

## Penerapan Fuzzy Tsukamoto pada Alat Deteksi Penyakit Hipoksemia, Hipotermia, Hipertensi, dan Diabetes untuk Health Care Kiosk

Heny Yuniarti<sup>1\*</sup>, Riyanto Sigit<sup>2\*</sup>, Muhammad Aunur Rofiq<sup>3\*</sup>

\*Teknik Informatika dan Komputer, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
[heny@pens.ac.id](mailto:heny@pens.ac.id)<sup>1</sup>, [riyanto@pens.ac.id](mailto:riyanto@pens.ac.id)<sup>2</sup>, [pikivicky33@ce.student.pens.ac.id](mailto:pikivicky33@ce.student.pens.ac.id)<sup>3</sup>

### Article Info

#### Article history:

Received 2020-11-16

Revised 2020-12-04

Accepted 2020-12-07

#### Keyword:

Diabetes,  
Fuzzy Method,  
Hipertensi,  
Hipoksemia,  
Hipotermia.

### ABSTRACT

Most of people in Indonesia need fast, right, and accurate health medical service. But as we know in hospital takes many time just for check our health condition. This research make a Health Care Kiosk for medical check up, without using a doctor, so that kiosk can detect many diseases automatically. This research focused on 4 diseases such as hypothermia, hypoxemia, hypertension and diabetes. System using Embedded PC for data processing automatically. There are many medical sensor such as thermometer, heart rate sensor, blood pressure sensor, SPO2 sensor, and glucometer sensor for check health condition. System can make a decision if that patient healthy or not automatically because it uses fuzzy method for that decision. The result of this paper is this system can detect every diseases and that error for each sensor are body temperature has 1.05% error, oxygen level has 1.90% error, heart rate has 5.78% error, blood pressure sistolic has 4.16% error, blood pressure diastolic has 4.87% error and glucosa level in blood has 4.01% error. This system integrated with database MySQL for save that result. The accuracy from fuzzy method is 100% right and fuzzy tsukamoto can process input well.



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

### I. PENDAHULUAN

Pada zaman yang modern ini teknologi berkembang sangatlah cepat di berbagai macam bidang, salah satunya pada bidang medis atau yang disebut biomedical teknologi. Terdapat banyak penelitian tentang biomedical teknologi seperti penelitian tentang pemantauan data medis pasien menggunakan 2 sensor [1], pemantauan detak jantung pasien [2], dan masih banyak penelitian lainnya. Tetapi meskipun sudah banyak penelitian mengenai biomedical teknologi, masih terdapat masalah yang ada di rumah sakit, puskesmas dan tempat medis lainnya seperti masalah lamanya waktu saat ingin melakukan pengecekan keadaan kondisi tubuh pasien atau yang sering disebut *medical check up*.

Seperti yang kita ketahui melakukan pengecekan kesehatan secara rutin merupakan tindakan yang sangat

penting bagi manusia karena dengan melakukan pengecekan kesehatan secara rutin kita bisa mengetahui keadaan kondisi tubuh kita untuk mempersiapkan lebih awal apabila terdapat gejala-gejala penyakit yang ada pada tubuh kita, untuk mengetahui penyakit yang mungkin bisa mengenai tubuh kita, dan melakukan penanganan yang cepat dan tepat apabila tubuh kita terkena penyakit secara tiba-tiba. Tetapi saat melakukan pengecekan kesehatan terdapat suatu masalah yang sering kita alami terutama pada bagian penanganan pasien yang melakukan pengecekan kesehatan yaitu terlalu lama pasien menunggu atau mengantri untuk melakukan pengecekan kesehatan. Berdasarkan Kompas.com (2019), tingkat pelayanan rumah sakit di Indonesia relatif rendah. Ini tercermin dari kendala masyarakat dalam mendapatkan layanan kesehatan di beberapa rumah sakit. Pasien yang menderita penyakit berat

diminta menanti pelayanan hingga 1 bulan lamanya di rumah.

*Health Care Kiosk* adalah kios kesehatan yang berfungsi untuk melakukan pengecekan kesehatan, untuk mendeteksi gejala beberapa penyakit diantaranya hipotermia, hipertensi, hipoksemia dan diabetes. *Health Care Kiosk* menggunakan embedded PC untuk melakukan pemrosesan data, tetapi tidak hanya terdapat embedded PC terdapat juga *E-Health Sensor Platform* yang berfungsi untuk mengakses semua sensor, pada sistem terdapat 4 sensor yaitu sensor suhu tubuh, sensor tekanan darah, sensor SPO2 dan sensor gula darah. Tiap sensor dapat mendeteksi tiap penyakit karena pada sistem ini mampu membuat keputusan secara otomatis menggunakan fuzzy logic.

*E-Health Sensor Platform* adalah sebuah platform yang telah dikembangkan untuk digunakan alat medis dan aplikasi eHealth. *E-Health Sensor Platform* sudah teruji dan sudah dipersiapkan untuk digunakan pengembangan pada web, aplikasi desktop, dan aplikasi mobile. *E-Health Sensor Platform* sudah termodifikasi dan diberi nama baru bernama *MySignals*, dengan menggunakan *MySignals* dapat mengukur lebih dari 20 parameter medis, seperti suhu tubuh, tekanan darah, gula darah, kadar oksigen, aliran udara, dan berbagai macam parameter kesehatan lainnya [3]. Tetapi pada penelitian kali ini hanya menggunakan 4 sensor yaitu sensor suhu tubuh, sensor tekanan darah, sensor spo2, dan sensor gula darah. *MySignals* dapat diakses menggunakan *microcontroller*, dan hanya menggunakan mikrokontroler arduino uno.

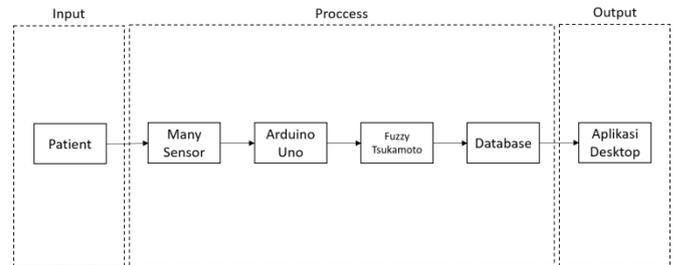
Dari beberapa penelitian sebelumnya arduino adalah salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan oleh para peneliti seperti desain pengukur digital tingkat gula darah [4] yang menggunakan arduino uno untuk mengakses sensor dan mengolah data, kemudian pemantauan dua parameter data medis pasien (suhu tubuh dan detak jantung) menggunakan arduino [1][8]. Arduino masih dapat digunakan untuk penelitian biomedical.

Pada penelitian ini juga membahas mengenai klasifikasi penyakit hipoksemia, hipotermia, hipertensi dan diabetes menggunakan fuzzy tsukamoto. Fuzzy sendiri memiliki 3 jenis yaitu fuzzy tsukamoto, fuzzy mamdani dan fuzzy sugeno. Beberapa peneliti menggunakan metode fuzzy untuk membantu melakukan klasifikasi atau pengambilan keputusan seperti contoh logika fuzzy untuk membuat system pengendali lampu lintas di jalan [9], logika fuzzy untuk membuat perencanaan transportasi [5], banyak juga logika fuzzy diterapkan pada sebuah robot agar robot [6] dapat membuat keputusan secara dinamis, dan ada juga logika fuzzy yang digunakan pada dunia biomedical seperti untuk mendeteksi gejala penyakit hipoksia atau hipoksemia pada seseorang [8] dan masih banyak penelitian yang menggunakan logika fuzzy.

## II. DESAIN, METODE DAN IMPLEMENTASI PADA SISTEM

### A. Gambaran Umum Sistem

Pada bagian ini menjelaskan tentang gambaran umum dari sistem yang telah dibuat.



Gambar 1. Blok diagram sistem

Blok diagram yang ada pada Gambar 1 adalah gambaran umum sistem pada penelitian kali ini, terdapat 3 bagian yang penting yaitu masukan, proses, dan keluaran. Masukan atau input pada sistem ini adalah dari data medis pasien yang didapat menggunakan sensor yang ada pada sistem ini, data yang diperoleh dari sensor adalah data suhu tubuh, tekanan darah, kadar oksigen dalam darah dan gula darah pasien, setelah itu data yang didapat diproses menggunakan mikrokontroler arduino uno dan diklasifikasikan menggunakan metode fuzzy tsukamoto. Data dari pasien masuk ke proses fuzzifikasi, inferen dan defuzzifikasi, sampai mendapatkan hasil tingkatan hipoksemia dan hipertensi berdasarkan aturan yang telah dibuat. Setelah proses klasifikasi menggunakan fuzzy maupun dengan klasifikasi sederhana, hasil tersebut dikirim ke basis data MySQL untuk di simpan dan ditampilkan pada monitor yang ada di *Health Care Kiosk* agar memudahkan pengguna untuk melihat hasilnya.

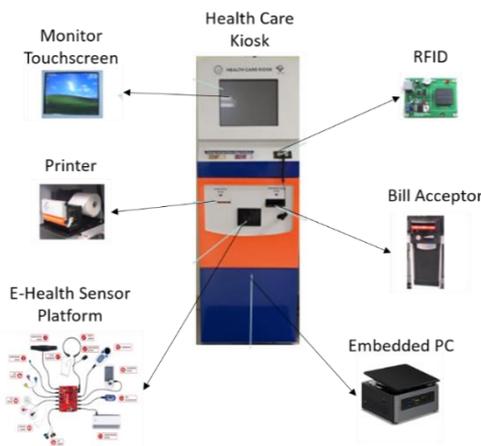
### B. Desain Sistem

Pada bagian ini menjelaskan mengenai desain sistem dari penelitian, terdapat 2 desain sistem yaitu desain sistem untuk perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Desain sistem pada perangkat terdiri dari sensor, *e-health sensor platform*, dan *health care kiosk*. Desain sistem pada perangkat lunak yaitu klasifikasi penyakit menggunakan metode fuzzy tsukamoto.



Gambar 2. *E-health sensor platform* dan sensor

Pada Gambar 2 *E-Health Sensor Platform* dapat dihubungkan dengan beberapa sensor biomedical terdiri dari sensor posisi tubuh, sensor suhu tubuh, sensor EMG, sensor ECG, sensor aliran udara, sensor GSR, sensor tekanan darah, sensor spo2, sensor gula darah dan masih banyak sensor lainnya [3]. Namun pada penelitian kali ini hanya menggunakan 4 sensor yaitu sensor suhu tubuh, tekanan darah, spo2 dan gula darah. Beberapa sensor yang digunakan bersifat *noninvasive* yang bermaksud tanpa melukai pasien seperti sensor SPO2 [7], sensor tekanan darah [10], dan juga sensor suhu tubuh, terdapat 1 sensor memerlukan darah pasien sehingga diperlukan adanya jarum yaitu sensor gula darah, meskipun pada penelitian sebelumnya terdapat peneliti yang telah menjelaskan mengenai pemantauan kadar gula darah pasien tanpa melukai pasien [11], namun tujuan kami menggunakan sensor gula darah *invasive* adalah agar penelitian ini dapat dilanjutkan untuk menambahkan parameter penyakit seperti kolesterol, asam urat dan penyakit lainnya yang menggunakan *sample* darah pasien. Setelah semua sensor terhubung dengan *e-health sensor platform*, modul tersebut terintegrasi dengan health care kiosk.



Gambar 3. Health care kiosk

Berdasarkan Gambar 3, health care kiosk terdiri dari *monitor touchscreen* untuk GUI, *printer* untuk mencetak hasil, *RFID*, *bill acceptor*, *embedded PC*, dan *e-health sensor platform*. Selain perangkat keras, sistem ini mempunyai perangkat lunaknya juga. Berikut *flow diagram* untuk *software* pada sistem kali ini:

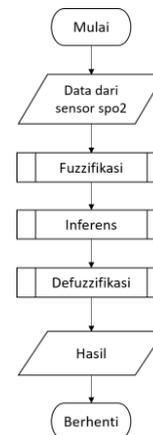


Gambar 4. Flowchart desain sistem *software*

Pada Gambar 4 adalah *flowchart* desain sistem pada penelitian kali ini, dapat dilihat data dari pasien (data suhu tubuh, tekanan darah, spo2, dan gula darah) menjadi masukkan pada proses *fuzzy*, kemudian hasil dari proses *fuzzy* tersimpan pada basis data MySQL dan ditampilkan pada monitor *health care kiosk*.

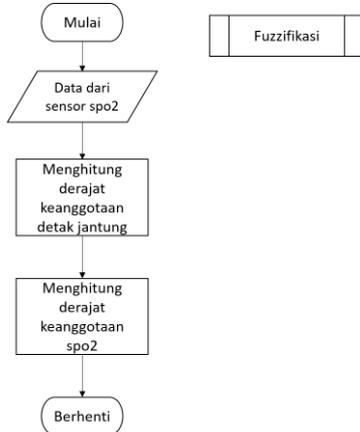
C. Metode Fuzzy Tsukamoto

Terdapat 3 jenis fuzzy yaitu tsukamoto, sugeno, dan mamdani. Dari ketiga tersebut memiliki perbedaan cara untuk melakukan klasifikasi, pada sistem ini menggunakan fuzzy tsukamoto karena setiap konsekuen (output) di representasikan dengan fuzzy set yang monoton *membership function*-nya. Pada sistem ini terdapat 2 metode fuzzy untuk 2 klasifikasi penyakit yaitu penyakit hipoksemia dan hipertensi karena kedua penyakit tersebut memiliki lebih dari 1 parameter dan dari parameter tersebut dapat dikombinasikan. Untuk 2 penyakit lainnya yaitu hipotermia dan diabetes tidak menggunakan metode fuzzy karena dari kedua penyakit tersebut hanya memiliki 1 parameter dan tidak dapat dikombinasikan dengan yang lainnya, oleh karena itu untuk kedua penyakit tersebut hanya menggunakan tingkatan nilai, dan kedua penyakit tersebut dijelaskan pada bagian selanjutnya.



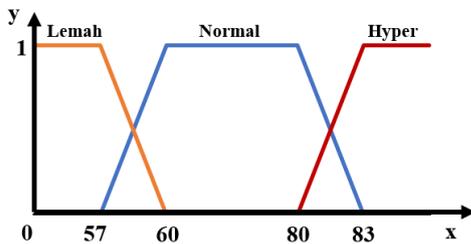
Gambar 5. Desain *fuzzy* untuk penyakit hipoksemia

Pada Gambar 5 metode *fuzzy* memproses data yang didapat dari sensor spo2 yaitu data kadar oksigen dan data detak jantung. Data tersebut masuk ke proses *fuzzy* secara berurutan mulai dari fuzzifikasi, inferensi dan defuzzifikasi. Setelah itu maka muncul hasil klasifikasi penyakit hipoksemia berdasarkan data yang telah didapat.



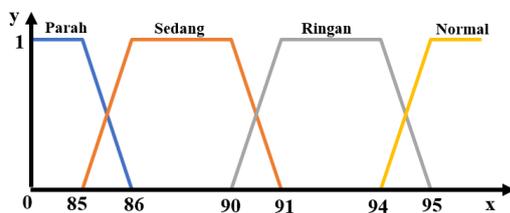
Gambar 6. Alur diagram fuzzifikasi untuk hipoksemia

Pada Gambar 6 nilai *crisp* pada klasifikasi ini adalah nilai spo2 dan nilai detak jantung, pada tahap fuzzifikasi berguna untuk mencari nilai derajat keanggotaan untuk tiap variabel *fuzzy*. Berikut untuk *Input Membership Function (IMF)* untuk kedua parameter yaitu spo2 dan detak jantung.



Gambar 7. *Input Membership Function* dari Detak Jantung

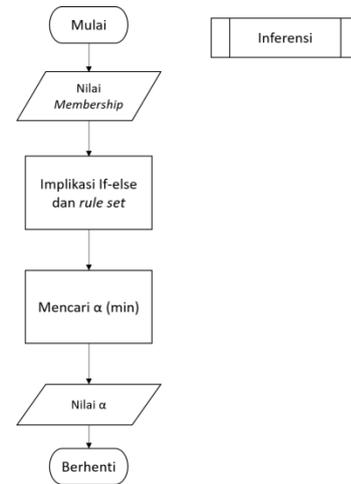
Gambar 7 adalah IMF dari salah satu variabel *fuzzy* yaitu detak jantung. Terdapat 3 himpunan *fuzzy* yaitu lemah yang apabila detak jantungnya sebanyak kurang dari 58 bpm, normal apabila detak jantungnya sebanyak 58 – 82 bpm dan *Hyper* apabila detak jantungnya sebanyak lebih dari 82 bpm.



Gambar 8. *Input membership function* dari spo2

Gambar 8 adalah IMF dari variabel *fuzzy* SPO2. Terdapat 4 himpunan *fuzzy* yaitu parah apabila nilai spo2 kurang dari 86%, sedang apabila nilai spo2 86 – 90%, ringan apabila

nilai spo2 91 – 94%, dan normal apabila nilai spo2 lebih dari 94%.



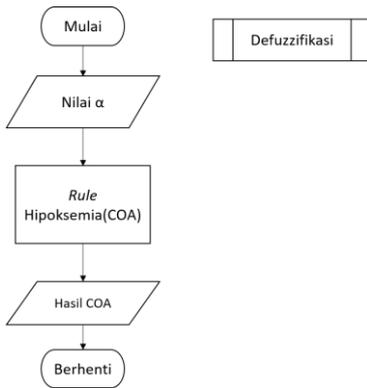
Gambar 9. Alur diagram inferensi untuk hipoksemia

*Flow diagram* inferensi seperti pada Gambar 9, dimulai dari data hasil tahap fuzzifikasi yaitu nilai derajat keanggotaan tiap variabel *fuzzy*. Kemudian pada tahap inferensi mencari nilai *alpha* untuk setiap aturan dengan menggunakan fungsi MIN pada aplikasi fungsi implikasinya. Pada tahap ini terdapat aturan atau *rule set* yang digunakan, berikut aturan klasifikasi penyakit hipoksemia dapat dilihat pada Tabel 1.

TABEL I  
RULE SET UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT HIPOKSEMIA

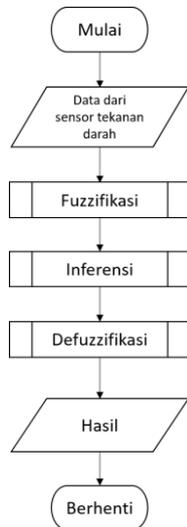
SPO2 \ Bpm	Parah	Sedang	Ringan	Normal
<b>Lemah</b>	Hipoksemia Parah	Hipoksemia Sedang	Hipoksemia Ringan	Normal
<b>Normal</b>	Hipoksemia Parah	Hipoksemia Sedang	Hipoksemia Ringan	Normal
<b>Hyper</b>	Hipoksemia Sedang	Hipoksemia Sedang	Hipoksemia Ringan	Normal

Dari tabel *rule set* untuk klasifikasi penyakit hipoksemia terdapat 12 macam kemungkinan jenis penyakit untuk klasifikasi penyakit hipoksemia, 12 kemungkinan tersebut didapat dari 2 parameter kesehatan yaitu SPO2 dan detak jantung pasien. Selanjutnya akan masuk ke proses defuzzifikasi.



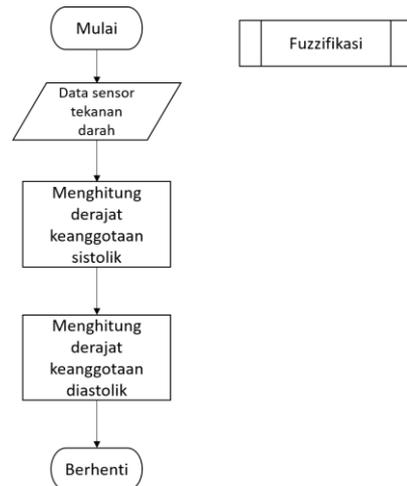
Gambar 10. Alur diagram defuzzifikasi untuk hipoksemia

Defuzzifikasi seperti pada Gambar 10 adalah tahap terakhir pada klasifikasi kali ini. Pada tahap ini mencari nilai hasil menggunakan COA dan kemudian hasil klasifikasi berdasarkan nilai hasil COA dengan *output membership function* (OMF). Selanjutnya adalah penjelasan mengenai metode *fuzzy* pada klasifikasi penyakit hipertensi.



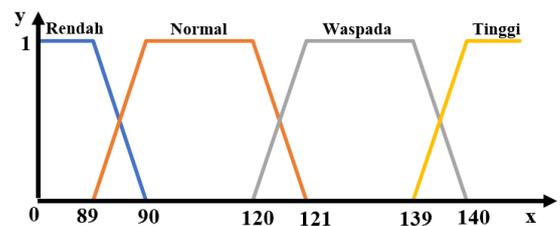
Gambar 11. Desain *fuzzy* untuk penyakit hipertensi

Pada Gambar 11 sudah terlihat bahwa pada proses *fuzzy* untuk penyakit hipertensi membutuhkan *input* berupa data dari sensor tekanan darah yaitu tekanan darah sistolik dan tekanan darah diastolik. Proses *fuzzy* berjalan sesuai urutan yaitu mulai dari tahap fuzzifikasi, inferensi dan kemudian defuzzifikasi, Setelah itu maka muncul hasil klasifikasi penyakit hipertensi berdasarkan data yang telah didapat.



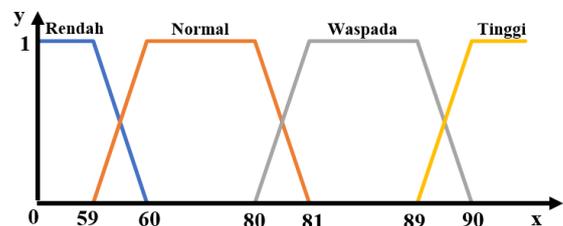
Gambar 12. Alur diagram fuzzifikasi untuk hipertensi

Gambar 12 menunjukkan tahap fuzzifikasi nilai *crisp* yang merupakan nilai dari tekanan darah sistolik dan nilai tekanan darah diastolik. Tahap fuzzifikasi ini bertujuan untuk menghitung nilai derajat keanggotaan tiap variabel *fuzzy* yaitu tekanan darah sistolik dan tekanan darah diastolik. Berikut *Input Membership Function* (IMF) untuk kedua variabel *fuzzy* yaitu sistolik dan diastolik.



Gambar 13. *Input membership function* dari sistolik

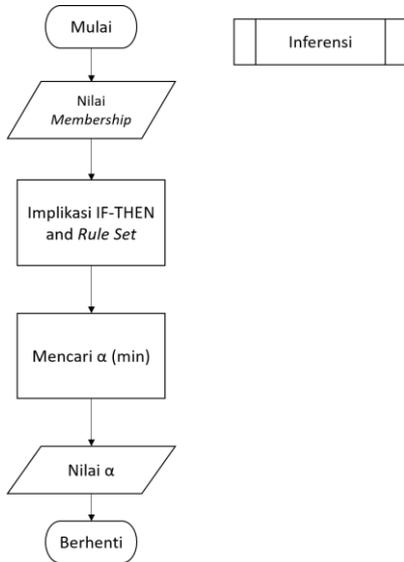
Gambar 13 adalah IMF dari salah satu variabel *fuzzy* yaitu tekanan darah sistolik. Pada IMF ini terdapat 4 himpunan *fuzzy* yaitu rendah apabila nilai tekanan darah sistolik kurang dari 90 mmHg, normal apabila nilai tekanan darah sistolik berkisar antara 90 – 120 mmHg, waspada apabila nilai tekanan darah sistolik berkisar antara 121 – 139 mmHg dan tinggi apabila nilai tekanan darah sistolik lebih dari 139 mmHg.



Gambar 14. *Input membership function* dari diastolik

Gambar 14 adalah IMF dari tekanan darah diastolik, terdapat 4 himpunan *fuzzy* yaitu rendah apabila nilai tekanan darah kurang dari 60 mmHg, normal apabila nilai tekanan

darah diastolik berkisar antara 60 – 80 mmHg, waspada apabila nilai tekanan darah diastolik berkisar antara 81 – 89 mmHg, dan tinggi apabila nilai tekanan darah diastolik lebih dari 89 mmHg.



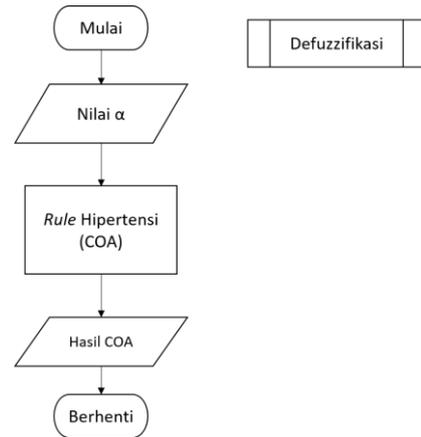
Gambar 15. Alur diagram inferensi untuk hipertensi

Alur diagram tahap inferensi pada *fuzzy* hipertensi sesuai dengan Gambar 15, dengan masukkan berupa nilai derajat keanggotaan tiap variabel *fuzzy*. Kemudian pada tahap inferensi mencari nilai *alpha* untuk setiap aturan dengan menggunakan fungsi MIN pada aplikasi fungsi implikasinya. Pada tahap ini terdapat aturan atau *rule set* yang digunakan, berikut aturan klasifikasi penyakit hipertensi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

TABEL II  
RULE SET UNTUK KLASIFIKASI PENYAKIT HIPERTENSI

Sistolik \ Diastolik	Rendah	Normal	Waspada	Tinggi
Rendah	Hipotensi	Normal	Pra Hipertensi	Hipertensi
Normal	Hipotensi	Normal	Pra Hipertensi	Hipertensi
Waspada	Hipotensi	Normal	Pra Hipertensi	Hipertensi
Tinggi	Hipotensi	Pra Hipertensi	Hipertensi	Hipertensi

Dari tabel *rule set* untuk klasifikasi penyakit hipertensi terdapat 16 kemungkinan untuk klasifikasi penyakit hipertensi. 16 kemungkinan tersebut didapat dari gabungan dari dua parameter tekanan darah yaitu tekanan darah sistolik dan tekanan darah diastolic. Selanjutnya akan masuk kedalam proses defuzzifikasi.



Gambar 16. Alur diagram defuzzifikasi untuk hipertensi

Gambar 16 adalah tahap terakhir yaitu tahap defuzzifikasi. Pada tahap ini mencari nilai hasil menggunakan COA dan kemudian hasil klasifikasi berdasarkan nilai hasil COA dengan *output membership function* (OMF).

D. Klasifikasi Penyakit Hipotermia dan Diabetes

1) *Klasifikasi Penyakit Hipotermia* : Pada klasifikasi penyakit hipotermia dan diabetes tidak menggunakan metode fuzzy untuk melakukan klasifikasi penyakit tersebut, karena kedua penyakit tersebut dapat dideteksi hanya dengan menggunakan 1 parameter untuk tiap penyakitnya, untuk penyakit hipotermia dilihat dari suhu tubuh pasien dan untuk penyakit diabetes dilihat dari kadar gula pasien nya. Oleh karena itu pada penelitian kali ini untuk klasifikasi penyakit hipotermia dan diabetes hanya menggunakan tingkatan nilai. Berikut Tabel 3 yang memperlihatkan tingkatan nilai pada klasifikasi penyakit hipotermia

TABEL III  
KLASIFIKASI PENYAKIT HIPOTERMIA

Kategori	Suhu (°C)	
	Anak - Anak	Dewasa
Hipotermia	< 36	< 36
Normal	36.1 – 37.5	36.1 37.7
Demam	37.6 - 40	37.8 – 40
Hiperpireksia	> 40	> 40

Pada tabel klasifikasi penyakit suhu tubuh dibagi dua jenis yaitu suhu tubuh untuk kalangan anak-anak dan dewasa, untuk kalangan anak-anak berkisar umur kurang dari sama dengan 10, dan dewasa lebih dari 10.

2) *Klasifikasi Penyakit Diabetes* : Pada klasifikasi penyakit diabetes juga menggunakan tingkatan nilai seperti klasifikasi penyakit hipotermia, hanya saja pada klasifikasi penyakit diabetes memiliki 3 jenis yaitu gula darah puasa (GDP), gula darah 2 jam postprandial (GD2PP), dan gula darah sewaktu (GDS), jadi pembedanya adalah waktu saat pasien melakukan pengecekan. GDP adalah kisaran batasan kadar gula yang normal sebelum makan, berikut untuk klasifikasi gula darah berdasarkan

GDP, GD2PP adalah jenis tes yang dilakukan 2 jam setelah waktu makan terakhir untuk mengecek perubahan kadar gula dalam darah sebelum makan, GDS adalah salah satu tes gula darah yang dapat dilakukan kapan saja secara acak sepanjang hari. Berikut Tabel 4 untuk klasifikasi penyakit diabetes berdasarkan 3 jenis waktu pengecekan tersebut.

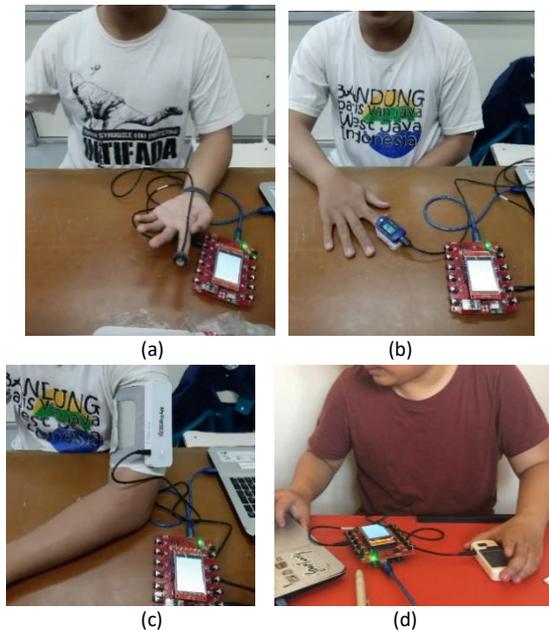
TABEL IV  
KLASIFIKASI PENYAKIT DIABETES

Kategori	Gula Darah (mg/dl)		
	GDP	GD2PP	GDS
Normal	< 108	< 140	< 200
Prediabetes	108 – 125	140 – 199	-
Diabetes	> 125	> 200	> 200

Pada tabel klasifikasi penyakit diabetes dapat dilihat bahwa terdapat nilai tingkatan gula darah berdasarkan waktu pengecekan.

E. Implementasi Sistem

Implementasi sistem dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 17. Implementasi (a) Sensor suhu tubuh (b) Sensor SPO2 (c) Sensor tekanan darah dan (d) Sensor gula darah

Gambar 17 adalah implementasi untuk setiap sensor yang telah terhubung dengan arduino uno dan e-health sensor platform. Penggunaan tiap sensor berbeda-beda, untuk sensor suhu tubuh dapat diletakkan pada ujung jari namun disarankan untuk diletakkan pada bagian tubuh yang lebih sensitif seperti bagian ketiak, kemudian untuk sensor spo2 dapat diletakkan pada ujung jari, untuk sensor tekanan darah diletakkan pada lengan, dan untuk sensor gula darah memerlukan sampel darah dari pasien.



Gambar 18. Implementasi pada health care kiosk

Gambar 18 adalah tampilan hasil pengecekan pasien pada health care kiosk, pada tampilan tersebut terdapat nilai yang didapat dari sensor, hasil klasifikasi dan rekam medis pasien.

III. HASIL DAN DISKUSI

Tujuan dari pengujian adalah untuk mengetahui tingkat keakuratan tiap sensor, hasil dari tiap sensor dibandingkan dengan alat medis yang sudah teruji, atau alat yang sering digunakan dokter untuk melakukan pengecekan.

A. Pengujian Hasil Data Keluaran Suhu Tubuh

Pada pengujian pertama yaitu menguji sensor suhu tubuh yang ada pada sistem ini dengan alat medis yang sudah teruji keakuratannya. Pada Tabel 5 merupakan data pengujian sensor suhu tubuh dengan alat medis, pada pengujian dilakukan sebanyak 12 kali dan mendapatkan rata-rata error sebanyak 1.05%.

TABEL V  
DATA PENGUJIAN SUHU TUBUH

No	Hasil Sistem (°C)	Alat Medis (°C)	Error (°C)	Error (%)
1	36.41	36.1	0.31	0.86
2	36.09	36.3	0.21	0.58
3	36.72	36.5	0.22	0.60
4	35.52	36.2	0.68	1.88
5	37.36	35.7	1.66	4.65
6	36.36	36.8	0.44	1.20
7	36.27	36.5	0.23	0.63
8	36.36	36.4	0.04	0.11
9	35.52	36.4	0.88	2.42
10	36.32	36.9	0.58	1.57
11	36.27	36.7	0.43	1.17
12	36.24	36.2	0.04	0.11
<b>Rata-Rata Error</b>			0.38	1.05

B. Pengujian Hasil Data Keluaran SPO2

Pengujian selanjutnya adalah pengujian antara data keluaran sensor spo2 dengan alat medis yang sudah teruji keakuratannya, data yang dikeluarkan oleh sensor spo2 terdapat 2 yaitu spo2 dan detak jantung, kali ini membandingkan data spo2. Pada Tabel 6 pengujian spo2 dilakukan pengujian sebanyak 20 kali dan menghasilkan rata-rata error sebesar 1.90% untuk spo2.

TABEL VI  
DATA PENGUJIAN SPO2

No	Hasil Sistem (%)	Alat Medis (%)	Error	Error (%)
1	98	98	0	0.00
2	96	98	2	2.04
3	96	98	2	2.04
4	99	99	0	0.00
5	99	98	1	1.02
6	94	94	0	0.00
7	99	99	0	0.00
8	96	91	5	5.49
9	97	97	0	0.00
10	98	98	0	0.00
11	99	99	0	0.00
12	98	98	0	0.00
13	98	98	0	0.00
14	98	98	0	0.00
15	97	97	0	0.00
16	98	96	2	2.08
17	94	95	1	1.05
18	75	99	24	24.24
19	97	97	0	0.00
20	98	98	0	0.00
<b>Rata-Rata Error</b>			1.85	1.90

### C. Pengujian Hasil Data Keluaran Detak Jantung

Selanjutnya adalah pengujian data keluaran sensor spo2 yang kedua yaitu data detak jantung pasien dengan membandingkannya dengan alat medis yang sudah teruji keakuratannya. Tabel 7 merupakan hasil pengujian data keluaran sensor spo2 yaitu data detak jantung dengan melakukan sebanyak 20 kali dan mendapatkan hasil rata – rata error sebanyak 5.78%.

TABEL VII  
DATA PENGUJIAN DETAK JANTUNG

No	Hasil Sistem (Bpm)	Alat Medis (Bpm)	Error	Error (%)
1	89	87	2	2.30
2	97	87	10	11.49
3	105	106	1	0.94
4	82	83	1	1.20
5	85	85	0	0.00
6	107	103	4	3.88
7	107	109	2	1.83
8	68	111	43	38.74
9	88	87	1	1.15
10	120	123	3	2.44
11	96	96	0	0.00
12	111	112	1	0.89
13	85	78	7	8.97
14	87	85	8	2.35
15	106	106	0	0.00
16	89	92	3	3.26
17	85	88	3	3.41
18	79	72	7	9.72

19	80	104	24	23.08
20	85	85	0	0.00
<b>Rata-Rata Error</b>			5.7	5.78

### D. Pengujian Hasil Data Keluaran Tekanan Darah

Pengujian selanjutnya adalah pengujian data keluaran sensor tekanan darah dan membandingkan dengan alat medis yang sudah teruji keakuratannya. Keluaran sensor tekanan darah terdapat 2 data yaitu tekanan darah sistolik dan tekanan darah diastolik, berikut untuk pengujian data tekanan darah sistolik. Berdasarkan Tabel 8 pengujian tekanan darah sistolik dilakukan sebanyak 15 kali dan memiliki rata – rata error sebanyak 4.16%. Selanjutnya adalah pengujian data keluaran sensor tekanan darah untuk data tekanan darah diastolik.

TABEL VIII  
DATA PENGUJIAN TEKANAN DARAH SISTOLIK

No	Hasil Sistem (mmHg)	Alat Medis (mmHg)	Error	Error (%)
1	125	124	1	0.81
2	114	115	1	0.87
3	104	100	4	4.00
4	120	128	8	6.25
5	123	124	1	0.81
6	109	110	1	0.91
7	120	123	3	2.44
8	126	129	3	2.33
9	126	120	6	5.00
10	90	110	20	18.1
11	111	111	0	0.00
12	112	120	8	6.67
13	119	110	9	8.18
14	103	98	5	5.10
15	120	119	1	0.84
<b>Rata-Rata Error</b>			4.73	4.16

Kemudian dapat dilihat dari Tabel 9, pengujian data sensor tekanan darah untuk data tekanan darah memiliki rata – rata error sebanyak 4.87% dan pengujian dilakukan sebanyak 15 kali.

TABEL IX  
DATA PENGUJIAN TEKANAN DARAH DIASTOLIK

No	Hasil Sistem (mmHg)	Alat Medis (mmHg)	Error	Error (%)
1	72	66	6	9.09
2	82	80	2	2.50
3	88	72	16	22.22
4	79	80	1	1.25
5	82	82	0	0.00
6	84	80	4	5.00
7	82	79	3	3.80
8	75	89	14	15.73
9	93	93	0	0.00

10	57	61	4	6.56
11	74	71	3	4.23
12	79	78	1	1.28
13	89	85	4	4.17
14	90	90	0	0.00
15	105	95	10	10.53
<b>Rata-Rata Error</b>			3.87	4.87

#### E. Pengujian Hasil Data Keluaran Gula Darah

Selanjutnya adalah pengujian hasil data keluaran gula darah, hasil sensor gula darah dibandingkan dengan hasil yang didapat dengan alat medis yang sudah teruji keakuratannya. Berdasarkan Tabel 10, pengujian untuk membandingkan keluaran sensor gula darah dilakukan sebanyak 15 kali dan mendapatkan rata – rata error sebanyak 4.01% tiap percobaan.

TABEL X  
DATA PENGUJIAN GULA DARAH

No	Hasil Sistem (mmol/L)	Alat Medis (mmol/L)	Error	Error (%)
1	4.9	5.2	0.3	5.76
2	5.6	5.5	0.1	1.81
3	7.2	7.4	0.2	2.70
4	6.0	6.0	0.0	0.00
5	7.6	7.5	0.1	1.33
6	8.4	8.0	0.4	5.00
7	5.4	5.6	0.2	3.57
8	5.8	5.7	0.1	1.75
9	4.7	4.9	0.2	4.08
10	5.0	5.0	0.0	0.00
11	8.4	7.2	1.2	16.66
12	7.6	7.3	0.3	4.10
13	6.5	6.6	0.1	1.51
14	8.0	8.4	0.4	4.76
15	7.5	7.0	0.5	7.14
<b>Rata-Rata Error</b>			4.1	4.01

#### F. Hasil Klasifikasi

Pada klasifikasi yang ada pada sistem ini terbagi menjadi 2 jenis klasifikasi, yang pertama klasifikasi menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* yang digunakan pada klasifikasi penyakit hipoksemia dan hipertensi, yang kedua klasifikasi yang sederhana hanya menggunakan tingkatan nilai yang digunakan pada klasifikasi penyakit hipotermia dan diabetes. Berikut untuk hasil klasifikasi.

1) *Klasifikasi Menggunakan Metode Fuzzy* : Tabel 11 merupakan hasil klasifikasi menggunakan metode fuzzy tsukamoto, nilai didapatkan dari sensor yang ada pada sistem.

TABEL XI  
HASIL KLASIFIKASI UNTUK PENYAKIT HIPOKSEMIA

No	Nilai SPO2	Nilai Detak Jantung	Hasil Fuzzy pada Sistem	Hasil Perhitungan Manual
1	98	89	Normal	Normal
2	96	97	Normal	Normal
3	96	105	Normal	Normal
4	99	85	Normal	Normal
5	99	85	Normal	Normal
6	94	107	Hipoksemia Ringan	Hipoksemia Ringan
7	99	107	Normal	Normal
8	96	68	Normal	Normal
9	97	88	Normal	Normal
10	98	120	Normal	Normal
11	99	96	Normal	Normal
12	98	111	Normal	Normal
13	98	85	Normal	Normal
14	98	87	Normal	Normal
15	97	106	Normal	Normal
16	98	89	Normal	Normal
17	94	85	Hipoksemia Ringan	Hipoksemia Ringan
18	75	79	Hipoksemia Parah	Hipoksemia Parah
19	97	80	Normal	Normal
20	98	85	Normal	Normal

Penelitian ini menggunakan 20 sampel yang sudah didapatkan dengan *input* dan *output* yaitu normal, hipoksemia sedang, hipoksemia ringan, dan hipoksemia parah. Pengujian dilakukan dengan cara menganalisis dari rumus fuzzy yang telah diterapkan pada sistem yang kemudian memberikan keputusan atau kesimpulan pada output yang sesuai dengan perhitungan *fuzzy*. Terdapat juga perbandingan output perhitungan secara manual dengan output sistem yang ternyata akurasi data sensor dan perhitungan secara manual fuzzy hasilnya sama.

Pada Tabel 12 menggunakan 20 sampel yang sudah didapatkan dengan input dan output yaitu normal, hipotensi, pra hipertensi dan hipertensi. Pengujian dilakukan sama seperti pengujian klasifikasi penyakit hipoksemia. Hasil pengujian diatas adalah akurasi data sensor dan perhitungan secara manual fuzzy hasilnya sama.

TABEL XII  
HASIL KLASIFIKASI UNTUK PENYAKIT HIPERTENSI

No	Tekanan darah sistolik	Tekanan darah diastolik	Hasil fuzzy pada sistem	Hasil perhitungan manual
1	140	90	Hipertensi	Hipertensi
2	121	75	Pra Hipertensi	Pra Hipertensi
3	110	80	Normal	Normal
4	120	73	Normal	Normal
5	98	89	Pra Hipertensi	Pra Hipertensi
6	100	90	Pra Hipertensi	Pra Hipertensi
7	89	59	Hipotensi	Hipotensi

8	100	60	Normal	Normal
9	115	78	Normal	Normal
10	106	100	Pra Hipertensi	Pra Hipertensi
11	130	68	Pra Hipertensi	Pra Hipertensi
12	117	70	Normal	Normal
13	120	59	Normal	Normal
14	95	80	Normal	Normal
15	89	65	Hipotensi	Hipotensi
16	126	86	Pra Hipertensi	Pra Hipertensi
17	114	74	Normal	Normal
18	145	54	Hipertensi	Hipertensi
19	107	72	Normal	Normal
20	111	65	Normal	Normal

2) *Klasifikasi Menggunakan Tingkatan Nilai* : Berikut hasil klasifikasi yang hanya menggunakan tingkatan nilai untuk klasifikasinya terlihat pada Tabel 13.

TABEL XIII  
HASIL KLASIFIKASI UNTUK PENYAKIT HIPOTERMIA

No	Suhu Tubuh (°C)	Umur	Kategori	Hasil klasifikasi pada sistem	Hasil perhitungan manual
1	34.29	22	Dewasa	Hipotermia	Hipotermia
2	37.28	10	Anak-Anak	Normal	Normal
3	36.12	19	Dewasa	Normal	Normal
4	39.51	21	Dewasa	Demam	Demam
5	35.12	20	Dewasa	Hipotermia	Hipotermia
6	37.72	10	Anak-Anak	Demam	Demam
7	36.00	10	Anak-Anak	Hipotermia	Hipotermia
8	36.83	20	Dewasa	Normal	Normal
9	34.54	21	Dewasa	Hipotermia	Hipotermia
10	38.45	22	Dewasa	Demam	Demam
11	40.21	20	Dewasa	Hiperpreksia	Hiperpireksia
12	35.33	10	Anak-Anak	Hipotermia	Hipotermia
13	34.25	23	Dewasa	Hipotermia	Hipotermia
14	37.00	24	Dewasa	Normal	Normal
15	37.50	23	Dewasa	Normal	Normal
16	35.64	24	Dewasa	Hipotermia	Hipotermia
17	36.27	20	Dewasa	Normal	Normal
18	37.90	22	Dewasa	Demam	Demam
19	38.00	21	Dewasa	Demam	Demam
20	36.52	21	Dewasa	Normal	Normal

Hasil klasifikasi menggunakan tingkatan nilai atau rentang nilai untuk tiap klasifikasinya, terdapat 4 jenis *output* yaitu normal, hipotermia, demam, dan hiperpreksia. Pada pengujian kali ini dilakukan sebanyak 20 kali dengan 20 orang yang berbeda-beda.

Tabel 14 merupakan hasil klasifikasi penyakit diabetes dengan klasifikasinya menggunakan tingkatan nilai atau rentang nilai untuk tiap jenis penyakitnya, terdapat 3 jenis *output* yaitu normal, pradiabetes dan diabetes. Pada pengujian kali ini dilakukan sebanyak 20 kali dengan tipe pengujian yang berbeda-beda.

TABEL XIV  
HASIL KLASIFIKASI UNTUK PENYAKIT DIABETES

No	Kadar gula (mg/dL)	Tipe	Hasil klasifikasi pada sistem	Hasil perhitungan manual
1	120.72	GDP	Pradiabetes	Pradiabetes
2	136.93	GD2PP	Normal	Normal
3	133.33	GD2PP	Normal	Normal
4	97.29	GDP	Normal	Normal
5	110.21	GDP	Pradiabetes	Pradiabetes
6	104.10	GDP	Normal	Normal
7	89.00	GDP	Normal	Normal
8	93.56	GDP	Normal	Normal
9	140.25	GD2PP	Pradiabetes	Pradiabetes
10	105.33	GD2PP	Normal	Normal
11	148.75	GD2PP	Pradiabetes	Pradiabetes
12	80.33	GDP	Normal	Normal
13	120.72	GDS	Normal	Normal
14	98.29	GDP	Normal	Normal
15	108.65	GD2PP	Normal	Normal
16	145.33	GDS	Normal	Normal
17	135.25	GDS	Normal	Normal
18	155.22	GD2PP	Pradiabetes	Pradiabetes
19	87.68	GDP	Normal	Normal
20	165.12	GDS	Normal	Normal

#### IV. KESIMPULAN

Pada penelitian kali ini implementasi health care kiosk untuk mendeteksi penyakit hipoksemia, hipotermia, hipertensi dan diabetes menggunakan metode *fuzzy* untuk melakukan klasifikasinya, terdapat error pembacaan sensor untuk tiap sensor untuk sensor suhu tubuh memiliki error sebesar 1.05%, untuk spo2 memiliki error sebesar 1.90%, untuk detak jantung memiliki error sebesar 5.78%, untuk tekanan darah sistolik memiliki error sebesar 4.16%, untuk tekanan darah diastolik memiliki error sebesar 4.87% dan untuk sensor gula darah memiliki error sebesar 4.01%. Untuk pengambilan data dari tiap sensor memakan waktu yang berbeda-beda untuk sensor suhu tubuh memerlukan waktu 2 menit, untuk sensor tekanan darah memerlukan waktu 30-35 detik, untuk sensor spo2 memerlukan waktu 5-10 detik dan untuk gula darah memerlukan waktu 5 detik untuk mengambil data. Kemudian pada tahap klasifikasi menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* yang sudah teruji dengan 20 kali percobaan dan berhasil sebesar 100%, dan *fuzzy tsukamoto* dapat mengolah *input* dengan baik. Dengan keseluruhan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa health care kiosk dapat digunakan pasien untuk cek kesehatan secara mandiri dengan hasil yang cukup akurat (*error* di bawah 5%), cepat, dan mudah digunakan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih sebesar-besarnya diucapkan kepada semua pihak yang membantu penelitian ini dan juga UP2AI PENS yang telah mendanai riset ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Isyanto Haris, Jaenudin Irwan, "Monitoring dua parameter data medik pasien (suhu tubuh dan detak jantung) berbasis arduino nirkabel", *eLEKTUM*, Vol. 15, No. 1, 2018.
- [2] W. Widodo, "Monitor denyut jantung menggunakan metode sensor cahaya," *WAKTU*, vol. 9, no. 1, pp. 55-61, 2011.
- [3] N. Mohd Zainee and K. Chellappan, "Emergency clinic multi-sensor continuous monitoring prototype using e-Health platform," *2014 IEEE Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES)*, Kuala Lumpur, 2014, pp. 32-37.
- [4] Ahmed S. Abd El-Hamid, Amani E. Fetohi, R.S. Amin, R.M. Abdel Hameed, "Design of digital blood glucose meter based on arduino uno", *2015 Ijournals : International Journal of Software & Hardware Research in Engineering*, 2015.
- [5] Amrita Sarkar, G. Sahoo, U.C. Sahoo, "Application of fuzzy logic in transport planning", *International Journal on Soft Computing*, 2012.
- [6] Ari Azhar, Kartina Diah Kesuma W., Heri Subagiyo, "perancangan fuzzy logic model sugeno untuk wall tracking pada robot pemadam api", Vol 1 No 1 : *Jurnal Elektro dan Mesin Terapan (ELEMENTER)*, 2015.
- [7] C. Chu, Y. Wang and P. Liao, "Ferroelectric RAM MSP430 real-time calculation and record for optics non-invasive SPO2 data", *2016 5th International Symposium on Next-Generation Electronics (ISNE)*, Hsinchu, 2016, pp. 1-2.
- [8] Budi D., Maulana R., Fitriyah H., "Sistem deteksi gejala Hipoksia berdasarkan saturasi oksigen dan detak jantung menggunakan metode fuzzy berbasis arduino", *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 3, no. 2, p. 1925-1933, 2019.
- [9] Emmanuel Agung Nugroho, "Sistem pengendali lampu lalu lintas berbasis logika fuzzy", *Jurnal SIMETRIS*, Vol. 8, No. 1, 2017.
- [10] Norman Yazid, Agus Harjoko, "Pemantau tekanan darah digital berbasis sensor tekanan MPX2050GP," *2011 IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation System)*, 2011, pp. 35-39.
- [11] S. Haxha and J. Jhoja, "Optical based noninvasive glucose monitoring sensor prototype," in *IEEE Photonics Journal*, vol. 8, no. 6, pp. 1-11, 2016.