

SKRIPSI

**SISTEM REKOMENDASI KONDISI KESEHATAN
SECARA *NON-INVASIVE* DENGAN *FUZZY TSUKAMOTO*
BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

***NON-INVASIVE INTERNET OF THINGS BASED HEALTH
CONDITION RECOMMENDATION SYSTEM WITH FUZZY
TSUKAMOTO***



Disusun oleh

RIFKI ARDIANSAH

20101003

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO**

2024

**SISTEM REKOMENDASI KONDISI KESEHATAN
SECARA *NON-IVASIVE* DENGAN *FUZZY* TSUKAMOTO
BERBASIS *INTERNET OF THINGS***

***NON-INVASIVE INTERNET OF THINGS BASED HEALTH
CONDITION RECOMMENDATION SYSTEM WITH FUZZY
TSUKAMOTO***

**Skripsi ini digunakan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
Gelar Sarjana Teknik (S.T.)
Di Institut Teknologi Telkom Purwokerto
2024**

Disusun oleh

**RIFKI ARDIANSAH
20101003**

DOSEN PEMBIMBING

**Mas Aly Afandi, S.ST., M.T.
Slamet Indriyanto, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK TELEKOMUNIKASI
FAKULTAS TEKNIK TELEKOMUNIKASI DAN ELEKTRO
INSTITUT TEKNOLOGI TELKOM PURWOKERTO
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

**SISTEM REKOMENDASI KONDISI KESEHATAN
SECARA *NON-IVASIVE* DENGAN *FUZZY TSUKAMOTO* BERBASIS
*INTERNET OF THINGS***

***NON-INVASIVE INTERNET OF THINGS BASED HEALTH CONDITION
RECOMMENDATION SYSTEM WITH FUZZY TSUKAMOTO***

Disusun oleh
RIFKI ARDIANSAH
20101003

Telah dipertanggungjawabkan di hadapan Tim Penguji pada tanggal 12 Juli 2024

Susunan Tim Penguji

Pembimbing Utama : Mas Aly Afandi, S.ST., M.T.
NIDN. 0617059302

()

Pembimbing Pendamping : Slamet Indriyanto, S.T., M.T.
NIDN. 0622028804

()

Penguji 1 : Yulian Zetta Maulana, S.T., M.T.
NIDN. 1012078103

()

Penguji 2 : Irmayatul Hikmah, S.Si., M.Si.
NIDN. 0610069301

()

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi
Institut Teknologi Telkom Purwokerto


Praseyo Yulianoro, S.T., M.T.
NIDN. 0620079201

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya, **RIFKI ARDIANSAH**, menyatakan bahwa skripsi dengan judul “**SISTEM REKOMENDASI KONDISI KESEHATAN SECARA *NON-IVASIVE* DENGAN *FUZZY* TSUKAMOTO BERBASIS *INTERNET OF THINGS*” adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan kecuai melalui pengutipan sesuai dengan etika keilmuan yang berlaku. Saya bersedia menanggung risiko ataupun sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila ditemukan pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam skripsi saya ini.**

Purwokerto, 25 Juni 2024

Yang menyatakan,



(Rifki Ardiansah)

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan kasih dan sayang-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Sistem Rekomendasi Kondisi Kesehatan Secara *Non-Invasive* Dengan *Fuzzy Tsukamoto* Berbasis *Internet of Things*”**”.

Maksud dari penyusunan skripsi ini adalah untuk memenuhi salah satu syarat dalam menempuh ujian sarjana Teknik Telekomunikasi pada Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro Institut Teknologi Telkom Purwokerto.

Dalam penyusunan skripsi ini, banyak pihak yang sangat membantu penulis dalam berbagai hal. Oleh karena itu, penulis sampaikan rasa terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Dr. Tenia Wahyuningrum, S.Kom, M.T. selaku Rektor Institut Teknologi Telkom Purwokerto.
2. Ibu Dr. Anggun Fitriani Isnawati, S.T., M.Eng. selaku Dekan Fakultas Teknik Telekomunikasi dan Elektro.
3. Bapak Prasetyo Yuliantoro, S.T, M.T. ketua Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi.
4. Bapak Mas Aly Afandi, S.ST., M.T. selaku pembimbing I.
5. Bapak Slamet Indriyanto, S.T., M.T. selaku pembimbing II.
6. Dewanda Amelia Rinjani, Dea Amelia Putri, Muhammad Najmi, Marchelina Naftaly Romaully Tobing, dan Bragi Wibisana, yang telah bersedia menjadi sukarelawan dalam penelitian ini.

Purwokerto, 25 Juni 2024

Yang menyatakan,



(Rifki Ardiansah)

ABSTRAK

Diabetes Melitus (DM) merupakan gangguan metabolik kronis yang dapat menyebabkan komplikasi serius jika tidak terkontrol. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem rekomendasi kondisi kesehatan secara *non-invasive* berbasis *Internet of Things* (IoT). Sistem ini menggunakan sensor MAX30102 dan mikrokontroler berbasis ESP8266 untuk mengukur detak jantung, saturasi oksigen, dan kadar gula darah. Metode *fuzzy* Tsukamoto diterapkan untuk memberikan rekomendasi kondisi kesehatan kepada pengguna. Berdasarkan hasil pengujian, sistem memiliki akurasi pengukuran detak jantung sebesar 95,04%, akurasi pengukuran saturasi oksigen sebesar 98,47%, dan akurasi pengukuran gula darah sebesar 92,52% dengan standar deviasi $\pm 9,93$ mg/dL dan presisi 90,76%. Hasil pengukuran dan rekomendasi ditampilkan pada layar OLED serta dikirimkan ke platform Telkom IoT menggunakan protokol MQTT dengan rata-rata *packet length* 207,83 *byte*. Dengan kemampuan pengukuran *non-invasive* dan rekomendasi kondisi kesehatan yang akurat, sistem ini diharapkan dapat membantu pengguna dalam memantau kondisi kesehatan serta sebagai pendeteksi untuk peringatan dini sebelum terjadi kondisi kritis seperti hipoglikemia maupun hiperglikemia pada penderita DM. Integrasi dengan platform IoT juga memungkinkan pemantauan jarak jauh dan pengumpulan data riwayat kesehatan.

Kata Kunci: DM, *Fuzzy* Tsukamoto, IoT, MQTT, *Non-invasive*.

ABSTRACT

Diabetes Mellitus (DM) is a chronic metabolic disorder that can cause serious complications if uncontrolled. This research aims to develop a non-invasive health condition recommendation system based on the Internet of Things (IoT). This system uses the MAX30102 sensor and ESP8266 microcontroller-based platform to measure heart rate, oxygen saturation, and blood glucose levels. The Tsukamoto fuzzy method is applied to provide health condition recommendations to users. Based on the test results, the system has an accuracy of 95.04% for heart rate measurement, 98.47% for oxygen saturation measurement, and 92.52% for blood glucose measurement with a standard deviation of ± 9.93 mg/dL and a precision of 90.76%. The measurement results and recommendations are displayed on an OLED screen and sent to the Telkom IoT platform using the MQTT protocol with an average packet length of 207.83 bytes. With the ability to perform non-invasive measurements and provide accurate health condition recommendations, this system is expected to help users monitor their health condition and serve as an early warning detector before critical conditions like hypoglycemia or hyperglycemia occur in DM patients. Integration with the IoT platform also allows for remote monitoring and collection of health history data.

Keywords: *DM, Fuzzy Tsukamoto, IoT, MQTT, Non-invasive.*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG.....	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	3
1.3 BATASAN MASALAH	3
1.4 TUJUAN	4
1.5 MANFAAT	4
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	4
BAB 2 DASAR TEORI.....	5
2.1 KAJIAN PUSTAKA	5
2.2 DASAR TEORI.....	7
2.2.1 Gula Darah	7
2.2.2 Detak Jantung	9
2.2.3 Saturasi Oksigen.....	9
2.2.4 Photoplethysmography	9
2.2.5 <i>Fuzzy Logic</i>	11
2.2.5.1 Cara Menuliskan Himpunan <i>Fuzzy</i>	11
2.2.5.2 Operasi Dasar <i>Fuzzy Set</i>	12
2.2.5.3 Interval <i>Fuzzy</i>	12
2.2.5.4 Fungsi Implikasi <i>Fuzzy</i>	13
2.2.6 Fungsi Keanggotaan	13

2.2.7	<i>Fuzzy Inference System (FIS)</i>	15
2.2.8	Metode Tsukamoto	16
2.2.9	Regresi Linier Sederhana	16
2.2.10	<i>Pulse Sensor</i>	17
2.2.11	Mikrokontroler	18
2.2.12	<i>Display OLED</i>	20
2.2.13	<i>Internet of Things</i>	20
	2.2.13.1 Komunikasi I2C	21
	2.2.13.2 Protokol MQTT	22
2.2.14	Telkom IoT	24
2.2.15	Arduino IDE	25
2.2.16	EasyEDA	25
2.2.17	Baterai <i>Lithium Ion</i>	26
2.2.18	<i>Mini DC Boost Converter</i>	27
2.2.19	Akurasi Sensor	27
2.2.20	Presisi Sensor	28
2.2.21	<i>Packet Length</i>	28
BAB 3	METODE PENELITIAN	30
3.1	ALUR PENELITIAN	30
3.2	ALAT DAN BAHAN	31
3.3	DESAIN SISTEM	32
3.4	PERANCANGAN SISTEM	33
3.5	PERANCANGAN <i>HARDWARE</i>	34
3.6	PERANCANGAN <i>SOFTWARE</i>	35
3.7	PERANCANGAN <i>FUZZY INFERENCE SYSTEM (FIS)</i>	37
	3.7.1 Fungsi Keanggotaan <i>Fuzzy</i>	37
	3.7.2 <i>Rule Base</i>	41
3.8	PENGOLAHAN DATA	42
	3.8.1 Pengolahan Data Sensor	42
	3.8.2 Klasifikasi Kondisi Kesehatan Dengan <i>Fuzzy Tsukamoto</i>	43
	3.8.3 Menampilkan Hasil dan Rekomendasi	44
3.9	METODE PENGUJIAN	44

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1 HASIL PERANCANGAN <i>HARDWARE</i>	45
4.2 HASIL PERANCANGAN <i>SOFTWARE</i>	48
4.3 PENGUJIAN SENSOR MAX30102	53
4.4 PENGUJIAN DETAK JANTUNG.....	54
4.5 PENGUJIAN SATURASI OKSIGEN.....	59
4.6 PENGUJIAN GULA DARAH.....	63
4.7 PENGUJIAN <i>FUZZY</i>	71
4.8 PENGUJIAN PENGIRIMAN DATA DAN <i>PACKET LENGTH</i>	75
BAB 5 PENUTUP.....	79
5.1 KESIMPULAN	79
5.2 SARAN	80
DAFTAR PUSTAKA	81

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Metode <i>Transmittance</i>	10
Gambar 2. 2 Metode <i>Reflectance</i>	10
Gambar 2. 3 Ilustrasi Logika <i>Fuzzy</i>	11
Gambar 2. 4 Interval <i>Fuzzy</i>	13
Gambar 2. 5 Kurva Linier Naik	14
Gambar 2. 6 Kurva Linier Turun	14
Gambar 2. 7 Kurva Segitiga.....	15
Gambar 2. 8 Kurva Bahu	15
Gambar 2. 9 Model Umum FIS.....	16
Gambar 2. 10 Bentuk Grafik Regresi Linier	17
Gambar 2. 11 <i>Pulse</i> Sensor	18
Gambar 2. 12 (a) NodeMCU, (b) ESP-01	19
Gambar 2. 13 <i>Display</i> OLED SSD1306	20
Gambar 2. 14 Implementasi IoT dalam Kehidupan	21
Gambar 2. 15 Komunikasi I2C dengan <i>Multiple Slave</i>	22
Gambar 2. 16 Ilustrasi Protokol MQTT	23
Gambar 2. 17 Arsitektur LayananTelkom IoT.....	24
Gambar 2. 18 Tampilan Arduino IDE.....	25
Gambar 2. 19 Tampilan EasyEDA.....	26
Gambar 2. 20 Baterai <i>Lithium Single Cell</i>	26
Gambar 2. 21 <i>Mini DC Boost Converter</i>	27
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Alur Penelitian.....	30
Gambar 3. 2 Desain Box Tampak Kiri.....	32
Gambar 3. 3 Desain Box Tampak Kanan.....	32
Gambar 3. 4 Blok Diagram Sistem	33
Gambar 3. 5 <i>Wiring Schematic</i>	34
Gambar 3. 6 <i>Flowchart</i> program.....	36
Gambar 3. 7 Fungsi Keanggotaan Gula Darah Sewaktu.....	37
Gambar 3. 8 Fungsi Keanggotaan Detak Jantung	38
Gambar 3. 9 Fungsi Keanggotaan Saturasi Oksigen.....	39

Gambar 3. 10 Fungsi Keanggotaan Diagnosa.....	40
Gambar 3. 11 Blok Diagram Pengolahan Data Detak Jantung.....	42
Gambar 3. 12 Blok Diagram Pengolahan Data Saturasi Oksigen.....	43
Gambar 3. 13 Blok Diagram Pengolahan Data Gula Darah	43
Gambar 4. 1 (a) Tampak Kiri, (b) Tampak Kanan.....	45
Gambar 4. 2 Rangkaian Tampak Depan	46
Gambar 4. 3 Rangkaian Tampak Belakang.....	47
Gambar 4. 4 GUI <i>Device Configuration</i> pada Sistem.....	48
Gambar 4. 5 Tampilan pada OLED ketika GUI aktif	49
Gambar 4. 6 Tampilan Dashboard Platform Telkom IoT Bagian 1.....	49
Gambar 4. 7 Tampilan Dashboard Platform Telkom IoT Bagian 2.....	50
Gambar 4. 8 Cuplikan Program Pengukuran Detak Jantung	50
Gambar 4. 9 Cuplikan Program Pengukuran Saturasi Oksigen	51
Gambar 4. 10 Cuplikan Program Pengukuran Gula Darah.....	52
Gambar 4. 11 Cuplikan Program <i>Fuzzy</i> Bagian 1	52
Gambar 4. 12 Program <i>Fuzzy</i> Bagian 2	53
Gambar 4. 13 Data Mentah Pengukuran Sensor MAX30102.....	54
Gambar 4. 14 Pengujian Detak Jantung.....	54
Gambar 4. 15 Pengujian Saturasi Oksigen.....	59
Gambar 4. 16 Grafik Regresi Linier	65
Gambar 4. 17 (a) Pengukuran <i>Glucometer</i> , (b) Pengukuran Sistem.....	66
Gambar 4. 18 (a) Keluaran <i>Fuzzy</i> Sistem, (b) Keluaran <i>Fuzzy</i> Matlab.....	71
Gambar 4. 19 Sampel Data yang Dikirimkan ke Telkom IoT	75
Gambar 4. 20 <i>Flow Graph</i> Proses Komunikasi Protokol MQTT	75
Gambar 4. 21 Ukuran Paket MQTT.....	76
Gambar 4. 22 Data Frame Keseluruhan.....	77

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria Kadar Gula Darah.....	8
Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP8266	19
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan.....	31
Tabel 3. 2. Koneksi Pin.....	35
Tabel 3. 3 <i>Fuzzy Rule Base</i>	41
Tabel 4. 1 Hasil Pengukuran Uji Detak Jantung Subjek Pertama.....	55
Tabel 4. 2 Hasil Pengukuran Uji Detak Jantung Subjek Kedua	56
Tabel 4. 3 Hasil Pengukuran Uji Detak Jantung Subjek Ketiga	56
Tabel 4. 4 Hasil Pengukuran Uji Detak Jantung Subjek Keempat	57
Tabel 4. 5 Hasil Pengukuran Uji Detak Jantung Subjek Kelima	58
Tabel 4. 6 <i>Error</i> dan Akurasi Detak Jantung Keseluruhan.....	58
Tabel 4. 7 Hasil Pengukuran Uji Saturasi Oksigen Subjek Pertama.....	60
Tabel 4. 8 Hasil Pengukuran Subjek Uji Saturasi Oksigen Kedua	60
Tabel 4. 9 Hasil Pengukuran Uji Saturasi Oksigen Subjek Ketiga.....	61
Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran Uji Saturasi Oksigen Subjek Keempat	62
Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran Uji Saturasi Oksigen Subjek Kelima.....	62
Tabel 4. 12 <i>Error</i> dan Akurasi Saturasi Oksigen Keseluruhan.....	63
Tabel 4. 13 Nilai Titik Kalibrator	64
Tabel 4. 14 Hasil Pengukuran Uji Gula Darah Subjek Pertama	66
Tabel 4. 15 Hasil Pengukuran Uji Gula Darah Subjek Kedua.....	67
Tabel 4. 16 Hasil Pengukuran Uji Gula Darah Subjek Ketiga.....	68
Tabel 4. 17 Hasil Pengukuran Uji Gula Darah Subjek Keempat.....	68
Tabel 4. 18 Hasil Pengukuran Uji Gula Darah Subjek Kelima.....	69
Tabel 4. 19 <i>Error</i> dan Akurasi Gula Darah Keseluruhan	69
Tabel 4. 20 Hasil Pengukuran Subjek Keseluruhan.....	70
Tabel 4. 21 Perhitungan Presisi.....	70
Tabel 4. 22 <i>Output</i> Tahap Fuzzifikasi.....	72
Tabel 4. 23 <i>Output</i> Tahap Inferensi	72
Tabel 4. 24 Hasil Pengujian <i>Fuzzy</i>	74
Tabel 4. 25 Tabel Pengujian <i>Packet Length</i>	77

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Desain Sistem

Lampiran B Spesifikasi Alat Pemandang

Lampiran C Pengujian Detak Jantung dan Saturasi Oksigen Sukarelawan 1

Lampiran D Pengujian Detak Jantung dan Saturasi Oksigen Sukarelawan 2

Lampiran E Pengujian Detak Jantung dan Saturasi Oksigen Sukarelawan 3

Lampiran F Pengujian Detak Jantung dan Saturasi Oksigen Sukarelawan 4

Lampiran G Pengujian Detak Jantung dan Saturasi Oksigen Sukarelawan 5

Lampiran H Pengujian Gula Darah Sukarelawan 1

Lampiran I Pengujian Gula Darah Sukarelawan 2

Lampiran J Pengujian Gula Darah Sukarelawan 3

Lampiran K Pengujian Gula Darah Sukarelawan 4

Lampiran L Pengujian Gula Darah Sukarelawan 5

Lampiran M Data Kalibrator Gula Darah

Lampiran N Perhitungan Regresi Linier

Lampiran O Pengujian *Fuzzy*

Lampiran P *Capture* dari Aplikasi Wireshark