

Penerapan Logika Fuzzy Sebagai Alat Deteksi Hipotermia dan Hipertermia pada Manusia Berbasis Internet of Thing (IoT)

Widya Cahyadi, Ali Rizal Chaidir, dan Muchammad Farhan Anda
Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Jember
Jl. Kalimantan No. 37, Sumbersari, Jember 68121
e-mail: cahyadi@unej.ac.id

Abstrak—Kesehatan merupakan suatu hal yang penting bagi kehidupan manusia. Salah satu cara untuk menentukan kesehatan seseorang dapat dilakukan dengan pemeriksaan tanda-tanda vital (TTV) untuk mengetahui tanda klinis dengan mengukur fungsi tubuh paling dasar. Pemeriksaan TTV juga berguna dalam penentuan perencanaan medis yang sesuai dan dapat digunakan untuk memperkuat diagnosis suatu penyakit. Sebagian besar penyakit atau bahkan kematian terkait suhu paparan lingkungan dapat dicegah, namun seringkali keputusan yang tidak tepat dialami oleh korban atau terlambatnya pelaporan pasien. Meskipun seseorang dalam kondisi sehat dapat mengalami berbagai tingkat paparan panas atau dingin pada waktu yang berbeda, namun seseorang akan relatif cenderung berisiko mengalami penyakit dan kematian pada suhu lingkungan yang ekstrim. Salah satu solusi untuk mengatasi masalah tersebut adalah penggunaan alat deteksi hipotermia dan hipertermia berbasis *Internet of Thing* (IoT) yang dapat mendeteksi penyakit lebih dini sehingga dapat dilakukan pencegahan sebelum menjadi lebih berbahaya. Fitur-fitur alat ini meliputi pengukuran suhu tubuh, detak jantung, serta pendeteksi hipotermia dan hipertermia. Pada penelitian ini, dilakukan pengujian penerapan logika *fuzzy* sebagai alat deteksi hipotermia dan hipertermia berdasarkan suhu tubuh dan detak jantung berbasis IoT. Hasil pengujian sistem dengan 10 subjek dari alat instrumentasi menunjukkan hasil yang sama dengan keterangan petugas medis dengan tingkat keberhasilan mencapai 100%.

Kata kunci: *detak jantung, hipertermia, hipotermia, logika fuzzy, suhu tubuh*

Abstract—Health is an important thing for human life. One way to determine a person's health can be done by examining vital signs (TTV) to find out clinical signs by measuring the most basic body functions. TTV examination is also useful in determining the appropriate medical planning and can be used to strengthen the diagnosis of a disease. Most of the illness or even death related to environmental exposure temperature can be prevented, but often the victim's decision is wrong or the patient's reporting is delayed. Although a person in good health may experience varying degrees of exposure to heat or cold at different times, a person will be relatively at risk for illness and death in extreme environmental temperatures. One solution to overcome this problem is the use of Internet of Thing (IoT)-based hypothermia and hyperthermia detection tools that can detect disease early so that prevention can be done before it becomes more dangerous. The features of this tool are the measurement of body temperature, heart rate, and the detection of hypothermia or hyperthermia. This study, testing the application of fuzzy logic as a hypothermia and hyperthermia detection tool based on IoT-based body temperature and heart rate. The results of system testing with 10 subjects from instrumentation tools showed the same results as the medical officer's statement with a 100% success rate.

Keywords: *heart rate, hyperthermia, hypothermia, fuzzy logic, body temperature*

I. PENDAHULUAN

Pendeteksian dini terhadap kondisi kesehatan seseorang adalah salah satu langkah penting yang dapat dilakukan dengan pemeriksaan tanda-tanda vital (TTV). Pemeriksaan TTV ini berguna untuk mengetahui tanda klinis dengan mengukur fungsi tubuh paling dasar serta berguna dalam penentuan perencanaan medis yang sesuai dan digunakan untuk memperkuat diagnosis suatu penyakit [1].

Paparan suhu ekstrem secara langsung tanpa pelindung mempengaruhi proses dan mekanisme otomatis yang dilakukan makhluk hidup untuk mempertahankan kondisi konstan agar tubuhnya dapat berfungsi dengan normal, meskipun terjadi perubahan pada lingkungan di dalam atau di luar tubuh (homeostasis) [2]. Sebagian besar penyakit atau kematian terkait suhu paparan lingkungan dapat dicegah tetapi seringkali didahului oleh pilihan yang tidak tepat oleh korban atau terlambatnya pelaporan pasien [3].

Pemantauan dan pengukuran suhu tubuh merupakan kegiatan yang sangat penting dalam dunia kesehatan untuk mengetahui kondisi pasien. Orang dewasa dalam keadaan sehat mempunyai suhu tubuh normal antara $35,8^{\circ}\text{C} - 37,5^{\circ}\text{C}$. Pada pagi hari suhu akan mendekati $35,5^{\circ}\text{C}$, sedangkan pada malam hari mendekati $37,7^{\circ}\text{C}$. Pengukuran suhu di bagian rektum juga lebih tinggi yaitu sekitar $0,5^{\circ} - 1^{\circ}\text{C}$, jika dibandingkan suhu dibagian mulut. Selain itu suhu di bagian mulut $0,5^{\circ}\text{C}$ lebih tinggi dibandingkan suhu di bagian aksila [4]. Apabila suhu tubuh kurang dari $35,6^{\circ}\text{C}$ maka diindikasikan menderita hipotermia, sedangkan apabila suhu tubuh lebih dari $37,5^{\circ}\text{C}$ maka diindikasikan menderita hipertermia.

Alat *monitoring* berupa *Nurse Call* portabel sebelumnya pernah dibuat oleh Afif Ikraria yang memiliki kekurangan yaitu belum dilengkapi dengan pengukuran detak jantung dalam *beat per minute* (BPM) dan suhu tubuh [5]. Kemudian dikembangkan oleh Dyah Koirunnisa dengan menambah monitor BPM [6]. Selanjutnya alat ini dikembangkan kembali oleh Yogi Yuda Kusuma dan Naja Filashofa Ahmada, dengan menambahkan *Wireless Nurse Call* [7]. Selanjutnya dikembangkan lagi oleh Nadya Nezwa Damayanti, Triana Rahmawati, Muhammad Ridha Mak'rif dengan menambahkan tampilan pada PC dengan indikator *hipertermia* dan *hipotermia* untuk suhu tubuh, serta *Bradycardia* dan *Tachycardia* [8]. Keempat alat *monitoring* yang pernah dibuat tersebut belum dilengkapi dengan logika *fuzzy* sebagai sistem pengambilan keputusan hipotermia atau hipertermia.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut maka penulis ingin memodifikasi dan menyempurnakan alat tersebut dengan mengaplikasikan logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* ini dapat memodelkan fungsi-fungsi yang tidak linier. Salah satu kelebihan menggunakan logika *fuzzy* ini yaitu mampu mengaplikasikan pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan [9]. Alat ini juga dilengkapi dengan teknologi *Internet of Thing* (IoT), yaitu dengan sistem otomatisasi pelaporan pemantauan yang berfungsi untuk memantau dan melaporkan kondisi pasien secara cepat, tepat dan akurat. Apabila kondisi detak jantung atau suhu tubuh pasien jauh dari normal maka pasien dapat melaporkan diri melalui aplikasi [10]. Alat ini diharapkan dapat memperbaiki teknologi medis serta dapat menurunkan tingkat resiko kematian akibat sistem pelaporan yang kurang baik. Pada penelitian ini penulis menyusun alat deteksi hipotermia dan hipertermia berdasarkan suhu tubuh dan detak jantung manusia pada masa remaja sampai dewasa awal berbasis (IoT) [11].

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Hipertermia

Hipertermia ditandai dengan meningkatnya suhu tubuh yang melampaui kemampuan tubuh untuk mengeluarkan panas. Suhu inti tubuh pada keadaan hipertermia dapat berkisar antara 40°C sampai 47°C . Pada keadaan ini bisa terjadi disfungsi otak, gejala ringan pada susunan saraf

pusat biasanya berupa gangguan perilaku, seringkali gejala yang timbul adalah derilium. Pada pasien dengan hipertermia akan terjadi takikardi dan hiperventilasi [12].

B. Hipotermia

Hipotermia disebabkan oleh lepasnya panas dari dalam tubuh yang dikarenakan proses konduksi, konveksi, radiasi, atau transpirasi. Keadaan suhu tubuh tergolong dalam hipotermia ketika berada dibawah 35°C , dan dapat dikategorikan sebagai berikut:

- a. Hipotermia Ringan : $32^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}$
- b. Hipotermia Sedang : $28^{\circ}\text{C} - 32^{\circ}\text{C}$
- c. Hipotermia Berat : $< 28^{\circ}\text{C}$ [12]

C. Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* adalah suatu metode untuk memetakan variabel kata-kata (*linguistic variable*) suatu ruang *input* ke dalam suatu ruang *output*. Logika *fuzzy* ini dapat didefinisikan sebagai logika kabur karena himpunan *fuzzy* ini memiliki batasan yang tidak presisi, dan bukan dalam bentuk logika benar (*true*) atau salah (*false*), tetapi dinyatakan dalam derajat keanggotaan [13].

III. METODE

A. Metodologi Pengumpulan Data

Pada penelitian ini dilakukan beberapa tahap untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan. Tahapannya yaitu perancangan dan pengujian yang dimulai dengan penentuan metode logika *fuzzy* dan *rule base* yang digunakan pada pengujian. Parameter yang digunakan berupa suhu tubuh dan detak jantung. Untuk mempermudah pengujian, maka disusun diagram alir algoritma pengujian seperti pada Gambar 1.

Berdasarkan tahapan Gambar 1, pengujian ini akan dimulai dengan inialisasi sensor detak jantung dan suhu tubuh. Sensor kemudian mengambil data detak jantung dan suhu tubuh setiap 5 detik. Apabila sensor tidak membaca nilai tubuh dan detak jantung maka kembali ke inialisasi sensor suhu tubuh dan detak jantung. Data suhu tubuh dan detak jantung akan melalui proses fuzzyfikasi kemudian hasil fuzzyfikasi yaitu berupa nilai suhu tubuh, detak jantung dan hasil deteksi akan ditampilkan pada LCD dan mengirim hasil data suhu tubuh, detak jantung dan hasil deteksi ke jaringan internet sehingga bisa dilihat pada aplikasi.

A. Perancangan Desain Alat

Tampilan dari desain alat deteksi hipotermia dan hipertermia ini berupa data suhu tubuh, detak jantung dan hasil deteksi yang ditampilkan pada LCD seperti pada Gambar 2. Kemudian pada aplikasi Blynk akan ditampilkan data suhu tubuh, detak jantung, hasil deteksi dan nilai *fuzzy*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

B. Perancangan Sistem

Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa terdapat beberapa blok proses sebelum data masuk kedalam pemroses *fuzzy*. Pertama adalah proses pengambilan data suhu pada tubuh manusia dengan menggunakan sensor suhu DS18B20. Data suhu didapatkan dengan memasang DS18B20 yang ditempatkan pada ketiak individu untuk mendapatkan data suhu dan *pulse sensor* yang diletakkan di pergelangan tangan untuk mendapatkan data detak jantung. Setelah itu, data yang didapat masuk ke dalam blok perhitungan suhu tubuh, untuk dirubah agar bisa dilakukan proses perhitungan dalam mikrokontroler. Kemudian setelah didapatkan nilai berupa data yang masuk, data diklasifikasi dengan menggunakan logika *fuzzy* yang kemudian keluaran dari proses klasifikasi ini adalah berupa status individu yang

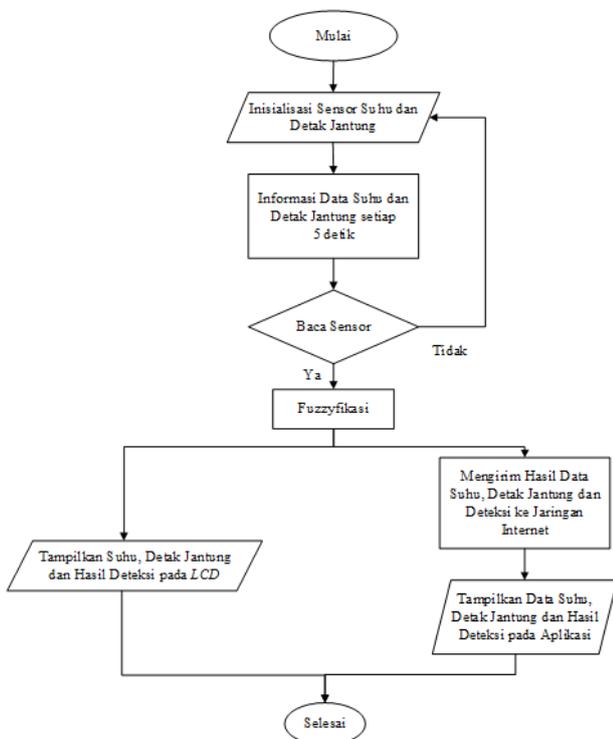
merupakan representasi dari data yang masuk kedalam blok proses. Lalu nilai status individu tersebut diteruskan pada keluaran berupa LCD dan aplikasi.

C. Desain Logika Fuzzy

Fungsi keanggotaan detak jantung menggunakan parameter pada Tabel 1 dimana parameter tersebut merupakan detak jantung orang dewasa yaitu pada umur lebih dari 14 tahun. Parameter tersebut diimplementasikan dalam bentuk kurva trapesium dengan menggunakan *software* MATLAB.

Fungsi keanggotaan suhu tubuh menggunakan parameter pada Tabel 2 dimana parameter tersebut merupakan panas tubuh orang dewasa yaitu pada umur lebih dari 17 tahun. Parameter tersebut diimplementasikan dalam bentuk kurva trapesium dengan menggunakan *software* MATLAB.

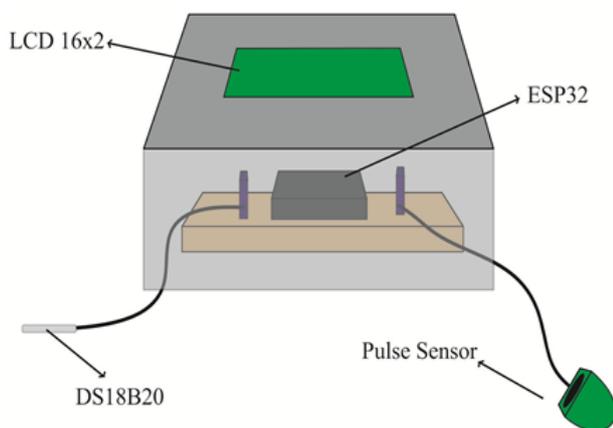
Fungsi keanggotaan detak jantung yang ditunjukkan pada Gambar 5, merupakan representasi dari Tabel 1 dimana nilai *input* keadaan detak jantung lambat, normal, dan cepat. Detak jantung diukur dengan parameter satuan *beats per minute* (bpm).



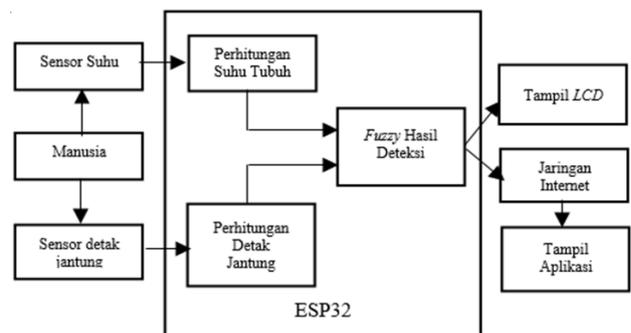
Gambar 1. Flowchart algoritma pengujian



Gambar 3. Tampilan pada aplikasi Blynk



Gambar 2. Perancangan alat



Gambar 4. Desain kendali sistem

Fungsi keanggotaan suhu tubuh seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, merupakan representasi dari Tabel 2 dimana nilai *input* dari suhu tubuh dari keadaan suhu sangat dingin, dingin, agak dingin, normal, agak panas, panas, sangat panas. Suhu badan diukur dengan parameter satuan derajat celsius.

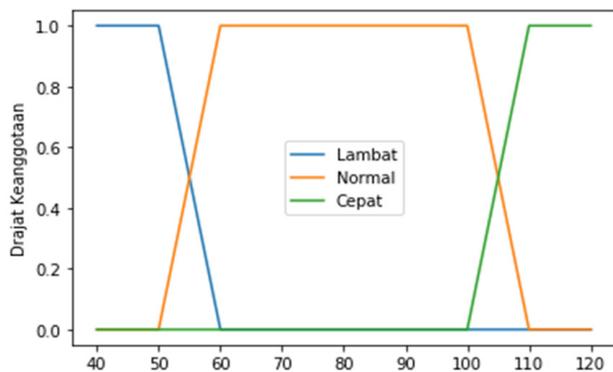
Fungsi keanggotaan hasil deteksi yang ditunjukkan pada Gambar 7 adalah hasil keputusan dari *rule base* yang dibuat berdasarkan detak jantung dan suhu tubuh. Luaran tersebut dipengaruhi oleh data yang berubah-ubah berdasarkan nilai yang dikeluarkan setiap sensor. Pada

Tabel 1. *Input* Detak Jantung

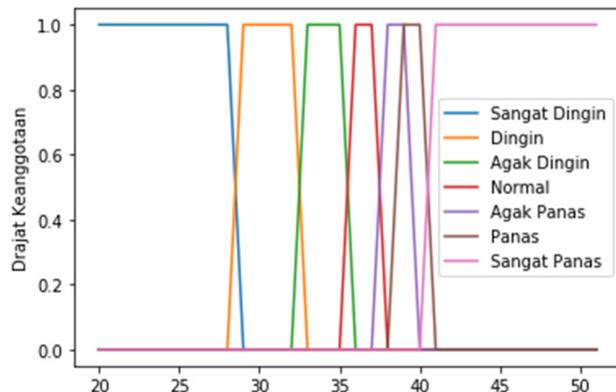
Keadaan Detak Jantung	Detak Jantung (BPM)
Lambat	0 – 60
Normal	50 – 110
Cepat	100 – 200

Tabel 2. *Input* suhu tubuh

Keadaan Suhu Badan	Suhu Badan (°C)
Sangat Dingin	20 – 29
Dingin	28 – 33
Agak Dingin	32 – 36
Normal	35 – 38
Agak Panas	37 – 40
Panas	38 – 41
Sangat Panas	40 – 50



Gambar 5. Fungsi keanggotaan detak jantung



Gambar 6. Fungsi keanggotaan suhu tubuh

Gambar 7 merupakan representasi dari Tabel 3 dimana nilai *output* yang diambil menggunakan metode *centroid* dengan mengambil titik tengah pada area keputusan.

D. Rancangan Alat

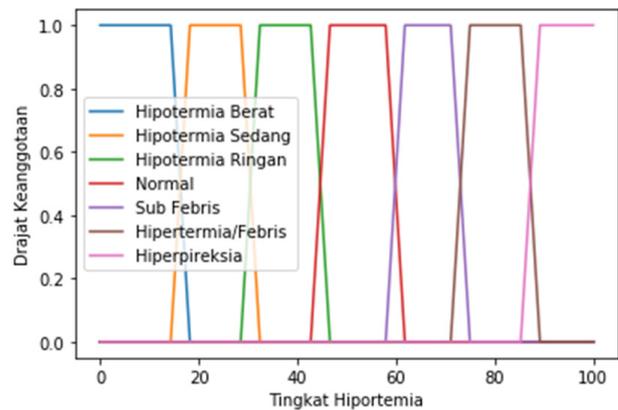
Pada Gambar 8 merupakan rancangan elektronika yang terdiri dari beberapa komponen yang digunakan, yaitu ESP32, *pulse sensor*, DS18B20, dan LCD 16x2.

E. Rule Base

Rule base yang digunakan sebanyak 14 *rule* dalam mengambil keputusan ditunjukkan pada Tabel 4. Dalam

Tabel 3. *Output* fuzzy

Deteksi Pasien	Nilai <i>Fuzzy</i> (%)
Hipotermia Berat	0 - 18,3
Hipotermia Sedang	14,2 - 32,5
Hipotermia Ringan	28,4 - 46,7
Normal	42,6 - 61,9
Sub Febris	57,8 - 75,1
Hipertermia/Febris	71,0 - 89,3
Hiperpireksia	85,2 – 100



Gambar 7. Fungsi keanggotaan hasil deteksi



Gambar 8. Rancangan alat

pengambilan keputusan berdasarkan bidang studi yang telah dikonsultasikan ke pakar.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Sensor DS18B20

Diketahui pada Tabel 5 bahwa sensor mempunyai nilai yang sesuai dimana memiliki *error* persen paling kecil yaitu sebesar 0,14% pada percobaan ketika suhu tubuh sebesar 35,05°C. Tabel 5 menunjukkan bahwa *error* persen rata – rata pada 10 kali percobaan yaitu sebesar 0,99%.

B. Pengujian Pulse Sensor

Diketahui pada Tabel 6 bahwa sensor mempunyai nilai yang sesuai dimana memiliki *error* persen paling kecil

Tabel 4. Rule base fuzzy logic

No.	Suhu	Detak Jantung	Hasil Deteksi
1	Sangat Dingin	Lambat	HB
2	Dingin	Lambat	HS
3	Agak Dingin	Lambat	HS
4	Agak Dingin	Sedang	HR
5	Agak Dingin	Cepat	HR
6	Sedang	Lambat	N
7	Sedang	Sedang	N
8	Sedang	Cepat	N
9	Agak Panas	Lambat	N
10	Agak Panas	Sedang	SF
11	Agak Panas	Cepat	SF
12	Panas	Sedang	HF
13	Panas	Cepat	HF
14	Sangat Panas	Cepat	HP

Keterangan :
 HB = Hipotermia Berat SF = Sub Febris
 HS = Hipotermia Sedang HF = Hipertermia/Febris
 HR = Hipotermia Ringan HP = Hiperpireksi
 N = Normal

Tabel 5. Pengujian sensor DS18B20

Subjek	DS18B20	Thermometer	Error %
Subjek 1	36,09	35,90	0,53
Subjek 2	35,14	35,40	0,73
Subjek 3	35,43	35,80	1,03
Subjek 4	35,43	35,90	1,31
Subjek 5	34,92	35,30	1,08
Subjek 6	36,16	36,50	0,93
Subjek 7	35,95	35,60	0,98
Subjek 8	35,05	35,00	0,14
Subjek 9	34,48	35,00	1,49
Subjek 10	35,58	36,20	1,71
Rata – Rata			0,99

yaitu sebesar 0,96% pada percobaan ketika detak jantung sebesar 106 BPM. Tabel 6 menunjukkan bahwa *error* persen rata – rata pada 10 kali percobaan yaitu sebesar 2,87 %.

C. Pengujian Sistem

Pada pengujian sistem logika fuzzy, pada Tabel 7 menunjukkan bahwa sistem telah mempunyai nilai yang bagus dimana memiliki *error* persen 0% pada percobaan ketika detak jantung dan suhu tubuh sebesar 79 BPM dan 35.5 °C. Tabel 7 menunjukkan bahwa *error* persen rata – rata pada 5 kali percobaan yaitu sebesar 0.076%.

Pada pengujian sistem secara *online* dan *offline*, pada Tabel 8, dalam 5 kali percobaan menunjukkan bahwa hasil pengujian secara *online* sama persis dengan hasil pengujian secara *offline*, dengan tingkat keberhasilan 100%.

D. Pengujian Keseluruhan

Pada pengujian alat keseluruhan ini kami melakukan 10 kali percobaan dengan pasien yang berbeda. Dapat dilihat pada Tabel 9 Data Pengujian alat dengan keterangan petugas medis dari 10 kali percobaan alat mendeteksi hasil yang sama persis dengan keterangan dari petugas medis.

Tabel 6. Pengujian pulse sensor

Subjek	Pulse Sensor	Pulse Oxymeter	Error %
Subjek 1	104	102	1,96
Subjek 2	95	92	3,26
Subjek 3	65	70	7,14
Subjek 4	106	105	0,95
Subjek 5	106	104	1,92
Subjek 6	87	88	1,14
Subjek 7	100	98	2,04
Subjek 8	99	103	3,88
Subjek 9	104	100	4,00
Subjek 10	80	82	2,44
Rata – Rata			2,87

Tabel 7. Pengujian sistem logika fuzzy

No.	Suhu (°C)	Detak Jantung (BPM)	Nilai Fuzzy		Hasil Deteksi	Error (%)
			Alat	Matlab		
1	35.5	79	44	44	Normal	0
2	36.2	87	51,18	51,2	Normal	0,04
3	34.6	92	37,25	37,2	Hipotermia Ringan	0,13
4	33.1	85	37,25	37,2	Hipotermia Ringan	0,13
5	36.2	109	51,16	51,2	Normal	0,08
Rata-rata						0,076

Tabel 8. Pengujian sistem secara online dan offline

No	Suhu (°C)	Detak Jantung (BPM)	Pengujian secara offline		pengujian secara online		Ket
			Nilai Fuzzy	Hasil	Nilai Fuzzy	Hasil	
1	79	35.5	44	N	44	N	B
2	87	36.2	51,18	N	51,18	N	B
3	92	34.6	37,25	HR	37,25	HR	B
4	85	33.1	37,25	HR	37,25	HR	B
5	36.2	109	51,16	N	51,16	N	B
Tingkat Keberhasilan							100%

Keterangan :

N = Normal HR = Hipotermia Ringan B = Berhasil

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan dan perancangan sistem, diperoleh hasil analisa pengujian data sensor DS18B20 dengan 10 subjek menghasilkan nilai *error* persen rata-rata sebesar 0,99% sedangkan pada pengujian data *pulse* sensor dengan 10 subjek menghasilkan nilai *error* persen rata-rata sebesar 2,87%. Pada pengujian sistem logika *fuzzy* dengan 5 subjek menghasilkan nilai *error* persen rata-rata 0,076% sedangkan pada pengujian sistem secara *online* dan *offline* tingkat keberhasilan mencapai 100%. Pada pengujian keseluruhan sistem dengan 10 subjek hasil alat menunjukkan hasil yang sama dengan keterangan petugas medis, sehingga dapat disimpulkan bahwa alat instrumentasi yang telah dibuat menunjukkan tingkat keberhasilan 100%.

REFERENSI

[1] I. Prayogo, R. Alfita, and K. A. Wibisono, "Sistem monitoring denyut jantung dan suhu tubuh sebagai indikator level kesehatan pasien berbasis IoT (Internet of Thing) dengan metode fuzzy menggunakan Android," *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer TRIAC*, vol. 4, no. 2, Augt. 2017.

[2] A. N. Miller, D. M. Hunsaker, and J. C. Hunsaker, "Hypothermia and hyperthermia medicolegal investigation of morbidity and mortality from exposure to environmental temperature extremes," *Arch Pathol Lab Med.*, vol. 130, no. 9, Sep. 2016.

[3] J. Berko, D. D. Ingram, S. Saha, and J. D. Parker, "Deaths attributed to heat, cold, and other weather events in the United States, 2006–2010," *National Health Statistic Report*, vol. 30, no. 76, Jul. 2014.

[4] L. Sherwood, *Fisiologi Manusia*, 8th ed., Jakarta, Indonesia: EGC, 2014, pp. 692–693.

Tabel 9. Data pengujian alat dengan keterangan petugas medis

Subjek	Suhu (°C)	Detak Jantung (BPM)	Pengujian		Ket
			Alat	Petugas Medis	
Subjek 1	36.09	104	Normal	Normal	Berhasil
Subjek 2	35.14	95	Hipotermia Ringan	Hipotermia Ringan	Berhasil
Subjek 3	35.43	65	Normal	Normal	Berhasil
Subjek 4	35.43	106	Normal	Normal	Berhasil
Subjek 5	34.92	106	Hipotermia Ringan	Hipotermia Ringan	Berhasil
Subjek 6	36.16	87	Normal	Normal	Berhasil
Subjek 7	35.94	100	Normal	Normal	Berhasil
Subjek 8	35.05	99	Normal	Normal	Berhasil
Subjek 9	34.48	104	Hipotermia Ringan	Hipotermia Ringan	Berhasil
Subjek 10	35.58	80	Normal	Normal	Berhasil
Tingkat Keberhasilan					100%

[5] A. Ikraria, "KTI Monitoring Nurse Call Portabel," Jurusan Teknik Elektromedik – Poltekkes Kemenkes, Surabaya, 2011.

[6] D. Khoirunnisa, "KTI Monitoring BPM dan Suhu Tubuh menggunakan Wireless berbasis Mikrokontroler Atmega8," Jurusan Teknik Elektromedik – Poltekkes Kemenkes, Surabaya, 2013.

[7] Y. Y. Kusuma, "KTI Wireless Nurse Call dengan Parameter Temperature," Jurusan Teknik Elektromedik - Poltekkes Kemenkes, Surabaya, 2015.

[8] N. N. Damayanti, T. Rahmawati, and M. R. Mak'ruf, "KTI Wireless monitoring BPM dan suhu dilengkapi nurse call berbasis PC," Jurusan Teknik lektromedik-Poltekkes Kemenkes, Surabaya, 2016.

[9] D. N. Meivita, S. B. Utomo, and B. Supeno, "Rancang bangun alat ukur kondisi kesehatan pada pendaki gunung berbasis fuzzy logic," in *Proc. Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi (SNATI)*, Augt. 2016.

[10] R. S. Kusuma, M. Pamungkasty, F. S. Akbaruddin, and U. Fadlilah, "Prototipe alat monitoring kesehatan jantung berbasis IoT," *Emitor: Jurnal Teknik Elektro*, vol.18, no. 2, 2016.

[11] W. Artha, B. Murthi and Haryanto, "Rancang bangun alat ukur detak jantung dan suhu tubuh manusia berbasis mikrokontroler Atmega16," *Jurnal Ilmiah Go Infotech*, vol. 20, no. 1, pp. 18–24, 2014.

[12] S. Setiati, *Buku Ajar Ilmu Penyakit Dalam*. Jakarta, Indonesia: Interna Publishing, 2014.

[13] S. Agung, *Logika Fuzzy dengan Matlab (Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi dengan Fuzzy Tsukamoto)*, Bali, Indonesia: Jayapangus Press, 2018.