sebagai berikut:

BAB 1 Pendahuluan

Bab ini menjelaskan latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB 2 Tinjauan Pustaka

Bab ini menjelaskan mengenai dasar teori yang digunakan dengan tambahan *literature review* dari penelitian sebelumnya untuk mendukung penerapan penelitian.

BAB 3 Metodologi Penelitian

Bab ini membahas gambaran umum sistem dan langkah-langkah dalam pelaksanaan penelitian yang terdiri dari perencanaan, akuisisi pengetahuan, implementasi dan evaluasi.

BAB 4 Implementasi Dan Pengujian

Bab ini membahas mengenai hasil dari penerapan sistem pakar yang diteliti. Bagian ini juga membahas mengenai pengujian sistem baik dari segi desain maupun pengaruh sistem ketika diterapkan.

BAB 5 Kesimpulan dan Saran

Bab ini membahas tentang kesimpulan yang merupakan rangkuman dari hasil penelitian yang dilakukan, dan juga berisi saran-saran terhadap penelitian selanjutnya.

BAB 2

Tinjauan Pustaka

2.1 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan penyakit ginjal kronik sudah banyak dilakukan dengan fokus pembahasan yang berbeda baik dari segi kesehatan maupun teknologi. Penulis akan menampilkan serangkaian penelitian terdahulu yang fokus membahas penyakit ginjal kronik dan sindrom metabolik serta beberapa metode yang dipakai dalam mendiagnosis penyakit tersebut pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2.

Tabel 2.1 Tabel Literature Review penelitian terdahulu tentang sistem pakar untuk diagnosis penyakit ginjal

No.	Metode yang dipakai	Fokus penyakit ginjal	Jumlah gejala	Kesimpulan akhir	Pusta
1	Forward chaining	Diabetes, Ginjal kronis, Sindrom nefrotik, Infeksi saluran kemih, Obstruksi saluran kemih, Pielonefritis / infeksi ginjal, Sistitis, Nefropati diabetik	49	<ul style="list-style-type: none"> - Menjelaskan keberhasilan sistem pada berbagai device (berbasis android) - Sistem belum teruji sehingga tidak diketahui nilai akurasi 	(Wahyuti et al., 2018)
2	Certainty factor	Asidosis tubulus renalis	5	<ul style="list-style-type: none"> - Keluaran berupa nilai kepercayaan dari hasil diagnosis - Sistem belum teruji sehingga tidak diketahui nilai akurasi 	(Rahmi Ras et al., 2017)

3	Teorema bayes	Penyakit batu ginjal	9	<ul style="list-style-type: none"> - Proses diagnosis cukup cepat - Sistem belum teruji sehingga tidak diketahui nilai akurasi 	(Russari, 2016)
4	Forward chaining	Penyakit ginjal (tidak spesifik)	Tidak ada keterangan gejala apa saja yang menjadi <i>input</i> sistem	<ul style="list-style-type: none"> - Memberikan informasi penyakit-penyakit pada ginjal melalui diagnosis gejala-gejala yang dirasakan oleh penderita - Fokus penelitian pada pengembangan Web - Tidak dijelaskan tingkat keakuratan sistem untuk diagnosis penyakit ginjal 	(Muslim et al., 2017)

Tabel 2.2 Tabel Literature Review penelitian terdahulu tentang sistem pakar yang menggunakan fuzzy tsukamoto

No.	Judul penelitian	Masalah	Banyak rule yang dipakai	Kesimpulan akhir	Peneliti, tahun
1	Sistem Penunjang Keputusan Untuk Menentukan Status Gizi Balita Menggunakan	Masalah gizi dalam perkembangan dan pertumbuhan anak, sehingga	45 rule	Status gizi balita normal, gizi lebih atau obesitas dengan	(Wulandari & Prasetyo, 2018)

	Metode Fuzzy Tsukamoto	diperlukan sistem untuk menilai status gizi		akurasi 82,35 %, tidak dijelaskan jumlah data yang diujikan	
2	Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto pada Sistem Pakar untuk Mendiagnosis Autism Pada Anak	Kurangnya Pengetahuan orang tua dan penanganan dini autism pada anak	8 rule	Persentase tingkat gejala autism yang dialami oleh anak dengan akurasi 93,33 % pada pengujian data 15 responden	(Kurniati et al., 2019)
3	Sistem Pakar Diagnosis Penyakit Kejiwaan Skizofrenia Menggunakan Metode Tsukamoto	Kesulitan dalam menentukan tipe skizofrenia yang diderita	Tidak dijelaskan secara rinci	Menampilkan hasil diagnose tipe penyakit kejiwaan dengan akurasi 100% pada pengujian 15 kasus yang diuji oleh dokter	(Parwita et al., 2016)

2.2 Sindrom Metabolik

Sindrom metabolik merupakan serangkaian penyakit metabolik pada tubuh dengan ciri-ciri seperti tekanan darah dan glukosa yang tinggi, penumpukan lemak pada sekitar pinggang disertai kadar kolesterol dan trigliserida yang berlebih. Peningkatan risiko penyakit kardiovaskuler dan diabetes juga bisa diakibatkan dari sindrom metabolik. Gerald

reaven yang merupakan seorang ilmuwan menemukan terdapat hubungan antara resistensi insulin yang menyebabkan meningkatnya risiko penyakit kardiovaskular, diabetes mellitus tipe 2 dan stroke yang pada saat itu dikenal dengan Sindrom X atau sekarang dikenal sindrom metabolik (Kusumadewi et al., 2020).

Alberti dan Zimmet atas nama WHO menerangkan definisi sindrom metabolik dengan komponen-komponennya antara lain :

1. Gangguan pengaturan glukosa atau diabetes
2. Resistensi insulin
3. Hipertensi
4. Dislipidemia dengan trigliserida plasma >150 mg/dL dan/atau kolesterol high density lipoprotein (HDL-C) $0,90$; wanita: waist-to-hip ratio $>0,8$
5. Indeks massa tubuh (IMT) >30 kg/m²;
6. Mikroalbuminuria (Urea Albumin Excretion Rate >20 mg/min atau rasio albumin/kreatinin >30 mg/g).

Sindrom metabolik dapat terjadi apabila salah satu dari 2 kriteria pertama dan 2 dari 4 kriteria terakhir terdapat pada individu tersebut, jadi kriteria WHO 1999 menekankan pada adanya toleransi glukosa terganggu atau diabetes mellitus, dan atau resistensi insulin yang disertai sedikitnya 2 faktor risiko lainnya itu hipertensi, dislipidemia, obesitas sentral dan mikroalbuminaria (Rini, 2015).

Kriteria yang sering digunakan untuk menilai pasien sindrom metabolik juga adalah dengan NCEP-ATP III, yaitu apabila seseorang memenuhi 3 dari 5 kriteria yang disepakati untuk orang asia, antara lain (Rini, 2015):

1. Lingkar perut pria ≥ 90 cm atau wanita ≥ 80 cm.
2. Hipertrigliseridemia (kadar serum trigliserida ≥ 150 mg/dL).
3. Kadar HDL-C ≤ 40 mg/dL untuk pria atau ≤ 50 mg/dL untuk wanita.
4. Kadar glukosa darah puasa ≥ 110 mg/dL.
5. Tekanan darah $\geq 130/85$ mmHg.

Suatu kepastian fenomena klinis yang terjadi yaitu obesitas central menjadi indikator utama terjadinya sindrom metabolik sebagai dasar pertimbangan dikeluarkannya diagnosis terbaru oleh IDF tahun 2005 (Rini, 2015).

Berbeda dengan ATP III, WHO (1998) memiliki kriteria dalam menentukan seseorang menderita sindrom metabolik. Salah satunya yaitu toleransi glukosa terganggu, glukosa darah puasa terganggu, diabetes mellitus tipe 2 atau sensitivitas insulin menurun. Kriteria

tersebut masih ditambah minimal 2 dari beberapa kriteria untuk menentukan seseorang menderita sindrom metabolik. Kriteria yang dimaksud adalah:

1. Berat badan berlebih yang ditandai rasio panggul pada pria >0.9 atau jika wanita >0.85 dan/atau $IMT >30\text{kg/m}^2$
2. Trigliserida ≥ 150 mg/dL dan/atau HDL-C <35 mg/dL pada pria atau <39 mg/dL pada wanita
3. Tekanan darah $\geq 140/90$ mmHg
4. Mikroalbuminuria

Selain dari WHO dan IDF, terdapat beberapa kriteria orang didiagnosis sindrom metabolik, seperti menurut ACE dan IDF dengan variabel pada masing-masing kriteria yang berbeda (Kusumadewi et al., 2020). Beberapa kriteria yang menjadi dasar penilaian untuk mendiagnosis sindrom metabolik terdapat kaitannya erat dengan faktor risiko dari penderitanya sendiri.

Terdapat beberapa faktor risiko seseorang bisa menderita sindrom metabolik, faktor risiko tersebut dikategorikan dalam 3 jenis. Pertama yaitu *underlying risk factor* yang meliputi obesitas, kegiatan fisik yang sangat kurang, dan diet tinggi lemak jenuh. Jenis faktor kedua yaitu *major risk factor* yang meliputi kegiatan merokok, hipertensi, kolesterol LDL yang tinggi, keluarga yang memiliki riwayat jantung koroner, dan proses penuaan. Jenis faktor yang terakhir yaitu *emerging risk factor* yang terdiri dari peningkatan kadar trigliserida dalam tubuh, resistensi tubuh terhadap insulin, kondisi pro-inflamasi dan kondisi pro-trombotik (Kusumadewi et al., 2020).

2.3 Gangguan pada ginjal

Fungsi ginjal yang menurun secara progresif yang terjadi selama beberapa bulan atau tahun merupakan tanda terjadinya gangguan pada ginjal. Penurunan fungsi ginjal tersebut ditandai dengan menurunnya *Glomerular Filtration Rate* (GFR) atau kadar filtrasi glomerulus yang lebih kecil dari $60\text{mL}/\text{min}/1,73\text{ m}^2$ selama 3 bulan. Penurunan fungsi ginjal tersebut juga mengakibatkan terdapat kelainan pada darah, urin atau studi pencitraan yang menunjukkan kerusakan pada organ ginjal. Gangguan ginjal atau biasa disebut penyakit ginjal kronis sangat berdampak pada kesehatan tubuh (Depkes RI, 2017).

Gangguan ginjal kronis terdapat derajat dan risiko progresivitas yang memiliki klasifikasi tertentu. Gangguan ginjal yang baru muncul pada derajat awal, tidak akan menunjukkan gejala yang signifikan pada penderita. Kadar urea dan kreatinin sudah meningkat ketika laju filtrasi glomerulus sebesar 60% pada derajat awal tersebut. Simtom

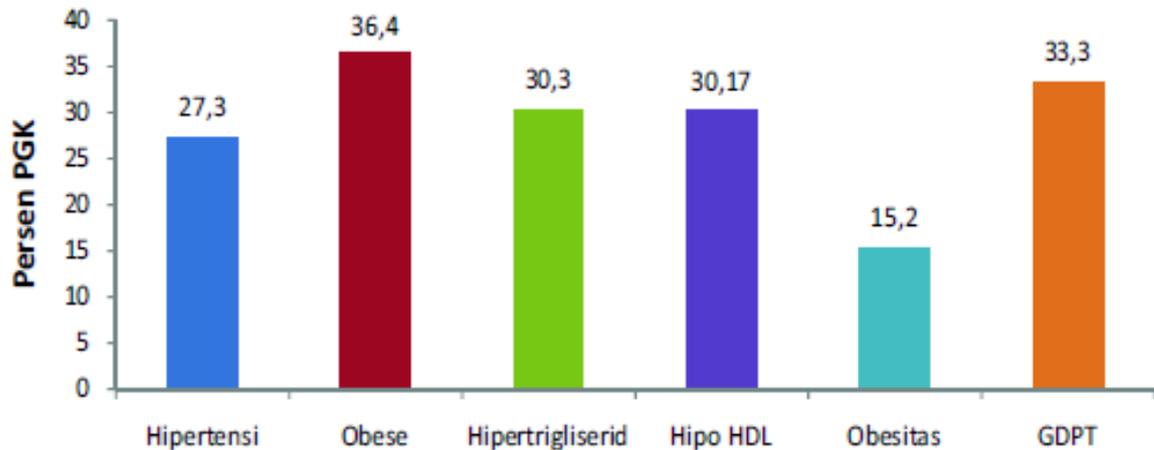
atau gejala kelihatan lebih jelas ketika laju filtrasi glomerulus menurun 30% dengan ditandai badan lemas, berkurangnya nafsu makan, massa tubuh menurun dan mual. Uremia akan dirasakan oleh pasien apabila laju filtrasi glomerulus di bawah 30%(Depkes RI, 2017).

				Persistent albuminuria categories description and range		
				A1	A2	A3
				Normal to mildly increased	Moderately increased	Severely increased
				<30 mg/g <3 mg/mmol	30 - 300 mg/g 3 - 30 mg/mmol	>300 mg/g >30 mg/mmol
GFR categories (mL/min/1.73 m ²) description and range	G1	Normal or high	?90	1 if CKD	1	2
	G2	Mildly decreased	60-89	1 if CKD	1	2
	G3a	Mildly to moderately decreased	45-59	1	2	3
	G3b	Moderately to severely decreased	30-44	2	3	3
	G4	Severely decreased	15-29	3	3	4+
	G5	Kidney failure	<15	4+	4+	4+

Gambar 2.1 Derajat dan Progresivitas Penyakit Ginjal Kronis (Depkes RI, 2017)

Keterangan: GFR dan albuminuria menggambarkan risiko progresivitas sesuai warna (hijau, kuning, oranye, merah, merah tua). Angka di dalam kotak menunjukkan frekuensi monitoring/tahun yang dianjurkan

Beberapa penyebab dari penyakit ginjal kronik di antaranya diabetes mellitus, hipertensi, glomerulonefritis kronis, nefritis interstisial kronis, penyakit ginjal polistik, obstruksi, infeksi saluran kemih, obesitas dan ada yang tidak diketahui penyebabnya (Depkes RI, 2017). Merujuk pada penelitian sebelumnya, tingkat resiko gangguan ginjal dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah: kadar gula darah, kadar tekanan darah, kadar kolesterol, riwayat keluarga, dan pola hidup. Beberapa faktor tersebut di antaranya merupakan komponen sindrom metabolik di dalam tubuh (Ikawati et al., 2018). Penelitian dari (Ayu et al., 2011) juga menjelaskan bahwa terdapat hubungan antara sindrom metabolik dengan prevalensi penyakit ginjal kronik yang menggunakan metode *bivariate analysis*.



Gambar 2.2 Persentase kejadian penyakit ginjal kronik terhadap komponen-komponen sindrom metabolik dan obese (Ayu et al., 2011)

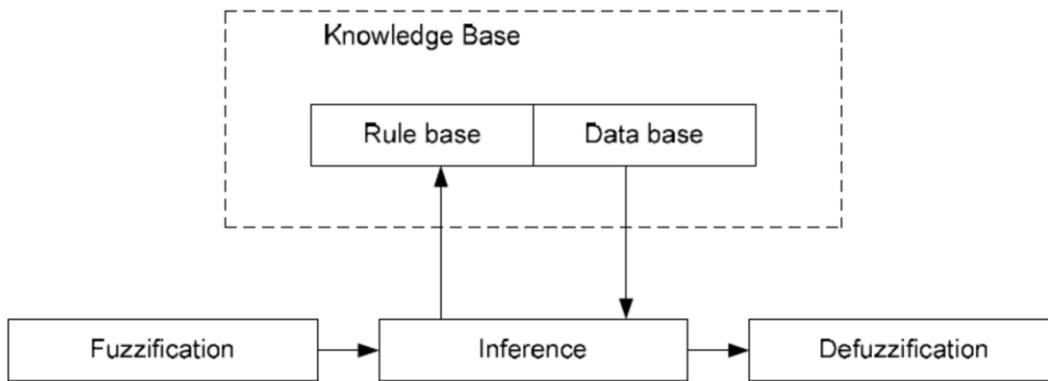
2.4 Sistem inferensi fuzzy

Sistem inferensi fuzzy merupakan cabang pengetahuan dari sistem pakar. Konsep yang terdapat pada sistem pakar dalam penyelesaian masalah meniru layaknya seorang ahli. Pengetahuan ahli untuk memberikan solusi pada masalah tersebut menjadi dasar yang dimasukkan ke komputer yang biasa disebut black box atau kotak hitam (Kusumadewi, 2003).

Sistem inferensi fuzzy memberikan model keputusan dalam bentuk himpunan fuzzy dengan penalaran khusus. Himpunan fuzzy merupakan suatu himpunan dengan anggota yang bisa dibidang bias karena batasannya tidak jelas (Nasution, 2012). Terdapat tiga macam metode pada sistem inferensi fuzzy yaitu metode Madani, Tsukamoto dan Sugeno (Susanto, 2016).

2.4.1 Struktur dasar sistem inferensi fuzzy

Didalam struktur dasar sistem logika fuzzy terdapat empat komponen atau bagian utama yang sangat penting. Komponen itu adalah Fuzzification, Knowledge Base, Inference dan Defuzzification. Struktur dasar logika fuzzy dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut:



Gambar 2.3 Struktur dasar sistem inferensi fuzzy

1. Knowledge Base

Knowledge base mempunyai fungsi penting dalam pengendalian dengan logika fuzzy karena semua proses fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi bekerja berdasarkan pengetahuan yang ada pada knowledge base. Knowledge base dibagi dua yaitu data base dan rule base. Data Base berisi definisi-definisi penting mengenai parameter fuzzy seperti himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaannya yang telah didefinisikan untuk setiap variabel linguistik yang ada.

2. Fuzzification

Fuzzification merupakan suatu proses mengubah variabel non fuzzy menjadi variabel fuzzy. Antecedent dari aturan fuzzy merupakan “ruang input” sedangkan consequents merupakan “ruang output”. Ruang input merupakan kombinasi dari masukan himpunan fuzzy sedangkan ruang output merupakan kombinasi himpunan output. Proses fuzzifikasi dihasilkan dengan penerapan fungsi keanggotaan yang berhubungan dengan masing-masing himpunan fuzzy dalam aturan ruang masukan. Sebagai contoh misalnya, Himpunan fuzzy adalah A dan B. (asumsi fungsi keanggotaan sudah sesuai). X merupakan himpunan semesta dari himpunan fuzzy. Proses fuzzification menerima elemen-elemen $a, b \in X$, dan menghasilkan derajat keanggotaan $\mu_A(a)$, $\mu_A(b)$, $\mu_B(a)$ dan $\mu_B(b)$.

3. Inference

Inference adalah proses transformasi dari suatu input dalam domain fuzzy ke suatu output (sinyal kendali) dalam domain fuzzy. Proses transformasi pada bagian inferensi membutuhkan aturan-aturan fuzzy yang terdapat didalam basis-basis aturan. Blok inference menggunakan teknik penalaran untuk menyeleksi basis-basis aturan dan rule dari blok knowledge base.

4. Defuzzification

Defuzzification merupakan proses mengubah data-data fuzzy menjadi data numerik atau angka. Metode yang bisa digunakan dalam proses defuzzification adalah Max-Min method, Averaging method, Root Sum Square method dan Clipped center Of Gravity method (COG). (Engelbrecht, 2007)

2.4.2 Himpunan fuzzy

Pemodelan pengambilan keputusan pada fuzzy mengambil konsep himpunan yang sifatnya tidak jelas sehingga dinamakan himpunan fuzzy. Berbeda jika himpunan tersebut sudah terdefinisi secara jelas yang mudah dibedakan dalam bentuk angka atau disebut sebagai himpunan crisp. Sebagai contoh untuk himpunan crisp ini seperti suhu udara dengan temperatur 26° C, tinggi badan 156 cm, dan sebagainya. Himpunan fuzzy dicontohkan dengan ukuran suhu berdasarkan dingin, sedang atau panas; ukuran umur manusia muda, setengah baya atau tua dan yang lainnya yang mana tidak ada batas secara tegas di antara ukuran-ukuran tersebut (Susilo, 2006).

Sebagai solusi untuk masalah ketidaktegasan batas dari himpunan fuzzy tersebut, Lotfi Asker Zadeh membuat suatu fungsi dengan memberikan derajat keanggotaan pada himpunan fuzzy tersebut sebagai syarat keanggotaannya. Fungsi ini disebut fungsi keanggotaan dan nilai fungsi itu disebut derajat keanggotaan suatu unsur dalam himpunan itu yang selanjutnya disebut himpunan kabur. Himpunan fuzzy adalah rentang nilai-nilai, masing-masing nilai mempunyai derajat keanggotaan antara 0 hingga 1. Suatu himpunan fuzzy \hat{A} dalam semesta pembicaraan X dinyatakan dengan fungsi keanggotaan μ dalam interval $[0,1]$, dapat dinyatakan dengan :

$$\mu_{\hat{A}} : X \rightarrow [0,1]$$

Sistem fuzzy terdapat beberapa istilah yang sering dipakai untuk menyajikan data dalam proses penggunaannya, seperti:

- a. Variabel fuzzy yaitu merupakan sekumpulan data yang dapat berubah pada sistem fuzzy. Contohnya seperti jarak, waktu, ukuran badan dan sebagainya.
- b. Himpunan fuzzy yaitu merupakan kelompok yang dapat mewakili kondisi tertentu pada variabel fuzzy. Himpunan fuzzy juga terdapat atribut dalam penggunaannya, seperti linguistik, numerik dan semesta pembicaraan. Contoh dari linguistik adalah pendek, tinggi, sedang. Numerik sering kali dicontohkan dengan nilai berupa angka, baik bilangan bulat maupun desimal. Semesta pembicaraan merupakan keseluruhan nilai yang masih ditoleransi untuk dipakai pada variabel fuzzy. Nilai semesta pembicaraan dapat berupa

bilangan positif maupun negatif, contohnya semesta pembicaraan variabel berat badan : $[0, 200]$.

- c. Domain yaitu semua nilai yang diperbolehkan di dalam semesta pembicaraan serta bisa dioperasikan pada himpunan fuzzy. Contohnya bobot ringan $[0, 40]$ artinya seseorang dikatakan memiliki bobot ringan ketika massa tubuhnya 0-40 kg, bobot sedang $[30-60]$ artinya seseorang dikatakan bobot sedang ketika memiliki masa tubuh dari 30 hingga 60kg dan seterusnya.

2.4.3 Operasi pada himpunan fuzzy

Ada beberapa operasi yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasikan dan memodifikasi himpunan fuzzy. Nilai keanggotaan sebagai hasil dari operasi 2 himpunan sering dikenal dengan nama fire strength α -*predikat*. Ada 3 operator dasar yang diciptakan oleh Zadeh, yaitu : AND, OR dan NOT (Mujab, 2018).

- a. Operator AND (DAN) Operator ini berhubungan dengan operasi interseksi pada himpunan α - *predikat* sebagai hasil operasi dengan operator AND diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terkecil antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. $\mu_{A \cap B} = \min(\mu_A(x), \mu_B(y))$
- b. Operator OR (ATAU) Operator ini berhubungan dengan operasi union pada himpunan α - *predikat* sebagai hasil operasi dengan operator OR diperoleh dengan mengambil nilai keanggotaan terbesar antar elemen pada himpunan-himpunan yang bersangkutan. $\mu_{A \cup B} = \max(\mu_A(x), \mu_B(y))$
- c. Operator NOT (KOMPLEMEN) Operator ini berhubungan dengan operasi komplement pada himpunan α - *predikat* sebagai hasil operasi dengan operator NOT diperoleh dengan mengurangi nilai keanggotaan elemen pada himpunan yang bersangkutan dari 1. $\mu_{\bar{A}} = 1 - \mu_A(x)$.

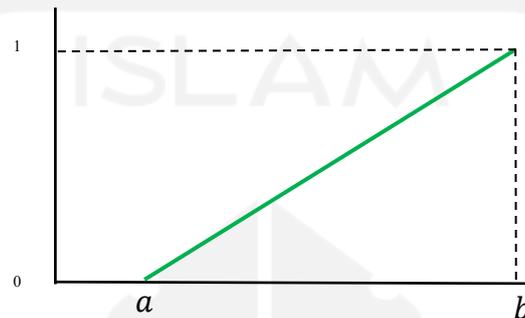
2.4.4 Fungsi keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (sering juga disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan (Mujab, 2018):

a. Representasi Linear pada pemetaan input ke derajat keanggotaannya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Ada 2 keadaan himpunan fuzzy yang linear, yaitu :

- Kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol (0) bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.

Derajat Keanggotaan
 $\mu[x]$



Gambar 2.4 Representasi linear naik

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 1 & x \geq b \end{cases}$$

Keterangan : x = Nilai keanggotaan yang dibahas

a = Nilai anggota terendah

b = Nilai anggota tertinggi

- Garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah.

Derajat Keanggotaan
 $\mu[x]$



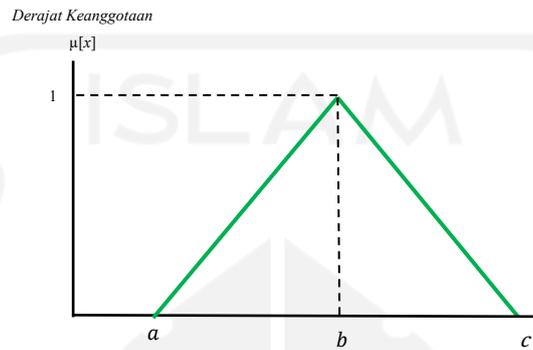
Gambar 2.5 Representasi linear turun

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 1, & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ 0, & x \geq b \end{cases}$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linear).



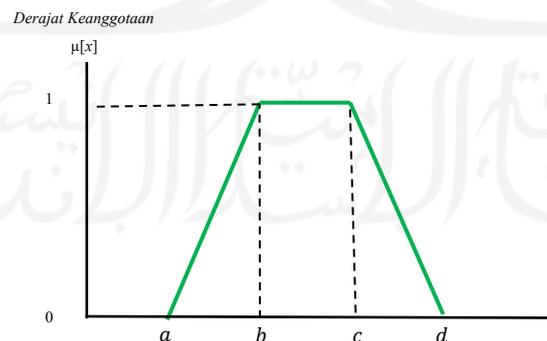
Gambar 2.6 Representasi kurva segitiga

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0, & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b \\ \frac{b-x}{c-b}, & b \leq x \leq c \end{cases}$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva segitiga pada dasarnya seperti bentuk segitiga, hanya saja ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1.



Gambar 2.7 Representasi kurva trapesium

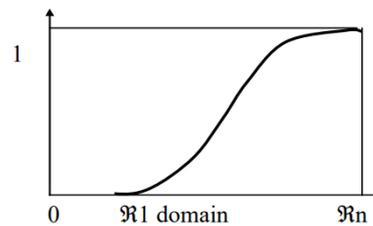
Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & b \leq x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c}; & c \leq x \leq d \end{cases}$$

d. Representasi Kurva Bentuk S

Kurva Pertumbuhan dan Penyusutan merupakan kurva-S atau sigmoid yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linear. Kurva S untuk Pertumbuhan akan bergerak dari sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0) ke sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1). Fungsi keanggotaannya akan tertumpu pada 50% nilai keanggotaannya yang sering disebut dengan titik infleksi.

derajat keanggotaan $\mu(x)$

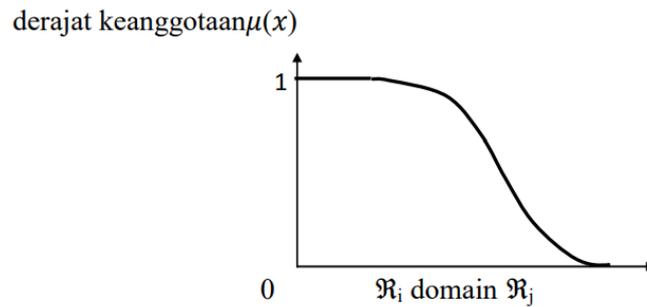


Gambar 2.8 Himpunan fuzzy dengan kurva-S: Pertumbuhan

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x; a, b, c] = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ 2((x-a)/(c-a))^2; & a \leq x \leq b \\ -2((c-x)/(c-a))^2; & b \leq x \leq c \\ 1; & x \geq c \end{cases}$$

Kurva-S untuk Penyusutan akan bergerak dari sisi paling kanan (nilai keanggotaan = 1) ke sisi paling kiri (nilai keanggotaan = 0).



Gambar 2.9 Himpunan fuzzy dengan kurva-S: Penyusutan.

Fungsi keanggotaan:

$$\mu[x; a, b, c] = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ 1 - 2((x - a)/(c - a))^2; & a \leq x \leq b \\ 2((c - x)/(c - a))^2; & b \leq x \leq c \\ 0; & x \geq c \end{cases}$$

2.4.5 Metode Tsukamoto

Metode Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton. Setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk JIKA-MAKA harus dipresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (crisp) berdasarkan α -predikat. Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot.

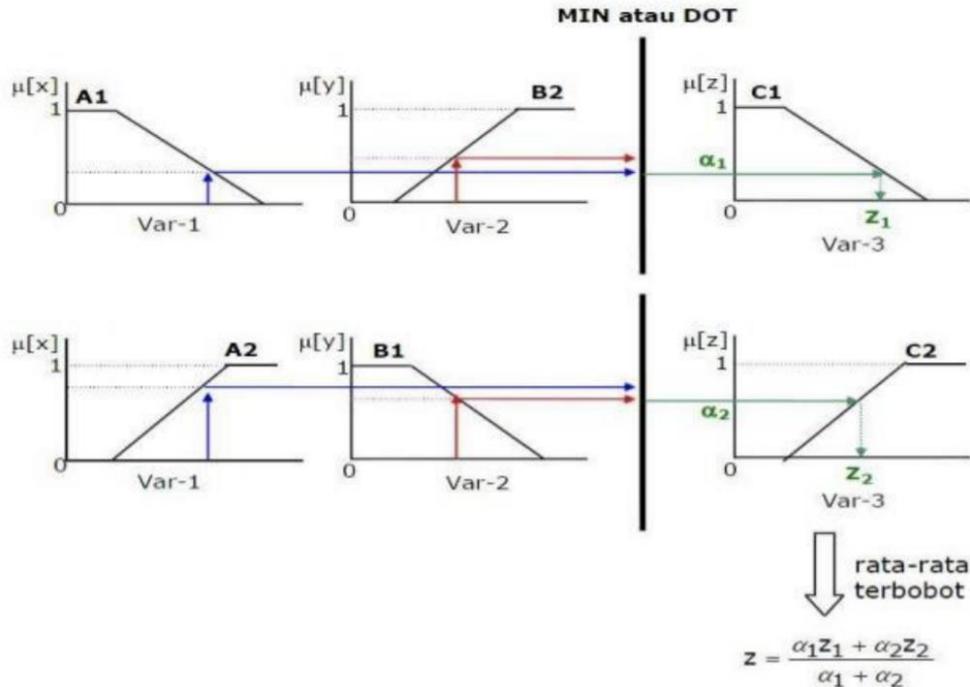
Misalkan ada 2 variabel input, var-1 (x) dan Var-2 (y), serta 1 variabel output, Var-3 (z), dimana Var-1 terbagi atas 2 himpunan yaitu A1 dan A2, dan Var-2 terbagi atas 2 himpunan B1 dan B2 dan Var-3 juga terbagi atas 2 himpunan yaitu C1 dan C2 (C1 dan C2 HARUS MONOTON).

Ada 2 aturan yang digunakan, yaitu :

[R1] IF (x is A1) AND (y is B2) THEN (z is C1)

[R2] IF (x is A2) AND (y is B1) THEN (z is C2)

Alur inferensi dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.10. Inferensi dengan menggunakan Metode Tsukamoto
(Kusumadewi & Purnomo, 2004)

2.4.6 Metode Mamdani

Sistem inferensi Fuzzy Metode Mamdani sering juga dikenal sebagai Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 fungsi implikasi yang digunakan pada pengambilan keputusan dengan metode Mamdani dengan menggunakan MIN dan dalam melakukan komposisi dengan menggunakan MAX (Kusumadewi, 2003). metode komposisi ini sering disebut MAX-MIN. Untuk mendapatkan output (hasil), diperlukan 4 tahapan :

1. Pembentukan himpunan fuzzy

Pada metode Mamdani, baik variabel input maupun variabel output dibagi menjadi satu atau lebih himpunan fuzzy.

2. Aplikasi fungsi implikasi (aturan)

Pada metode Mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah min

3. Komposisi aturan

Apabila sistem terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan dan korelasi antar aturan. Ada 3 Metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem fuzzy, yaitu :

- a) Metode max (Maksimum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimum aturan, kemudian menggunakan nilai tersebut untuk memodifikasi daerah fuzzy dan mengaplikasikannya ke output dengan menggunakan operator OR (gabungan). Jika semua proporsi telah dievaluasi, maka output akan berisi suatu himpunan fuzzy yang merefleksikan kontribusi dari tiap-tiap proporsi, secara umum dapat dituliskan :

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

dengan:

$\mu_{sf}(x_i)$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-*i*

$\mu_{kf}(x_i)$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-*i*

b) Metode additive (Sum)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan penjumlahan terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow \min(1, \mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i])$$

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-*i*;

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-*i*;

c) Metode probabilistik (Probor)

Pada metode ini, solusi himpunan fuzzy diperoleh dengan cara melakukan perkalian terhadap semua output daerah fuzzy. Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu_{sf}[x_i] \leftarrow (\mu_{sf}[x_i] + \mu_{kf}[x_i]) - (\mu_{sf}[x_i] * \mu_{kf}[x_i])$$

dengan:

$\mu_{sf}[x_i]$ = nilai keanggotaan solusi fuzzy sampai aturan ke-*i*;

$\mu_{kf}[x_i]$ = nilai keanggotaan konsekuen fuzzy aturan ke-*i*;

4. Penegasan (defuzzy)

Input dari proses penegasan adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan real yang tegas. Sehingga jika diberikan suatu himpunan fuzzy dalam range tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai tegas tertentu sebagai output.

2.4.7 Metode Sugeno

Fuzzy metode sugeno merupakan metode inferensi fuzzy untuk aturan yang direpresentasikan dalam bentuk IF – THEN, dimana output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear. (Kusumadewi, 2003). 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 dinamakan dengan Metode TSK.

Model Sugeno menggunakan fungsi keanggotaan Singleton yaitu fungsi keanggotaan yang memiliki derajat keanggotaan 1 pada suatu nilai crisp tunggal dan 0 pada nilai crisp yang lain. Secara umum pada orde ke-0 dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ \dots \circ (x_n \text{ is } A_n) \text{ THEN } z = k$$

dengan:

- A_i = himpunan fuzzy ke i sebagai antaseden (alasan)
- \circ = operator fuzzy (AND atau OR)
- k = konstanta tegas sebagai konsekuen (kesimpulan)

sedangkan pada orde ke-1 dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } a_1) \circ (x_2 \text{ is } A_2) \circ \dots \circ (x_n \text{ is } A_n) \text{ THEN } z = p_1 * x_1 + \dots + p_n * x_n + q$$

dengan:

- A_n = himpunan fuzzy ke i sebagai antaseden (alasan)
- \circ = operator fuzzy (AND atau OR)
- p_n = konstanta ke n
- q = konstanta dalam konsekuen

Metode sugeno menggunakan konstanta atau fungsi matematika dari variabel input:

$$\text{JIKA } x \text{ adalah } A \text{ DAN } y \text{ adalah } B \text{ MAKA } z = f(x, y)$$

dengan A dan B adalah himpunan fuzzy pada anteseden, dan $z = f(x, y)$ merupakan fungsi crisp konsekuen.

Model yang diusulkan pada diagnosis sindrom metabolik menggunakan pendekatan kontinyu. Pengukuran pada tingkat risikonya menerapkan sistem inferensi fuzzy dengan menetapkan aturan disesuaikan dengan berbagai macam sumber rujukan termasuk kajian pustaka. Penerapan fuzzy pada pengukuran tingkat risiko sindrom metabolik menggunakan persentase dengan rentang nilai 0-100%. Nilai persentase yang semakin tinggi akan menunjukkan tingkat risiko sindrom metabolik juga semakin tinggi.

2.5 Regresi

2.5.1 Pengertian regresi

Regeresi adalah alat yang berfungsi untuk membantu memperkirakan nilai suatu variabel yang tidak diketahui dari satu atau beberapa variabel yang tidak diketahui. Analisis regresi didefinisikan sebagai kajian terhadap hubungan satu variabel yang disebut variabel yang diterangkan (the explaind variabel) atau sering disebut sebagai variabel tergantung, dan variabel tidak tergantung atau variabel bebas (Almajazi et al., 2019).

Metode regresi yang sering digunakan yaitu analisis regresi linier dan non linier. Jika variabel tidak bebas bersifat diskrit, analisis linier tidak layak digunakan karena bebearapa alasan, yaitu (Almajazi et al., 2019):

- a. Variabel tidak bebas di dalam metode regresi linier harus bersifat continue
- b. Variabel tidak bebas di dalam metode regresi linier harus dapat mengakomodasi nilai negatif Variabel diskrit biasa juga dikatakan salam kategori dan sering juga disebut variabel nominal atau variabel kategorik.

Metode analisis regresi digunakan untuk menghasilkan hubungan antara dua variabel atau lebih dalam bentuk numerik dan untuk bagaimana dua atau lebih peubah saling berkait, dimana telah diketahui variabel lainnya dan variabel mana yang mempengaruhinya. Persamaan regresi ini merupakan persamaan garis yang paling mewakili hubungan antara dua variabel tersebut. Beberapa asumsi statistik yang diperlukan dalam melakukan analisis regresi adalah (Almajazi et al., 2019):

- a. Variabel tak bebas, yaitu fungsi linier dari variabel bebas. Jika hubungan tersebut tidak linier, data sering kali harus ditransformasikan agar menjadi linier.
- c. Variabel bebas adalah tetap atau diukur tanpa kesalahan.
- d. Tidak ada korelasi antara variabel bebas
- e. Variansi dari variabel tak bebas terhadap garis regresi adalah sama untuk seluruh nilai variabel tak bebas.
- f. Nilai variabel tak bebas harus berdistribusi normal atau mendekati normal.
- g. Nilai peubah bebas sebaiknya merupakan besaran yang relative mudah diproyeksikan.

2.5.2 Model regresi linier sederhana

Dalam memperkirakan hubungan antara dua variabel terlebih dahulu membuat asumsi mengenai bentuk hubungan yang dinyatakan dalam fungsi tertentu. Dalam beberapa

hal, bisa dicek asumsi tersebut setelah hubungan diperkirakan. Regresi linier sederhana memiliki fungsi sebagai berikut (Almajazi et al., 2019):

- a. Menguji hubungan / korelasi / pengaruh satu variabel bebas terhadap satu variabel terikat.
- b. Melakukan prediksi atau estimasi variabel terikat berdasarkan variabel bebasnya.
- c. Data yang dianalisis harus berupa data yang berskala interval / rasio.

Fungsi linier, selain mudah interpretasinya, juga dapat digunakan sebagai pendekatan (approximation) atas hubungan yang bukan linier (non linier). Fungsi linier, mempunyai bentuk persamaan sebagai berikut :

$$Y = A + BX$$

Dimana A dan B adalah konstanta atau parameter, yang nilainya harus diestimasi. Persamaan $Y = A + BX$ juga bisa ditulis $Y = B_0 + B_1X$ atau dengan symbol lainnya. Beberapa symbol yang sering digunakan dalam fungsi linier ini adalah :

Δ = delta, symbol pertambahan

ΔX = delta X, pertambahan X

ΔY = delta Y, pertambahan Y

$B = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$ = rata – rata pertambahan Y per 1 unit (satuan) pertambahan X, atau pertambahan X 1 unit akan mengakibatkan pertambahan Y sebesar B.

$Y = 2 + 1,5X$, $A = 2, B = 1,5$ artinya kalau $X = 0$, $Y = 2$ kalau X bertambah 1 unit, Y bertambah 1,5 unit.

Hubungan di atas merupakan hubungan matematis, secara teoritis, apabila $X = 10$, Y harus $2 + 1,5(10) = 17$. Tetapi dalam prakteknya tidak demikian, sebab yang mempengaruhi Y bukan hanya X saja melainkan masih ada faktor lain yang tidak dimasukkan dalam persamaan. Faktor – faktor tersebut secara keseluruhan disebut kesalahan pengganggu atau *disturbance error*. Kesalahan pengganggu tersebutlah yang menyebabkan suatu ramalan sering tidak tepat (Almajazi et al., 2019).

Kesalahan ramalan menyebabkan perencanaan menjadi tidak akurat, sehingga kesalahan tersebut mengakibatkan resiko, dan karenanya harus diusahakan sekecil mungkin. Dalam membuat keputusan, selalu ada resiko yang disebabkan oleh adanya kesalahan. Karena kesalahan itu tidak dapat dihilangkan sama sekali, maka resiko itu berapapun kecilnya selalu ada. Resiko hanya bisa diperkecil dengan memperkecil kesalahan (*minimized error*).

Dengan memperhitungkan kesalahan pengganggu, ε , maka bentuk persamaan fungsi linier diatas menjadi sebagai berikut :

$$Y = A + BX + \varepsilon$$

A dan B adalah konstanta yang harus di estimasi.

ε adalah kesalahan pengganggu (disturbance error)

2.5.3 Analisis regresi linear berganda

Analisis yang memiliki variabel bebas lebih dari satu disebut analisis regresi linier berganda. Teknik regresi linier berganda digunakan untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh signifikan dua atau lebih variabel bebas terhadap variabel terikat (Y). Model regresi linier berganda untuk populasi dapat ditunjukkan sebagai berikut :

$$Y = (\beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \dots + \beta_K)$$

Model regresi linier berganda untuk populasi diatas dapat ditaksir dengan model regresi linier berganda untuk sampel, yaitu : $\hat{Y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_kx_k$

dengan :

\hat{Y} = nilai penduga bagi variabel

Y = dugaan bagi parameter konstanta

b_0 = dugaan bagi parameter konstanta b_1, b_2, \dots

b_k = variabel bebas b_1, b_2, \dots, b_k

2.5.4 Hubungan linier antara dua variabel

Salah satu tujuan analisis data ialah untuk memperkirakan besarnya efek kuantitatif dari perubahan suatu kejadian terhadap kejadian lainnya. Apabila diperlukan untuk keperluan evaluasi/penilaian suatu kebijaksanaan mungkin ingin diketahui besarnya efek kuantitatif dari perubahan suatu kejadian terhadap kejadian lainnya. Kejadian – kejadian tersebut, untuk keperluan analisis, bisa dinyatakan di dalam perubahan nilai variabel. Apabila diperlukan untuk analisis dua kejadian (events) digunakan dua variabel x dan y.

Apabila dua variabel X dan Y mempunyai hubungan (korelasi), maka perubahan nilai variabel yang satu akan memengaruhi nilai variabel lainnya. Hubungan variabel dapat dinyatakan dalam bentuk fungsi, misalnya $Y = f(X) \rightarrow Y = 2 + 1,5X$. Apabila bentuk fungsinya sudah diketahui, maka dengan mengetahui nilai dari satu variabel (=X), maka nilai variabel lainnya (=Y) dapat diperkirakan. Data hasil ramalan yang dapat menggambarkan kemampuan untuk waktu yang akan datang, sangat berguna bagi dasar perencanaan. Untuk membuat ramalan (forecasting) Y dengan menggunakan nilai dari X, maka X dan Y harus mempunyai hubungan yang kuat. Kuat tidaknya hubungan X dan Y diukur dengan suatu

nilai, yang disebut koefisien korelasi, sedangkan besarnya pengaruh X terhadap Y, diukur dengan koefisien regresi (Almajazi et al., 2019).

2.5.5 Regresi Dalam Variabel Terikat Data Kualitatif

Aplikasi data kualitatif sebagai variabel bebas disebut juga dengan variabel dummy. Kasus yang sering dijumpai umumnya adalah kasus data kualitatif yang dapat diterapkan dalam variabel terikat. Kasus yang bisa dijadikan contoh yaitu, kemampuan seseorang untuk memiliki sebuah kendaraan di kota yang dipengaruhi oleh jarak, pendapatan. Model yang menggunakan variabel kualitatif atau kategori terikat dapat dibedakan dalam dua hal yaitu (Almajazi et al., 2019):

1. Regresi model probabilitas linier (linier probability model = LPM)
2. Regresi model logistic binar (binary logistic regression model)

Pada kasus pengambilan data variabel untuk diagnosis sindrom metabolik, regresi diperlukan untuk melengkapi variabel yang masih kosong dikarenakan tidak ada pemeriksaan khusus terhadap variabel tersebut.

BAB 3

Metodologi

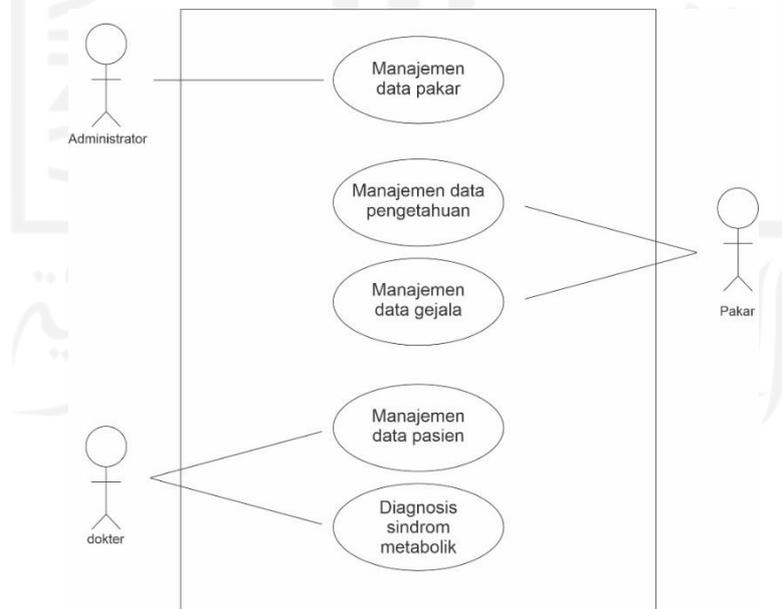
3.1 Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data gejala sindrom metabolik dan data pasien penyakit ginjal kronik yang digunakan untuk pengujian sistem. Proses pengumpulan data tersebut diperoleh dari studi literatur dan observasi di rumah sakit.

- a. Studi literatur merupakan salah satu cara yang dilakukan penulis untuk mengumpulkan informasi terkait gejala sindrom metabolik serta membentuk alur dalam menegakkan diagnosis sindrom metabolik.
- b. Observasi yang dilakukan yaitu pencarian data pasien ginjal kronik yang memiliki data gejala sindrom metabolik. Pengambilan data ini dilakukan di Rumah Sakit Islam Yogyakarta PDHI dengan persetujuan komite etik dari Fakultas Kedokteran Universitas Islam Indonesia. Data yang diambil adalah data pasien yang positif mengalami penyakit ginjal kronik. Data yang diambil sebanyak 68 sampel, namun demikian hanya ada 9 sampel data pasien yang positif menderita penyakit ginjal kronik.

3.2 Gambaran Umum Sistem

Gambaran umum sistem yang dibangun terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Use Case diagram sistem

Perancangan sistem disesuaikan dengan kebutuhan untuk mendiagnosis sindrom metabolik pada pasien penyakit ginjal kronik. Penentuan gejala dan pengetahuan inferensi fuzzy didasarkan pada pengetahuan pakar dan hasil studi literatur terkait sindrom metabolik. Data pasien dimasukkan terlebih dahulu pada sistem, kemudian data gejala terkait sindrom metabolik pada pasien tersebut baru bisa dimasukkan ke dalam sistem untuk didiagnosis terkait faktor risiko sindrom metabolik. Hasil luaran diagnosis berupa persentase tingkat risiko pasien terkenda sindrom metabolik.

Tahapan representasi kebutuhan terkait dengan basis pengetahuan yang berisi pengetahuan dan aturan tertentu dalam penyelesaian masalah. Pengetahuan direpresentasikan dengan menggunakan aturan berbentuk IF-THEN. Basis aturan akan dibuat pada setiap penyakit utama yang akan dilakukan identifikasi gejala penyertanya. Variabel yang akan digunakan untuk membangun model sistem inferensi antara lain index massa tubuh (IMT), hipertensi, High Density Lipoprotein (HDL) rendah, gula darah puasa (GDP) tinggi, trigliserid dan usia yang merupakan gejala sindrom metabolik tersebut yang menjadi faktor pada tingkat resiko gangguan ginjal.

3.3 Pemodelan Sistem Pendukung Keputusan

Pemodelan sistem pendukung keputusan untuk mengukur sindrom metabolik didasarkan pada beberapa variabel pendukung dengan himpunan yang menyertainya. Salah satu variabel yang menjadi ukuran untuk kemungkinan orang terkena sindrom metabolik adalah kadar trigliserida dalam tubuh. Himpunan kadar trigliserida tersebut berupa tinggi dan normal dengan nilai batas bawah 50 mg/dl dan batas atas 150 mg/dl. Variabel dengan himpunan yang menyertainya untuk pengukuran sindrom metabolik ditampilkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel dan himpunan fuzzy untuk mengukur sindrom metabolik sebagai faktor risiko pada gangguan ginjal(Kusumadewi et al., 2020).

Kode	Variabel	Himpunan	Batas bawah	Batas atas	Keanggotaan fungsi
X ₁	Index Massa Tubuh (kg/m ²)	Normal	18,5	25	Linear turun
		Kegemukan	18,5	25	Linear naik
X ₂	Trigliserida (mg/dl)	Normal	50	150	Linear turun
		Tinggi	50	150	Linear naik
X ₃	HDL pada laki-laki (mg/dl)	Normal	40	50	Linear turun
		Rendah	40	50	Linear naik
	HDL pada perempuan (mg/dl)	Rendah	50	60	Linear turun
		Normal	50	60	Linear naik

X ₄	Tekanan darah sistolik (mmHg)	Normal	110	130	Linear turun
		Tinggi	110	130	Linear naik
	Tekanan darah diastolik (mmHg)	Normal	80	85	Linear turun
		Tinggi	80	85	Linear naik
X ₅	Gula darah puasa (mg/dl)	Normal	80	110	Linear turun
		Tinggi	80	110	Linear naik

Berdasarkan variabel pada Tabel 3.1, terdapat beberapa kriteria yang memberikan informasi bahwa orang akan beresiko terkena sindrom metabolik. Kriteria tersebut dibuat pada beberapa aturan untuk memberikan diagnosis awal orang dengan sindrom metabolik. Beberapa aturan yang dimaksud ditampilkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Aturan keputusan diagnosis sindrom metabolik pada penyandang PGK (Kusumadewi et al., 2020)

Aturan	Variabel					Diagnosis Awal
	IMT	Trigliserida	HDL	Tekanan darah	GDP	
[R1]	Kegemukan	Tinggi	Rendah	-	-	Beresiko
[R2]	Kegemukan	Tinggi	-	Tinggi	-	Beresiko
[R3]	Kegemukan	Tinggi	-	-	Tinggi	Beresiko
[R4]	Kegemukan	-	Rendah	Tinggi	-	Beresiko
[R5]	Kegemukan	-	Rendah	-	Tinggi	Beresiko
[R6]	Kegemukan	-	-	Tinggi	Tinggi	Beresiko
[R7]	-	Tinggi	Rendah	Tinggi	-	Beresiko
[R8]	-	Tinggi	Rendah	-	Tinggi	Beresiko
[R9]	-	Tinggi	-	Tinggi	Tinggi	Beresiko
[R10]	-	-	Rendah	Tinggi	Tinggi	Beresiko

Index massa tubuh (IMT) juga menjadi acuan apakah seseorang mengalami obesitas atau tidak selain dari ukuran lingkar pinggang. Perbedaan ukuran IMT untuk menilai obesitas secara umum, sedangkan lingkar pinggang menilai obesitas abdominal. Hal tersebut menjadikan IMT sebagai salah satu indikator kemungkinan orang memiliki sindrom metabolik yang mengakibatkan penyakit ginjal kronik. Nilai $IMT \geq 25 \text{ kg/m}^2$ menandakan orang memiliki massa tubuh yang besar atau obesitas (Erwinanto et al., 2015).

Fungsi keanggotaan pada linear turun variabel IMT adalah sebagai berikut:

$$\mu_{normal}[a] = \begin{cases} 1, & a \leq 18,5 \\ \frac{25-a}{25-18,5}, & 18,5 \leq a \leq 25 \\ 0 & a \geq 25 \end{cases} \quad (3.1)$$

Fungsi keanggotaan pada linear naik variabel IMT adalah sebagai berikut:

$$\mu_{kegemukan}[a] = \begin{cases} 0, & a \leq 18,5 \\ \frac{a-18,5}{25-18,5}, & 18,5 \leq a \leq 25 \\ 1 & a \geq 25 \end{cases} \quad (3.2)$$

Berdasarkan tabel 1, diketahui trigliserida sebagai variabel penentu pada sindrom metabolik sebagai faktor risiko penyakit ginjal. Himpunan variabel trigliserida dikatakan tinggi apabila kadar trigliserida dalam tubuh mencapai lebih dari 150 mg/dl. Kadar trigliserida dikatakan normal apabila kurang dari 150 mg/dl.

Fungsi keanggotaan pada linear turun variabel trigliserida adalah sebagai berikut:

$$\mu_{normal}[b] = \begin{cases} 1, & b \leq 50 \\ \frac{150-b}{150-50}, & 50 \leq b \leq 150 \\ 0 & b \geq 150 \end{cases} \quad (3.3)$$

Fungsi keanggotaan pada linear naik variabel trigliserida adalah sebagai berikut:

$$\mu_{tinggi}[b] = \begin{cases} 0, & a \leq 50 \\ \frac{a-50}{150-50}, & 50 \leq a \leq 150 \\ 1 & a \geq 150 \end{cases} \quad (3.4)$$

Salah satu variabel dalam pengukuran tingkat resiko penyakit ginjal kronik yang berbeda pada laki-laki dan perempuan yaitu Variabel High Density Lipoprotein (HDL).

Fungsi keanggotaan pada linear turun variabel HDL pada laki-laki adalah sebagai berikut:

$$\mu_{rendah}[c] = \begin{cases} 1, & a \leq 40 \\ \frac{50-a}{50-40}, & 40 \leq a \leq 50 \\ 0 & a \geq 50 \end{cases} \quad (3.5)$$

Fungsi keanggotaan pada linear naik variabel HDL pada laki-laki adalah sebagai berikut:

$$\mu_{normal}[c] = \begin{cases} 0, & a \leq 40 \\ \frac{a-40}{50-40}, & 40 \leq a \leq 50 \\ 1 & a \geq 50 \end{cases} \quad (3.6)$$

Variabel HDL pada perempuan memiliki nilai normal apabila kadarnya di dalam tubuh lebih dari 60 mg/dl. Fungsi keanggotaan pada linear turun variabel HDL pada perempuan adalah sebagai berikut:

$$\mu_{rendah}[c] = \begin{cases} 1, & a \leq 50 \\ \frac{a-50}{60-50}, & 50 \leq a \leq 60 \\ 0, & a \geq 60 \end{cases} \quad (3.7)$$

Fungsi keanggotaan pada linear naik variabel HDL pada perempuan adalah sebagai berikut:

$$\mu_{normal}[c] = \begin{cases} 0, & a \leq 50 \\ \frac{60-a}{60-50}, & 50 \leq a \leq 60 \\ 1, & a \geq 60 \end{cases} \quad (3.8)$$

Tekanan darah juga merupakan faktor resiko pada penyakit ginjal kronik dari gejala sindrom metabolik. Ukuran pada tekanan darah dikatakan tinggi apabila nilainya lebih dari 130/85 mm/Hg. Fungsi keanggotaan pada linear turun variabel tekanan darah sistolik adalah sebagai berikut:

$$\mu_{normal}[d] = \begin{cases} 1, & a \leq 110 \\ \frac{130-a}{130-110}, & 110 \leq a \leq 130 \\ 0, & a \geq 130 \end{cases} \quad (3.9)$$

Fungsi keanggotaan pada linear naik variabel tekanan darah sistolik adalah sebagai berikut:

$$\mu_{tinggi}[d] = \begin{cases} 0, & a \leq 110 \\ \frac{a-110}{130-110}, & 110 \leq a \leq 130 \\ 1, & a \geq 130 \end{cases} \quad (3.10)$$

Fungsi keanggotaan pada linear turun variabel tekanan darah diastolik adalah sebagai berikut:

$$\mu_{normal}[d] = \begin{cases} 1, & a \leq 80 \\ \frac{85-a}{85-80}, & 80 \leq a \leq 85 \\ 0, & a \geq 85 \end{cases} \quad (3.11)$$

Fungsi keanggotaan pada linear naik variabel tekanan darah diastolik adalah sebagai berikut:

$$\mu_{tinggi}[d] = \begin{cases} 0, & a \leq 80 \\ \frac{a-80}{85-80}, & 80 \leq a \leq 85 \\ 1, & a \geq 85 \end{cases} \quad (3.12)$$

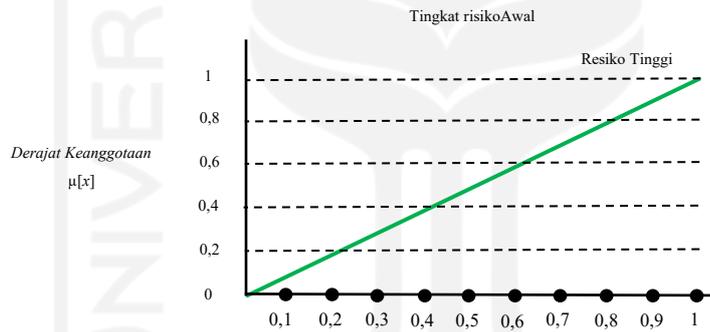
Variabel kelima berdasarkan tabel 1 pada gejala sindrom metabolik yang berisiko terkena penyakit ginjal kronik yaitu gula darah puasa (GDP). Fungsi keanggotaan pada linear naik variabel GDP adalah sebagai berikut:

$$\mu_{normal}[e] = \begin{cases} 1, & a \leq 80 \\ \frac{110-a}{110-80}, & 80 \leq a \leq 110 \\ 0 & a \geq 110 \end{cases} \quad (3.13)$$

Fungsi keanggotaan pada linear naik variabel GDP adalah sebagai berikut:

$$\mu_{tinggi}[e] = \begin{cases} 0, & a \leq 80 \\ \frac{a-80}{110-80}, & 80 \leq a \leq 110 \\ 1 & a \geq 110 \end{cases} \quad (3.14)$$

Hasil luaran tingkat risiko sistem inferensi fuzzy untuk memprediksi sindrom metabolik pada penderita penyakit ginjal kronik berupa persentase dari perhitungan melalui metode Fuzzy Tsukamoto. Nilai hasil tingkat risiko tersebut berada di antara 0-1. Tampilan grafik dalam derajat keanggotaan seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Kurva variabel himpunan fuzzy variabel kadar output tingkat risiko

$$\mu_{Resiko\ Tinggi}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 0 \\ \frac{x-1}{1-0}, & 0 \leq x \leq 1 \\ 0 & x \geq 1 \end{cases} \quad (3.15)$$

BAB 4

Hasil dan Pembahasan

4.1 Pengujian Sistem Fuzzy

Implementasi pengujian sistem fuzzy untuk pengukuran tingkat resiko sindrom metabolik menggunakan data pasien dengan PGK pada salah satu rumah sakit di Sleman. Terdapat 9 data pasien dengan penyakit ginjal kronik dengan 7 data pasien yang datanya sudah lengkap sebagai berikut:

Tabel 4.1 Data pasien dengan Penyakit Ginjal Kronik

Pasien ke-	Jenis kelamin	Usia (tahun)	Tinggi (cm)	Berat badan (kg)	HDL (mg/dL)	Trigliserida (mg/dL)	Tekanan darah (mmHg)	GDP (mg/dL)
1	L	64	160	49	49,8	209	128/80	132
2	P	67	145	42	78,3	95,14	140/90	102
3	P	69	147	45	66,8	117	100/70	103
4	L	56	168	53	31,2	177	130/90	83
5	L	66	162	59	35	163,7	128/69	90
6	L	67	162	51	32	275,3	160/87	104
7	L	75	155	48	31	290,1	100/50	190
8	L	62	172	64	45	260,6	130/80	-
9	L	51	170	62	39,19	104	175/93	-

Sebelum melakukan pengujian diagnosis, diperlukan melengkapi data GDP pada pasien ke-8 dan ke-9 dengan menggunakan metode regresi. Pemodelan regresi linier berganda menggunakan variabel tinggi badan dan berat badan. Perhitungan regresi linier berganda menggunakan software microsoft excel dan menghasilkan persamaan sebagai berikut:

$$GDP = 161.35 + (Tinggi\ badan \times 0.46) - (berat\ badan \times 2.41)$$

Nilai gula darah puasa pada hasil perhitungan regresi untuk pasien ke delapan dan ke sembilan adalah sebagai berikut:

$$GDP\ Pasien\ ke - 8 = 161.35 + (172 \times 0.46) - (64 \times 2.41)$$

$$GDP\ Pasien\ ke - 8 = 87.09$$

$$GDP\ Pasien\ ke - 9 = 161.35 + (170 \times 0.46) - (62 \times 2.41)$$

$$GDP\ Pasien\ ke - 9 = 90.98$$

Pengujian diagnosis sindrom metabolik yang dialami berdasarkan variabel yang telah diketahui pertama kali dilakukan proses fuzzyfikasi pada masing-masing variabel. Nilai keanggotaan untuk setiap himpunan fuzzy diperoleh dengan menggunakan persamaan (3.1) sampai (3.14):

Kemudian $a_{predikat}$ untuk setiap aturan dihitung dengan cara mencari nilai minimal dari nilai keanggotaan himpunan pada variabel input. Sebagai contoh untuk data pertama pada tabel 3 nilai $a_{predikat}$ dapat dihitung sebagai berikut:

[R1] IMT kegemukan dan Trigliserida tinggi dan HDL rendah maka diagnosis awal beresiko

$$\begin{aligned} a_{predikat1} &= \min(0,077; 0,02; 1) \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

[R2] IMT kegemukan dan Trigliserida tinggi dan Tekanan darah tinggi maka diagnosis awal beresiko

$$\begin{aligned} a_{predikat2} &= \min(0,077; 1; 0,9) \\ &= 0,077 \end{aligned}$$

[R3] IMT kegemukan dan Trigliserida tinggi dan GDP tinggi maka diagnosis awal beresiko

$$\begin{aligned} a_{predikat3} &= \min(0,077; 1; 1) \\ &= 0,077 \end{aligned}$$

[R4] IMT kegemukan dan HDL rendah dan Tekanan darah tinggi maka diagnosis awal beresiko

$$\begin{aligned} a_{predikat4} &= \min(0,077; 0,02; 0,9) \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

[R5] IMT kegemukan dan HDL Rendah dan GDP tinggi maka diagnosis awal beresiko

$$\begin{aligned} a_{predikat5} &= \min(0,077; 0,02; 1) \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

[R6] IMT kegemukan dan Tekanan darah tinggi dan GDP tinggi maka diagnosis awal beresiko

$$\begin{aligned} a_{predikat6} &= \min(0,077; 0,9; 1) \\ &= 0,077 \end{aligned}$$

[R7] Trigliserida tinggi dan HDL rendah dan Tekanan darah tinggi maka diagnosis awal beresiko

$$\begin{aligned} a_{predikat7} &= \min(0,077; 0,02; 0,9) \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

[R8] Trigliserida tinggi dan HDL rendah dan GDP tinggi maka diagnosis awal beresiko

$$\begin{aligned} a_{predikat8} &= \min(1; 0,02; 1) \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

[R9] Trigliserida tinggi dan Tekanan darah tinggi dan GDP tinggi maka diagnosis awal beresiko

$$\begin{aligned} a_{predikat9} &= \min(1; 0,9; 1) \\ &= 0,9 \end{aligned}$$

[R10] HDL rendah dan Tekanan darah tinggi dan GDP tinggi maka diagnosis awal beresiko

$$\begin{aligned} a_{predikat10} &= \min(0,02; 0,9; 1) \\ &= 0,02 \end{aligned}$$

Setelah diketahui nilai a dari setiap aturan, maka nilai fuzzy terakit tingkat resiko sindrom metabolik merupakan nilai maksimal antara semua nilai a yang diperoleh dari semua aturan.

$$\begin{aligned} Z &= \max(a_{predikat1}, a_{predikat2}, a_{predikat3}, \dots, a_{predikat10}) \\ Z &= 0,9 \\ \text{persentase} &= 0,9 \times 100\% = 90\% \end{aligned}$$

Persentase kemungkinan pasien 1 terdiagnosis sindrom metabolik adalah 90%.

Hasil pengujian sistem inferensi fuzzy untuk diagnosis sindrom metabolik untuk 9 data pasien penyakit ginjal kronik adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Hasil diagnosis sindrom metabolik pada pasien Penyakit Ginjal Kronik pada sistem fuzzy

Pasien ke-	Indeks Massa tubuh	HDL	Trigliserida	Tekanan darah	GDP	Hasil diagnosis
1	19	49,8	209	128/80	132	90% beresiko
2	20	78,3	95,14	140/90	102	45% beresiko
3	21	66,8	117	100/70	103	38% beresiko
4	19	31,2	177	130/90	83	100% beresiko
5	22	35	163,7	128/69	90	90% beresiko
6	19	32	275,3	160/87	104	100% beresiko
7	20	31	290,1	100/50	190	100% beresiko
8	22	45	260,6	130/80	87	50% beresiko
9	21	39,2	104	175/93	91	54% beresiko

Hasil diagnosis sindrom metabolik berdasarkan kriteria NCEP ATP III pada 7 data pasien adalah sebagai berikut:

Tabel 4.3 Hasil diagnosis sindrom metabolik pada pasien PGK berdasarkan NCEP ATP III

Pasien ke-	Indeks Massa tubuh	HDL	Trigliserida	Tekanan darah	GDP	Hasil diagnosis sindrom metabolik
1	19	49,8	209*	128/80*	132*	ya
2	20	78,3	95,14	140/90*	102	tidak
3	21	66,8	117	100/70	103	tidak
4	19	31,2*	177*	130/90*	83	ya
5	22	35*	163,7*	128/69*	90	ya
6	19	32*	275,3*	160/87*	104	ya
7	20	31*	290,1*	100/50	190*	ya
8	22	45	260,6*	130/80*	87	tidak
9	21	39,2*	104	175/93*	91	tidak

Keterangan: *Sesuai kriteria NCEP ATP III

Berdasarkan tabel 4.3, diketahui minimal kriteria pada diagnosis sindrom metabolik adalah tiga kriteria untuk memenuhi bahwa seseorang dikatakan sindrom metabolik. Dari banyaknya kriteria dari diagnosis pada NCEP ATP III diperoleh nilai ambang sebesar 60%. Tabel 4.2 menunjukkan setiap diagnosis pada pasien penyakit ginjal kronik beresiko sindrom metabolik dengan tingkat persentase yang berbeda. Setelah merujuk pada NCEP ATP III maka dalam mendiagnosis sindrom metabolik diberikan batas nilai ambang sebesar 60% untuk menentukan sindrom metabolik pada seseorang.

Dari sembilan data pada tabel 4.2 tersebut diperoleh hasil bahwa ada 9 pasien yang telah teridentifikasi beresiko sindrom metabolik dengan tingkat risiko yang beragam. Hal ini menunjukkan bahwa seseorang yang mengalami penyakit ginjal kronis sangat dimungkinkan sebelumnya telah teridentifikasi sindrom metabolik. Oleh karena itu, pengukuran tingkat risiko sindrom metabolik sangat dibutuhkan sedini mungkin agar dapat dilakukan tindakan pencegahan terjadinya komplikasi lebih lanjut.

4.2 Implementasi Tampilan Sistem

Hasil implementasi sistem ditampilkan salah satu kasus dari data seorang pasien laki-laki yang berusia 64 tahun dengan tinggi badan 160 cm yang melakukan pengecekan di Rumah Sakit Islam Yogyakarta PDHI dengan hasil pemeriksaan seperti pada tabel 4.3.

Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan pasien

Berat badan (kg)	HDL (mg/dL)	Trigli-serida (mg/dL)	Tekanan darah (mmHg)	GDP (mg/dL)
49	49,8	209	128/80	132

Implementasi dari sistem tampilannya terlihat pada gambar 4.1 berikut ini :

The screenshot shows a web interface for 'Fuzzy Tsukamoto'. On the left is a sidebar menu with categories: DATA (Pakar, Pasien, Aturan), DIAGNOSIS (Diagnosis Pasien), and LAPORAN (Pasien, Hasil diagnosis). The main content area is titled 'Fuzzy Tsukamoto' and contains a form for entering patient data. The form fields are: ID Pasien (P03 | Pasien 1 | Laki - Laki), Tinggi Badan (cm) (160), Massa Tubuh (kg) (49), Kadar Trigliserida (mg/dl) (209), Kadar HDL (mg/dl) (49.8), Tekanan Darah Systolik (mmHg) (128), Tekanan Darah Diastolik (mmHg) (80), and Kadar GDP (mg/dl) (132). A blue 'Submit' button is at the bottom left of the form.

Gambar 4.1 Halaman input data gejala pasien

Pengguna sistem akan diminta untuk memasukkan setiap gejala pada pasien, dimulai dari tinggi badan, massa tubuh, kadar tligiserida, kadar HDL, tekanan darah dan kadar gula darah puasa pada pasien. Sistem akan mendiagnosis pasien setelah pengguna mengklik submit. Hasil diagnosis pasien akan muncul di bawah input data gejala pasien seperti yang ditampilkan pada gambar 4.2.

The screenshot shows the result page after clicking 'Submit'. It features a table with the following data:

No	ID	Nama	Indeks Massa Tubuh	Trigliserida	HDL	Tekanan Darah Systolik	Tekanan Darah Diastolik	GDP	Diagnosis Awal
41	P03	Pasien 1	19	209	50	128	80	132	Tingkat resiko :90%

Gambar 4.2 Halaman hasil diagnosis pasien

Hasil diagnosis pada gambar 4.2 sesuai dengan hasil perhitungan pada tabel 4.2. Hasil diagnosis ke-7 pasien yang sesuai dengan tabel 4.2 ditunjukkan pada gambar 4.3.

Fuzzy Tsukamoto

Dashboard

Show 10 entries

Search:

No	ID	Nama	Indeks Massa Tubuh	Trigliserida	HDL	Tekanan Darah Sistolik	Tekanan Darah Diastolik	GDP	Diagnosis Awal
1	P03	Pasien 1	19	209	50	128	80	132	Tingkat resiko :90%
2	P04	Pasien 2	20	95	78	140	90	102	Tingkat resiko :45%
3	P05	Pasien 3	21	117	67	100	70	103	Tingkat resiko :38%
4	P06	Pasien 4	19	177	31	130	90	83	Tingkat resiko :100%
5	P07	Pasien 5	22	164	35	128	69	90	Tingkat resiko :90%
6	P08	Pasien 6	19	275	32	160	87	104	Tingkat resiko :100%
7	P09	Pasien 7	20	290	31	100	50	190	Tingkat resiko :100%

Gambar 4.3 Halaman hasil diagnosis 9 pasien PGK

Berdasarkan tampilan dan pengujian sistem, selanjutnya sistem pakar untuk diagnosis sindrom metabolik bisa digunakan pada saat *screening* awal pemeriksaan pasien dengan risiko sindrom metabolik. Hasil *screening* yang menunjukkan tingkat risiko sindrom metabolik diharapkan mampu untuk memberikan penanganan dan pencegahan dari komplikasi akibat sindrom metabolik.

4.3 Pembahasan Kinerja Sistem

Tabel 4.2 menunjukkan terdapat 4 orang pasien yang persentase hasil diagnosisnya di bawah 100%. Seseorang dinyatakan sindrom metabolik apabila memiliki minimal 3 kriteria yang memenuhi dari 5 macam kriteria gejala sindrom metabolik sesuai dengan kriteria pada NCEP ATP III (Expert Panel on Detection, Evaluation, 2001). Berdasarkan kriteria pada NCEP ATP III tersebut, diperoleh nilai ambang 60% (3 dari 5 kriteria) untuk menentukan seseorang terdiagnosis sindrom metabolik. Sistem yang dibangun untuk mendiagnosis sindrom metabolik diberikan nilai ambang minimal 60% untuk menyatakan seseorang terdiagnosis sindrom metabolik. Berdasarkan hasil diagnosis, maka diperoleh uji sensitivitas, uji spesifitas, akurasi dan presisi sebesar:

Tabel 4.5 Model *Confussion Matrix*

		True Class	
		Positive	Negative
Predicted Class	Positive	5	0
	Negative	0	4

$$\begin{aligned}
 \text{Sensitivitas} &= \frac{TP}{TP+FN} \times 100\% \\
 &= \frac{5}{5+0} \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesifitas} &= \frac{TN}{TN+FP} \times 100\% \\
 &= \frac{4}{4+0} \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Presisi} &= \frac{TP}{TP+FP} \times 100\% \\
 &= \frac{5}{5+0} \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Akurasi} &= \frac{TP+TN}{TP+FP+TN+FN} \times 100\% \\
 &= \frac{5+4}{5+4+0+0} \times 100\% \\
 &= 100\%
 \end{aligned}$$

Pada NCEP-ATP III digunakan lingkaran perut sebagai salah satu syarat untuk diagnosis sindrom metabolik (Expert Panel on Detection, Evaluation, 2001), hal ini berbeda dengan yang penulis usulkan sehingga rendahnya tingkat resiko disinyalir berhubungan dengan perbedaan variabel. Hal tersebut juga diketahui pada penelitian yang dilakukan oleh (Seloka, Matshipi, Mphekgwana, & Monyeke, 2020) yang menjelaskan bahwa pada penggunaan ukuran lingkaran pinggang lebih baik untuk menentukan sindrom metabolik untuk pria dan ukuran lingkaran leher untuk wanita. Penjelasan serupa terdapat pada penelitian yang dilakukan oleh (Shen et al., 2006) yang menghasilkan informasi bahwa ukuran lingkaran pinggang memberikan indikator terkuat pada risiko kesehatan terkait dengan faktor risiko sindrom metabolik dibanding menggunakan indeks massa tubuh. Penelitian lainnya juga menjelaskan bahwa ukuran lingkaran pinggang memiliki hubungan erat dengan tingkat risiko penyakit ginjal kronik (He et al., 2016).

Kemungkinan tidak semua orang yang mengalami ginjal kronik diawali dengan sindrom metabolik meskipun sindrom metabolik juga merupakan faktor penting penyebab ginjal kronik (Singh & Kari, 2013). Orang yang mengalami penyakit ginjal kronik juga bisa disebabkan oleh resistensi insulin yang berbeda dengan faktor risiko pada orang dengan sindrom metabolik (Huh et al., 2017).



BAB 5

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Sistem inferensi fuzzy mampu untuk memprediksi penyakit ginjal kronik dari faktor risiko sindrom metabolik.
2. Dari hasil pengujian diperoleh hasil bahwa 100% pasien penyakit ginjal kronis yang menderita sindrom metabolik.

Saran

Berdasarkan NCEP ATP III diagnosis sindrom metabolik disarankan menggunakan ukuran lingkar perut, pada penelitian ini masih menggunakan indeks massa tubuh yang mempengaruhi nilai akurasi dalam diagnosis. Saran penelitian selanjutnya, sebaiknya menggunakan variabel yang lebih mendukung seperti ukuran lingkar perut dalam melakukan diagnosis sindrom metabolik.

Daftar Pustaka

- Almajazi, T. M., Widodo, W., & Muchlisin. (2019). Analisis Probabilitas Perpindahan Moda Dari Kendaraan Pribadi Ke Bus Trans Jogja Menggunakan Analisis Logit Biner. *Concept and Communication*, null(23), 301–316.
- Ayu, P., Kandarini, Y., Widiani, G., Sudhana, W., Loekman, J., & Suwitra, K. (2011). Prevalensi Dan Hubungan Sindrom Metabolik Dengan Penyakit Ginjal Kronik Pada Populasi Desa Legian, Kuta Bali. *Journal of Internal Medicine*, 12(2).
- Depkes RI. (2017). *Infodatin Pusat Data dan Informasi Kementerian Kesehatan RI: Situasi Penyakit Ginjal Kronis*.
- Engelbrecht, A. P. (2007). *Computational intelligence: an introduction*. John Wiley & Sons.
- Erwinanto, E., Santoso, A., Putranto, J. N., Tedjasukmana, P., Suryawan, R., Rifqi, S., & Kasiman, S. (2015). Pedoman Tatalaksana Dislipidemia PERKI 2013. *Indonesian Journal of Cardiology*, 245–270. <https://doi.org/10.30701/ijc.v34i4.385>
- Expert Panel on Detection, Evaluation, and T. of H. B. C. in A. (2001). Executive Summary of the Third Report of the National Cholesterol Education Program (NCEP) Expert Panel on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Cholesterol in Adults (Adult Treatment Panel III). *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 285(19), 2486–2497. <https://doi.org/10.1001/jama.285.19.2486>
- He, Y., Li, F., Wang, F., Ma, X., Zhao, X., & Zeng, Q. (2016). The association of chronic kidney disease and waist circumference and waist-to-height ratio in Chinese urban adults. *Medicine (United States)*, 95(25). <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000003769>
- Huh, J. H., Yadav, D., Kim, J. S., Son, J. W., Choi, E., Kim, S. H., Shin, C., Sung, K. C., & Kim, J. Y. (2017). An association of metabolic syndrome and chronic kidney disease from a 10-year prospective cohort study. *Metabolism: Clinical and Experimental*, 67, 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2016.11.003>
- Ikawati, K., Chasani, S., Suhartono, S., Hadisaputro, S., & Budijitno, S. (2018). Komponen Sindrom Metabolik sebagai Faktor Risiko Penyakit Ginjal Kronik Stadium Terminal (Studi di RSUP Dr.Kariadi dan RSUD Kota Semarang). *Jurnal Epidemiologi Kesehatan Komunitas*, 3(1), 18. <https://doi.org/10.14710/j.e.k.k.v3i1.3123>

- Kemenkes RI. (2018). Hasil Utama Riset Kesehata Dasar (RISKESDAS). In *Riset Kesehata Dasar 2018*. <https://doi.org/10.1088/1751-8113/44/8/085201>
- Kurniati, N. I., Akbar, R. R. El, & Wijaksonoc, P. (2019). *Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto pada Sistem Pakar untuk Mendiagnosa Autisme Pada Anak*. 1, 21–27.
- Kusumadewi, S. (2003). *Artificial Intelligence (Teknik dan Aplikasinya)*. Graha Media.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2004). *Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan*. Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S., Rosita, L., & Wahyuni, E. G. (2020). *Model Sistem Pendukung Keputusan Klinis untuk Sindrom Metabolik*. UII Press.
- Mujab, S. (2018). Implementasi Fuzzy Inference System Metode Mamdani MOM (Mean of Maximum Method) untuk Klasifikasi Kelompok Belajar Siswa Baru (Studi Kasus: MTs N 2 Lamongan). In *undergraduate thesis, Universitas Muhammadiyah Gresik* (Vol. 51, Issue 1).
- Muslim, B., Yadi, & Harta, M. (2017). Sistem Pakar Diagnosa Awal Penyakit Ginjal Berbasis Web Menggunakan PHP DAN MYSQL. *Jurnal Ilmiah Betrik*, 8(03), 115–122. <https://doi.org/10.36050/betrik.v8i03.72>
- Nasution, H. (2012). Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan. *Jurnal ELKHA*, 4(2).
- Padmawati, R. S., Subronto, Y. W., & Zega, B. S. (2018). Edukasi Kesehatan Bagi Pasien Penderita Gagal Ginjal Kronis yang Menjalani Terapy Hemodialisis di RSUP Dr Sarjito Yogyakarta. In *Ugm*.
- Parwita, D. O., Sukamto, A. S., & Nyoto, R. D. (2016). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Kejiwaan Skizofrenia Menggunakan Metode Tsukamoto. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi*, 1(1), 1–6.
- Pranita, E. (2020). Penyakit Ginjal di Indonesia Meningkat 2 Kali Lipat, Bisakah Dicegah? *Kompas.Com*.
- Rahmi Ras, F., Nelly Astuti, H., & Efori, B. (2017). Perancangan Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Asidosis Tubulus Renalis Menggunakan Metode Certainty Factor Dengan Penelusuran Forward Chaining. *Media Informatika Budidarma*, 1(1), 13–16.
- Resta, U., & Tolang, F. (2019). *Decision Support System for Diagnosing Diabetes Mellitus through a Fuzzy Inference System (FIS) Approach with the Tsukamoto Method*
Decision support System for Diagnosing Diabetes Mellitus through a Fuzzy Inference System (FIS) Approuach with the Tsuka.
- Rini, S. (2015). Sindrom Metabolik. *Jurnal Majority*, 4(4), 88–93.

- Russari, I. (2016). Sistem Pakar Diagnosa Penyakit Batu Ginjal Menggunakan Teorema Bayes. *Jurnal Riset Komputer (JURIKOM)*, 3, 18–22.
- Seloka, M. A., Matshipi, M., Mphekgwana, P. M., & Monyeki, K. D. (2020). Obesity indices to use for identifying metabolic syndrome among rural adults in south africa. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(22), 1–10. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228321>
- Shen, W., Punyanitya, M., Chen, J., Gallagher, D., Albu, J., Pi-Sunyer, X., Lewis, C. E., Grunfeld, C., Heshka, S., & Heymsfield, S. B. (2006). Waist circumference correlates with metabolic syndrome indicators better than percentage fat. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 14(4), 727–736. <https://doi.org/10.1038/oby.2006.83>
- Singh, A. K., & Kari, J. A. (2013). Metabolic syndrome and chronic kidney disease. *Current Opinion in Nephrology and Hypertension*, 22(2), 198–203. <https://doi.org/10.1097/MNH.0b013e32835dda78>
- Susanto, N. F. (2016). *Deteksi dini penyakit demam berdarah dengan metode fuzzy expert system*. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Susilo, F. (2006). *Himpunan dan Logika Kabur Serta Aplikasinya*. Graha Ilmu.
- Wahyuti, W., Permana, I., & Salisah, F. N. (2018). Aplikasi Sistem Pakar Berbasis Android untuk Diagnosa Awal Penyakit Ginjal Manusia Menggunakan Metode Forward Chaining. *Sntiki*, 10(November), 121–128.
- Wulandari, D. A. N., & Prasetyo, A. (2018). Sistem Penunjang Keputusan Untuk Menentukan Status Gizi Balita Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto. *Jurnal Informatika*, 5(1), 22–33. <https://doi.org/10.31311/ji.v5i1.2440>

