

Sistem Deteksi Gejala Hipoksia Berdasarkan Saturasi Oksigen dan Detak Jantung Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Arduino

Dian Bagus Setyo Budi¹, Rizal Maulana², Hurriyatul Fitriyah³

Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya
Email: ¹dianjach@gmail.com, ²rizal_lana@ub.ac.id, ³hfitriyah@ub.ac.id

Abstrak

Perkembangan pesat pada sistem cerdas sangat berkembang salah satunya dalam bidang kesehatan ataupun medis. Dalam bidang medis sangat diperlukan alat yang mengetahui kondisi pasien dengan cara *noninvasive* yaitu tanpa melukai pasien. Jika diabaikan terus menerus maka hipoksia dapat mengganggu fungsi otak, hati, dan organ lainnya dengan cepat. Sehingga dalam penelitian ini dibuat alat deteksi gejala awal hipoksia yang menggunakan metode *noninvasive* dengan menggunakan sensor Max30100 yang dijepitkan ke ujung jari dapat mengetahui hasil dairi gejala awal hipoksia. Untuk mendeteksi gejala awal hipoksia pada alat ini digunakan metode *fuzzy* sugeno sehingga didapatkan output sesuai rule yang ada. Metode *fuzzy* sugeno akan mengolah data yang diambil dari sensor Max30100. Terdapat 3 hardware Yang ada pada alat ini, mikrokontroler arduino sebagai kontrolernya ,sensor Max30100 untuk mendapatkan inputannya dan bluetooth untuk pengiriman data ke smarthphone. Software menggunakan IDE arduino untuk memprogram alat deteksi dan APP inventor untuk memprogram aplikasi android supaya dapat menampilkan data. Pada peneltian ini mendapat hasil pengujian hasil pengujian deidapatkan error pada alat 2,96% untuk sarturasi oksigen dan 2,86% untuk detak jantung didapatkan. Dari metode *fuzzy* pada 12 percobaan data dibapat akurasi 100% dan metode *fuzzy* sugeno dapat mengolah data intputan dengan baik .

Kata kunci : Hipoksia, Max30100 , *fuzzy* , Pulse oxymetri .

Abstract

The rapid development of intelligent systems is highly developed, one of them in the health or medical fields. In the medical field, a tool is needed to observe the patient's condition in a noninvasive way without injuring the patient. If it is ignored continuously then hypoxia can interfere with the function of the brain, liver, and other organs quickly. So that in this study a hypoxic early symptom detection tool that uses a noninvasive method using the Max30100 sensor that is clipped to the fingertip can be made to determine the results of the initial symptoms of hypoxia. To detect the initial symptoms of hypoxia in this tool, the Sugeno fuzzy method is used so that output is obtained according to the existing rules. Sugeno fuzzy method will process data taken from the Max30100 sensor. There are 3 hardware devices that are on this device, the Arduino microcontroller as the controller, the Max30100 sensor to get the input and Bluetooth for sending data to the smarthphone. Software uses the Arduino IDE to program detection devices and APP inventors to program android applications so they can display data. In this study, the test results were obtained and the results of the test obtained a tool error of 2.96% for oxygen duration and 2.86% for heart rate obtained. From the fuzzy method on 12 data experiments, 100% accuracy was obtained and the Sugeno fuzzy method was able to process the input data properly.

Keywords: Hipoksia, Max30100 , *fuzzy* , Pulse oxymetri.

1. PENDAHULUAN

Darah adalah sebuah sistem transportasi yang ada pada tubuh manusia yang berguna untuk membawa zat - zat yang dibutuhkan oleh tubuh dan mengedarkannya ke seluruh tubuh. Di

antara zat-zat yang terkandung dalam darah juga mempunyai peranan penting dalam pemenuhan oksigen dalam tubuh manusia. Dikarenakan pentingnya pasokan oksigen dalam tubuh manusia, maka informasi tentang kadar oksigen dalam darah merupakan hal yang penting untuk

mengetahui kondisi kesehatan tubuh. Jika manusia kekurangan oksigen dapat mengakibatkan hpoksemia ataupun hipoksia

Hipoksia merupakan kondisi berbahaya karena dapat mengganggu fungsi otak, hati, dan organ lainnya dengan cepat. Hipoksia dapat dideteksi dengan sturasi oksigen yang rendah dengan gejala yang lain yaitu sesak napas, napas cenderung cepat dan detak jantung yang cepat.(webmd.com,2018) .

Saturasi adalah persentase dari pada hemoglobin yang mengikat oksigen dibandingkan dengan jumlah total hemoglobin yang ada di dalam darah (Andrey, 2005). Sehingga bila hanya sedikit hemoglobin yang mengikat oksigen, seseorang akan merasakan gejala kekurangan oksigen yang diantaranya adalah sesak, pusing, dan gelisah. Persentase saturasi oksigen normal pada manusia sama pada seluruh jenjang umur, yakni 95%-100% baik bagi bayi baru lahir maupun lansia.

MAX30100 adalah pulse oximeter yang yang berupa module sensor monitor denyut jantungdan SpO2. Menggabungkan dua LED, photodetektor,optik yang dioptimalkan, dan pemrosesan sinyal analog noise rendah untuk mendeteksi denyut jantung dan SpO2 dengan cara *non-invasive*. Sensor ini akan disambungkan dengan mikrokontroler untuk pengolahan data sensor. Data Sensor akan diolah menggunakan metode fuzzy yang diprogram pada mikrokontroler.

Logika fuzzy adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input kedalam suatu ruang output .Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistic, konsep tidak pasti seperti sedikit, lumayan, dan sangat. Pendekatan logika fuzzy memiliki kelebihan pada hasil yang terkait dengan sifat kognitif manusia, khususnya pada situasi yang melibatkan pembentukan konsep, pengenalan pola, dan pengambilan keputusan dalam lingkungan yang tidak pasti atau tidak jelas.

Pada hari-hari sebelumnya, metode umum yang digunakan untuk mengukur saturasi oksigen darah adalah pengukuran gas darah arteri. Sebuah *Arterial Blood Gas* adalah tes darah yang melibatkan tusukan arteri dengan jarum dan syringe tipis dan menarik sejumlah kecil darah . Metode ini *invasive*, mahal, sulit, menyakitkan dan berpotensi beresiko . (Jahan , 2014).

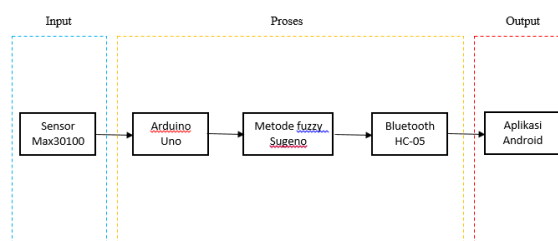
Berdasarkan fakta tersebut maka

dibutuhkan sistem yang dapat mendeteksi gejala awal hipoksia berdasarkan detak jantung dan saturasi oksigen yang dengan cara *non-insvasive* yang menggunakan sensor max30100 diolah dengan metode fuzzy yang akan dikembangkan dalam skripsi ini.

2. PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM

2.1 Gambaran Umum Sistem

Pada gambaran umum ini terdapat diagram blok yang penting untuk sistem deteksi gejala hipoksia berbasis arduino uno dapat dilihat pada gambar 2



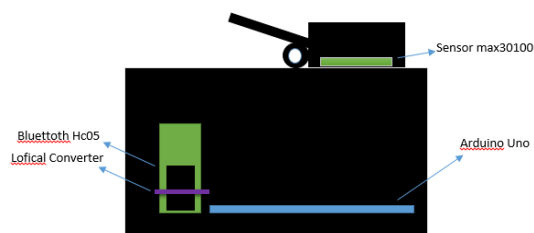
Gambar 1 Diagram Blok Keseluruhan Sistem

Diagram blok pada gambar 1 merupakan gambaran keseluruhan sistem terkait rancangan sistem yang dibuat, ada tiga bagian penting yaitu berupa *input*, *proses* dan *output*. *Input* sistem ini yaitu detak jantung dan SpO2 yang diambil dengan sensor Max30100 diproses menuju mikrokontroler Arduino UNO yang di dalamnya terdapat metode *fuzzy sugeno*. Data dari sensor Max30100 akan melau proses fuzzyfikasi, inferensi dan defuzzyfikasi sehingga mengeluarkan *output* tingkatan hipoksia sesuai dengan *rule*. Setelah pengolahan *fuzzy* selesai data tingkatan hipoksia dikirimkan melalui Bluetooth dan ditampilkan pada aplikasi android.

2.2 Perancangan Sistem

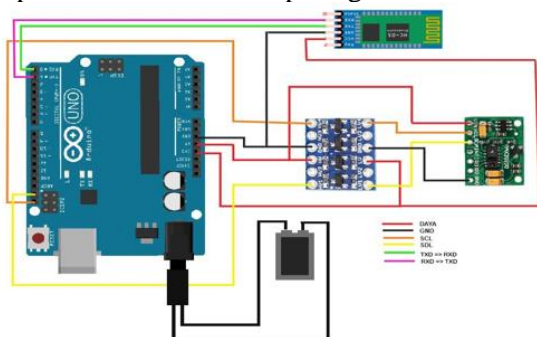
Pembuatan alat deteksi gejala hipoksia ini memerlukan sebuah desain prototype yang akan di implemen tasikan pada sistem seperti yang terlihat pada Gambar 2. Peletakan dari komponen dan pendukungnya sangat perlu untuk diperhatikan. Terlihat pada gambar 2 berbentuk kotak hitam dengan ukuran panjang 12.cm lebar 7cm dan tinggi 7 cm. di dalam kotak terdapat 3 komponen yaitu Bluetooth , logical Converter dan mikrokontroler. Sedangkan sensor Max30100 berada diatas kotak dan diberi bantuan jepitan yang berfungsi untuk menjepit

jari supaya data yang didapat lebih akurat dan mengurangi pergerakan jari yang dapat mengurangi kestabilan sensor Max30100.



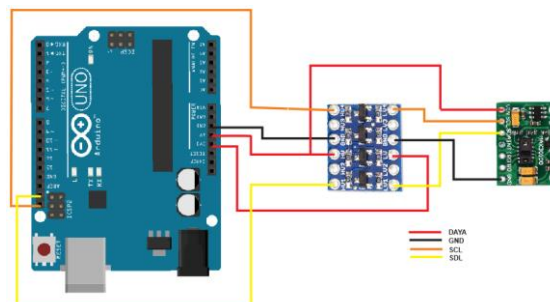
Gambar 2 Desain alat Deteksi Gejala Hipoksia

Keseluruhan perancangan perangkat keras dapat dilihat di skematik pada gambar 2 .



Gambar 3 Skematik Perancangan Perangkat Keras

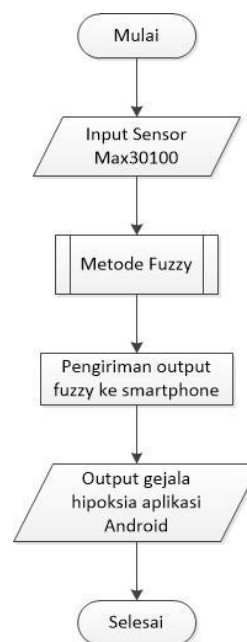
Skematik ini dapat pada gambar 3 terdapat beberapa komponen utama yaitu modul sensor Max30100 disambungkan dengan Level converter supaya sensor berfungsi dengan baik, sensor Max30100 ini berfungsi untuk mengambil data *input* berupa detak jantung dan SpO₂ . sensor akan diprogram ke dalam Arduino UNO yang dimana untuk menyalakannya bisa memakai baterai dengan ukuran 9v. Mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino UNO dikarenakan unit pemroses ini sudah mendukung untuk digunakan untuk penggunaan daya rendah serta cocok untuk pembuatan minimum sistem. Selain itu alat ini memakai Bluetooth HC-05 untuk mengirimkan hasil klasifikasi *fuzzy* sugeno ke android melalui aplikasi yang telah dibuat.



Gambar 4 Skematik Perancangan Sensor Max30100

Sensor Max30100 rcwl-0530 harus menggunakan bantuan level converter untuk membagi tegangan supaya sensor dapat berfungsi dengan baik. untuk menyalakan sensor membutuhkan 5v sedangkan untuk menyalakan inframerah membutuhkan 3,3v.

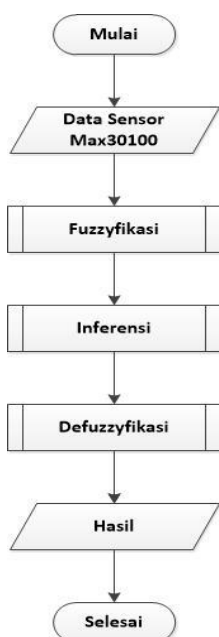
Selain dengan perangkat keras sistem ini juga mempunyai perangkat lunak. Diagram alir dari perangkat lunak dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5 Flowchart Perancangan Perangkat Lunak

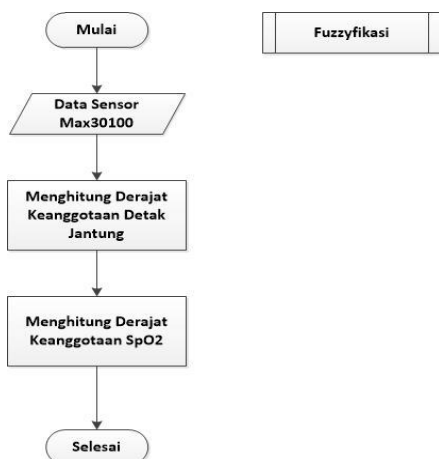
gambar dapat dilihat *input* sensor berasal jari yang nanti akan dihitung berapa detak jantung dan kada SpO₂ Pada diagram alir yang terdapat pada tubuh . setelah mendapat *input* an sensor maka akan masuk dalam perhitungan fuzzy untuk mencari nilai x. setelah menemukan nilai x sistem akan mencari rule mana yang tepat untuk nilai tersebut jika nilai x sama dengan rule 0 maka *output* akan menampilkan *output* yang terdapat pada rule 0 jika tidak sama dengan 0 maka akan mencari rule

sam rule yang ke 12.



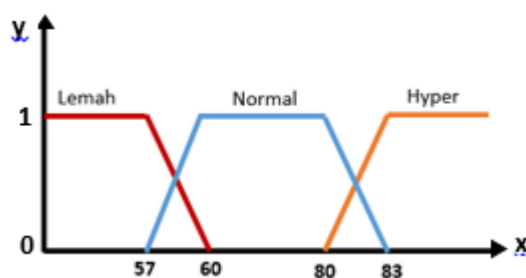
Gambar 6 Perancangan Fuzzy

Paada gambar 6 Metode *fuzzy* akan mengolah data yang diperoleh dari sensor Max30100 yaitu berupa detak jantung dan Spo2. Setelah detak jantung dan Spo2 diperoleh *fuzzy* akan mengolah data sesuai urutan. Setelah proses defuzzyfikasi selesai maka akan keluar output berupa rule yang mengklasifikasikan hipoksia.



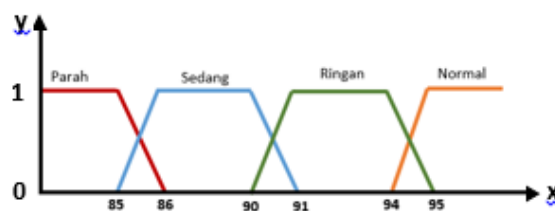
Gambar 7 Perancangan Fuzzy

Langkah pertama yang dilakukan adalah proses fuzzifikasi yaitu proses pengubahan nilai tegas (*Crisp*) dalam fungsi keanggotaan *fuzzy* untuk menentukan derajat keanggotaan variabel input *fuzzy* yaitu Detak jantung dan sarturas oksigen (Spo2)



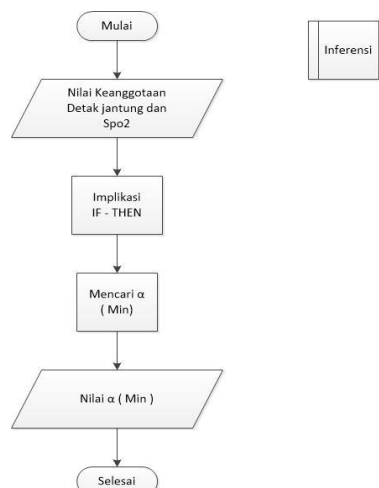
Gambar 8 Keanggotaan Detak Jantung

Gambar 8 merupakan fungsi keanggotaan detak jantung sensor MAX30100. Terdapat tiga derajat keanggotaan detak jantung, lemah yaitu kurang dari 60 bpm, normal yaitu antara 60 bpm hingga 80 bpm dan hyper yaitu diatas 80 bpm.



Gambar 9 Keanggotaan SpO2

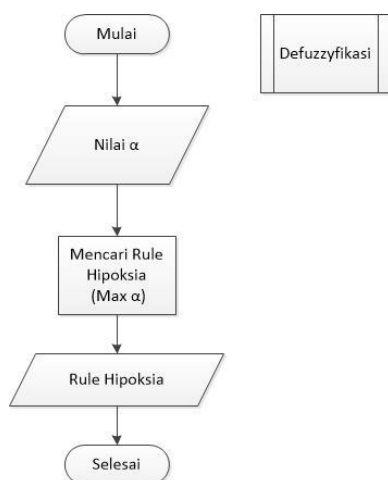
Gambar 9 fungsi keanggotaan SpO2 sensor Max30100 . Terdapat empat derajat keanggotaan saturasi oksigen, parah yaitu kurang dari 85 %, sedang yaitu antara 86 % hingga 90 %, ringan yaitu 91 % sampai dengan 94% dan normal yaitu diatas 95 %.



Gambar 10 Diagram Alir Inferensi

Diagram alir inferensi diatas digambarkan mulai dari data hasil fuzzifikasi berupa derajat keanggotaan dari data sensor berupa detak jantung dan SpO2. Dari data

keanggotaan tersebut dibandingkan antara semua derajat keanggotaan dan dicari nilai minimumnya.



Gambar 10 Diagram Alir Defuzzyfikasi

Proses defuzzyfikasi merupakan salah satu proses pemetaan himpunan fuzzy ke dalam himpunan tegas (crisp) dengan cara mencari nilai maksimum. Setelah mendapatkan nilai α dari metode MIN-MAX maka defuzzyfikasi berguna untuk mencari nilai α (MAX) yang nantinya akan dipilih menjadi rule gejala hipoksia.

2.3 Implementasi Sistem

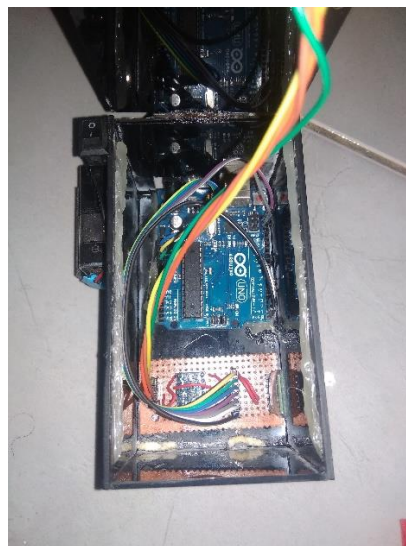
Implementasi dari sistem dapat dilihat pada gambar 11 berikut ini



Gambar 11 Implementasi Sistem Deteksi hipoksia

Pada gambar 11 merupakan implementasi sistem deteksi hipoksia. alat ini menggunakan bahan akrilik yang mudah dibersihkan dan cukup praktis. Dibelakang

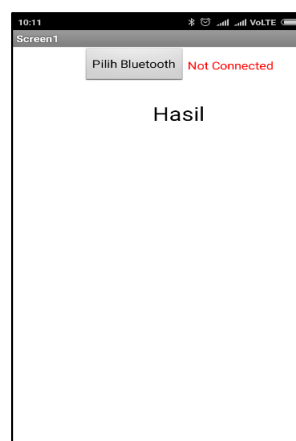
terdapat engsel yang berguna untuk mempermudah membuka alat jika terjadi masalah. Terdapat penjepit jari berguna untuk membantu menempatkan jari tepat diatas sensor.



Gambar 12 Implementasi Rangkaian Sistem

Pada rangkaian implementasi ada 3 komponen yang mempunyai fungsi masing-masing yang terletak di dalam kotak persegi panjang. Mikrokontroler arduino sebagai otak dari sistem, Logical converter sebagai menurunkan dan memisahkan tegangan dan Bluetooth untuk mengirimkan data ke aplikasi android.

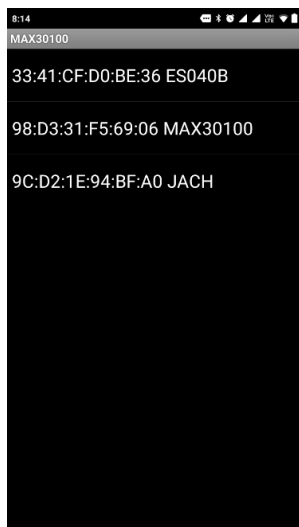
Untuk implementasi aplikasi android dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13 Implementasi Aplikasi Android

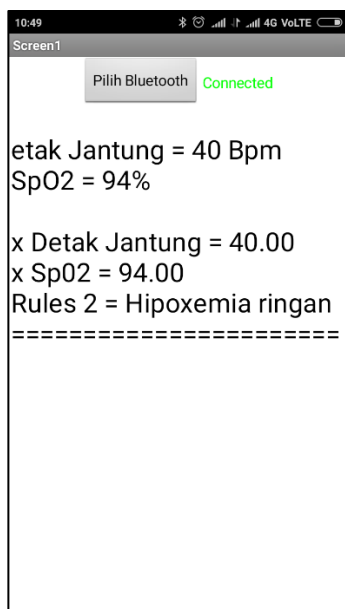
Pada gambar 13 terdapat 3 indikator yaitu pilih Bluetooth, koneksi Bluetooth, dan hasil. Tombol pilih Bluetooth berfungsi untuk menampilkan list Bluetooth yang akan

disambungkan pada smartphone. Seperti gambar 14.



Gambar 14 List Bluetooth software

Tampilan diatas merupakan tampilan setelah tombol Bluetooth di tekan. Pilih max30100 untuk menyambungkan Bluetooth smart phone ke alat. Jika Bluetooth berhasil tersambung maka akan ada tulisan *connect* dan otomatis menampilkan data.



Gambar 15 Hasil Data

Hasil data yang terdapat gambar 15 terdapat dua baris keterangan output. Baris pertama yaitu data dari sensor Max30100 dan baris kedua adalah berisi output dari data sensor yang sudah diolah dengan perhitungan fuzzy sugeno.

3. PENGUJIAN DN ANALISIS

3.1 Pengujian *Output* Sensor Max30100

Sensor Max30100 merupakan sensor yang berfungsi untuk mendeteksi detak jantung dan saturasi oksigen (SpO2) dengan menggunakan inframerah. Pengujian pembacaan nilai sensor Max30100 adalah untuk mengetahui apakah sensor tersebut bisa membaca data dan apakah akurasi data sensor Max30100 sudah bagus atau belum, hasil data sensor yang diuji yaitu detak jantung dan SpO2 . sehingga data dapat diolah dengan metode yang sudah digunakan.

a. Pengujian *Output* data Detak Jantung

Berikut adalah hasil pengujian data sensor detak jantung yang telah dibandingkan dengan detak nadi manual .



Gambar 17 Pengukuran Manual Detak Nadi

Untuk pengukuran pada alat dilakukan menggunakan jari telunjuk dan salah satu hasil dari pengukuran alat dapat dilihat ada gambar 18.



Gambar 18 Hasil Pengukuran Sensor

Data output dari sensor yang ada pada gambar akan dibandingkan dengan detak nadi manual yang dihitung per menit. Hasil pengujian dan error dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1 . Pengujian Output Detak Jantung

Detak nadi	Max30100	Error	Error %
83 Bpm	86 Bpm	2	2.41%
85 Bpm	82 Bpm	3	3.53%
79 Bpm	77 Bpm	2	2.53%
84 Bpm	79 Bpm	5	5.95%
85 Bpm	86 Bpm	1	1.18%
89 Bpm	91 Bpm	2	2.20%
102 Bpm	104 Bpm	2	1.96%
105 Bpm	102 Bpm	3	2.86%
103 Bpm	101 Bpm	2	1.94%
99 Bpm	103 Bpm	4	4.04%
Rata - Rata %Error		2.6	2.86%

Dari pengujian yang dilakukan di atas data output dari sensor max30100 pada bagian detak jantung yang dibandingkan dengan manual dalam 10 percobaan mendapatkan selisih data dengan rata 2,6. Dan mempunyai rata - rata *error* sebesar 2.86% .

b. Pengujian Output data SpO2

Berikut adalah hasil pengujian data sensor SpO2 yang telah dibandingkan dengan alat yang ada di rumah sakit. .



Gambar 19 Pengujian Data SpO2

Untuk pengukuran data SpO2 pada alat dilakukan menggunakan jari telunjuk dan dibandingkan dengan pulse oxymetri yang ada pada rumah sakit, dapat dilihat pada gambar 19 .

Tabel 2 . Pengujian Output Spo2

Pulse Oximetry	Max30100	Error	Error %
91%	93%	2	2.20%
96%	95%	1	1.04%
100%	96%	4	4.00%
100%	95%	5	5.00%

99%	95%	4	4.04%
98%	95%	3	3.10%
98%	95%	3	3.06%
97%	95%	2	2.06%
92%	93%	1	1.09%
100%	96%	4	4.00%
Rata - Rata %Error		2.9	2.96%

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada tabel 2 data output SpO2 dari sensor max30100 yang dibandingkan dengan pulse oxymetri rumah sakit dalam 10 data yang diuji mendapatkan selisih data rata – rata sebesar 2.9 dan error rata – rata 2.96%. sehingga untuk permasalahan output data sensor ini cukup bagus jika dipakai sesuai prosedur.

3.3 Pengujian Jarak Bluetooth

Tujuan pengujian ini untuk mengetahui seberapa jauh Bluetooth dapat mengirimkan data. Mengetahui batas Bluetooth hc-05 sehingga mendapatkan jarak maksimal untuk pengiriman data .Pengujian dilakukan pada 5 jarak yang berbeda 3m,6m,9m,12 dan 15m.

Berikut adalah pengujian jarak pada jarak 3m Bluetooth :

Tabel 3 . Pengujian Bluetooth

Jumlah Pengujian	jarak	Jumlah Keberhasilan	Tingkat Berhasil	error
10 kali	3m	10 Berhasil	100%	0%
10 kali	6m	10 Berhasil	100%	0%
10 kali	9m	8 Berhasil	80%	20%
10 kali	12m	0 Berhasil	0%	100%
10 kali	15m	0 Berhasil	0%	100%

Pad tabel 3 adalah hasil keseluruhan pengujian Bluetooth . dari 10 kali pengujian data dan 5 variasi jarak yang berbeda dapat diketahui bahwa module Bluetooth yang ada pada alat deteksi hipoksia ini mampu mengirim data dengan normal pada jarak 3m, 6m dan 9m.

3.4 Pengujian Metode Fuzzy

Berikut ini merupakan Tabel 4 yaitu hasil dari perhitungan Fuzzy yang akan ditampilkan pada serial monitor pada Arduino IDE

Tabel 4 . Pengujian Metode Fuzzy

Detak Jantung	Spo2	Hasil Implementasi Pada Alat	Hasil perhitungan Manual
120 Bpm	94%	Rule [10] Hipoksia Ringan	Rule [10] Hipoksia Ringan
82 Bpm	95%	Rule [11] Tidak Hipoksia	Rule [11] Tidak Hipoksia
66 Bpm	95%	Rule [7] Tidak Hipoksia	Rule [7] Tidak Hipoksia
59 Bpm	92%	Rule [6] Hipoksia Ringan	Rule [6] Hipoksia Ringan
50 Bpm	90%	Rule [1] Hipoksia Sedang	Rule [1] Hipoksia Sedang
53 Bpm	96%	Rule [3] Tidak Hipoksia	Rule [3] Tidak Hipoksia
54 Bpm	84%	Rule [0] Hipoksia Parah	Rule [0] Hipoksia Parah
60 Bpm	83%	Rule [4] Hipoksia Parah	Rule [4] Hipoksia Parah
65 Bpm	90%	Rule [5] Hipoksia Sedang	Rule [5] Hipoksia Sedang
57 Bpm	93%	Rule [2] Hipoksia Ringan	Rule [2] Hipoksia Ringan
101 Bpm	80%	Rule [8] Hipoksia sedang	Rule [8] Hipoksia sedang
99 Bpm	89%	Rule [9] Hipoksia Sedang	Rule [9] Hipoksia Sedang

Pada Tabel 4 menggunakan 12 sampel yang sudah didapatkan dengan *input* dan *output* yaitu norma, hipoksia sedang, hipoksia sedang dan hipoksia berat . 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*. Pada tabel 4 terdapat juga perbandingan output perhitungan secara manual dengan output sistem

yang ternyata akurasi data sensor dan perhitungan manual *Fuzzy* hasilnya sama,

4. PENUTUP

Pada penelitian sistem deteksi hipoksia menggunakan detakjantung dan saturasi oksigendengan metode fuzzy berbasis arduino ini mendapat hasil pengujian hasil pengujian error pada alat 2,96% untuk saturasi oksigen dan 2,86% untuk detak jantung didapatkan. Dari metode *fuzzy* pada 12 percobaan data dibapat akurasi 100% dan metode *fuzzy* sugeno dapat mengolah data intputan dengan baik. Dengan jarak pengiriman data menggunakan bluettoth maks dengan jarak 10m.

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, penelitian ini masih memiliki banyak kekurangan. Untuk penelitian selanjutnya, saran yang dapat menjadi acuan pengembangan adalah dengan menggunakan metode yang lain dan menambah variasi dari input himpunan fuzzy supaya hasil dari klasifikasi lebih tepat dan akurat . Membuat desain alat yang lebih kecil sehingga mudah dipakai dan dapat dibawa ke mana - mana

5. DAFTAR PUSTAKA

- Arduino, 2017. *Arduino Uno REV3*. [Online] Available at: <https://store.arduino.cc> [Accessed 24 Agustus 2017].
- Ari Azhar, K. D. K. W. H. S., 2015. Perancangan Fuzzy Logic Model Sugeno untuk Wall Tracking pada Robot Pemadam Api.
- Charles Patrick Davis, M. P., n.d. *MedicineNet*. [Online] Available at: https://www.medicinenet.com/hypoxia_and_hypoxemia/article.htm#hypoxia_and_hypoxemia_facts [Accessed 25 januari 2018].
- DerSarkissian, C., 2018. *www.webmd.com*. [Online] Available at: <https://www.webmd.com/asthma/guide/hypoxia-hypoxemia#1> [Accessed senin Desember 2018].
- Esrat, J., 2014. An Overview On Heart Rate Monitoring and Pulse Oxymeter System. *IEEE*, 3(5), pp. 148-142.

- Febriandika, P., 2018. Implementasi Sistem Notifikasi Keadaan Darurat Berbasis Aplikasi Mobile dan Arduino Mega Menggunakan Metode Fuzzy. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Volume 2, pp. 5317-5325.
- Hidayat, Y., 2018. Implementasi Algoritma Wall Following Pada Manuver Robot Menggunakan Metode Fuzzy Sugeno. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, Volume 2, pp. 4957 - 4965.
- Intergrated, m., 2014. *MAX30100*, s.l.: s.n.
- Komal Kashish, M. P. P. Y., 2016. Design of Low Power Pulse Oximeter for Early Detection Hypoxemia. *Micro-Electronics and Telecommunication Engineering*, pp. 600-605.
- LUMEX, 2017. *www.LUMEX.com*. [Online] [Accessed 2017].
- Nuryanti, V., 2010. Rancangan Bangun Alat Pendeteksi dan Penghitung Jantung Dengan Asas Dopler.
- Oxullo, 2018. *github.com*. [Online] Available at: <https://github.com/oxullo/Arduino-MAX30100> [Accessed Selasa Desember 2018].
- P madan Mohan, A. N. ., V. n. ., E. S. J. J., 2016. Measurment Of Arterial Oxygen Saturasi SpO2 Using PPG Optical Sensor. *Communication and signal processing*, pp. 1136-1140.
- Salamah, U., 2016. Rancang Bangun Pulse Oximetry Mmenggunakan Arduino Sebagai Deteksi Kejenuhan Oksigen. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*, Volume VI, pp. 77-82.
- Wan, J., 2017. Reflective type blood oxygen saturation detection system based on MAX30100. pp. 615 - 619 .
- Wohingati, G. W., 2013. Alat Pengukur Detak Jantung Menggunakan Pulsesensor Berbasis Arduino. Volume 12, pp. 65-71.
- Ari Azhar, K. D. K. W. H. S., 2015. Perancangan *Fuzzy* Logic Model Sugeno untuk Wall Tracking pada Robot Pemadam Api.