

Rancang Bangun *Monitoring Heart Rate* dan SpO_2 dengan *Photoplethysmography (PPG)*

Tiari Veronica Siahaan¹, Vincent Suhartono², Dita Ayu Mayasari³

^{1,2,3}Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro

Jl. Imam Bonjol No.207, Semarang 50131, Indonesia

email: tiariveronicaas@gmail.com¹, vincent.suhartono@dsn.dinus.ac.id²,
mayasari.dita@dsn.dinus.ac.id³

Abstract

Unhealthy lifestyles are very much a part of human life in modern times like today. Smoking, fast and high-fat foods, and lack of exercise are among the factors that can cause diseases of the cardiovascular system. One in ten deaths in the world is caused by cardiovascular disease. The role of medical devices in detecting heart rate and SpO_2 is to help doctors diagnose early symptoms of heart disease. Such as an oximeter that can detect heart rate (heart rate) and blood oxygen levels (SpO_2), but the oximeter cannot display the initial diagnosis of the results that have been obtained. Where patients can still measure heart rate and SpO_2 shortly after doing daily activities then the data that will be obtained and processed will be sent to a web server that has been connected to a doctor or nurse. This study uses the MAX30100 sensor where this sensor takes measurements with the photoplethysmography method which will get the value of heart rate and SpO_2 , then uses NodeMCU ESP32 as a microcontroller that functions as data storage and a tool to send data to the web server after the data clustering process is carried out to display an indication of the measurement results and use Organic LED (OLED) to display the measurement results.

Keywords: Oximeter, SpO_2 , Photoplethysmography, NodeMCU ESP32, MAX30100

Abstrak

Pola hidup yang tidak sehat sudah sangat melekat pada kehidupan manusia di zaman modern seperti saat ini. Merokok, makanan cepat saji dan berlemak tinggi, dan jarang berolahraga menjadi salah satu faktor yang dapat menyebabkan penyakit pada sistem kardiovaskular. Satu dari sepuluh kematian di dunia disebabkan oleh Penyakit pada sistem kardiovaskular. Peranan alat medis dalam mendeteksi detak jantung dan SpO_2 untuk membantu dokter mendapatkan mendiagnosa gejala-gejala awal dari penyakit jantung. Seperti oximeter yang dapat mendeteksi detak jantung (heart rate) dan kadar oksigen dalam darah (SpO_2), akan tetapi oximeter tidak dapat menampilkan diagnosis awal dari hasil yang telah didapatkan. Dimana pasien tetap dapat mengukur heart rate dan SpO_2 sesaat setelah melakukan aktivitas sehari-hari lalu data yang nantinya didapat dan diolah akan dikirim ke web server yang sudah tersambung dengan dokter maupun perawat. Penelitian ini menggunakan sensor MAX30100 dimana sensor ini melakukan pengukuran dengan metode photoplethysmography yang nantinya akan mendapatkan nilai dari heart rate dan SpO_2 , lalu menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai microcontroller yang berfungsi sebagai penyimpanan data dan alat bantu untuk mengirimkan data ke web server setelah dilakukannya proses clustering data agar dapat menampilkan indikasi dari hasil pengukuran dan menggunakan Organik LED (OLED) untuk menampilkan hasil pengukuran.

Kata kunci: Oximeter, SpO_2 , Photoplethysmography, NodeMCU ESP32, MAX30100

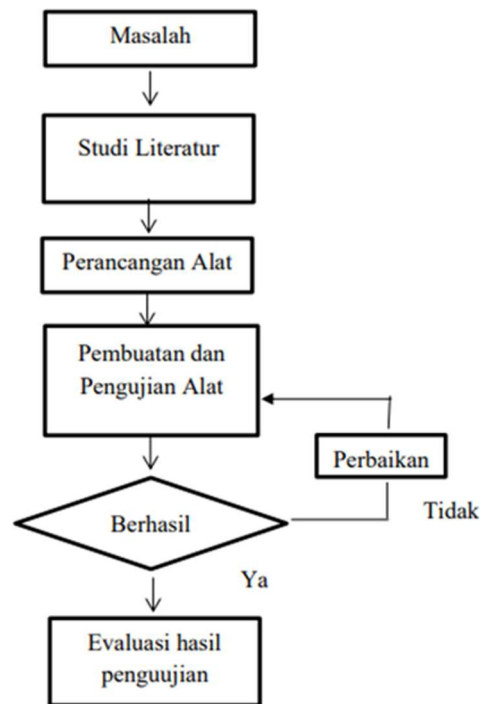
1. Pendahuluan

Penyakit kardiovaskular masih merupakan ancaman global yang serius dan menjadi penyebab kematian nomor satu di seluruh dunia. Menurut Organisasi Kesehatan Dunia (WHO), lebih dari 17 juta orang meninggal setiap tahun akibat penyakit jantung dan pembuluh darah. Data dari Riset Kesehatan Dasar tahun 2018 menunjukkan peningkatan kasus penyakit jantung dan pembuluh darah dari tahun ke tahun. Sekitar 15 dari 1000 orang atau sekitar 2.784.064 individu di Indonesia menderita penyakit jantung [1]. Jenis-jenis penyakit jantung dan pembuluh darah termasuk jantung koroner, gangguan irama jantung, kardiomiopati, penyakit katup jantung, infeksi jantung, dan penyakit jantung bawaan. Gangguan irama jantung atau aritmia adalah kondisi dimana sistem listrik jantung mengalami gangguan, baik dalam pembentukan maupun penyebaran impuls listrik, yang menyebabkan ketidaknormalan pada irama jantung. Dampak dari aritmia sendiri mulai dari berdebar, pusing, pingsan, stroke hingga kematian mendadak. Kurangnya pemahaman pada masyarakat tentang penyakit aritmia tidak sepopuler penyakit jantung lainnya seperti jantung koroner dan gagal jantung, juga fasilitas kesehatan khusus aritmia masih terbatas dan dokter yang sudah ahli dalam bidang aritmia juga masih sedikit [2]. Pemantauan detak jantung pada penderita gangguan irama jantung atau aritmia juga sangat penting untuk dilakukan untuk mengetahui detak jantung seseorang dalam waktu beberapa menit. Dimana terdapat beberapa jenis aritmia atau gangguan irama jantung yaitu gangguan irama jantung yang terlalu lambat atau bisa disebut bradikardia dengan detak jantung per menit kurang dari 60 BPM dan gangguan irama jantung terlalu cepat yang biasa disebut takikardia memiliki detak jantung yang lebih dari 100 BPM [2].

Selain penyakit jantung terdapat pula penyakit yang biasa disebut silent killer yaitu *happy hipoksia*. Hipoksia adalah kondisi seseorang dimana saturasi oksigen dalam darah memiliki nilai yang sangat rendah, yang ditandai dengan gejala sesak nafas dan juga detak jantung yang terlalu cepat atau takikardia. Terlebih disaat kondisi pandemik saat ini terdapat '*silent hypoxia*' atau '*happy hypoxia*' dimana pada kondisi ini pasien mengalami hipoksia arterial berat namun tidak memiliki gejala apapun atau tanda gangguan pada sistem pernapasan [3]. Sehingga perlu dilakukan sebuah pengembangan suatu teknologi medis yang dapat membantu bagi para dokter atau tenaga medis dan tentunya pasien itu sendiri. Oleh karena itu, untuk mengatasi masalah tersebut telah dibuat suatu rancangan alat yang dapat digunakan untuk memonitor detak jantung dan saturasi oksigen darah (SpO₂) bagi semua kalangan. Pengembangan pada alat monitoring yang akan dilakukan adalah menambahkan fitur terbaru. Seperti menambahkan fitur web server yang bisa langsung disambungkan ke dokter maupun perawat agar dapat memantau pasien dari jarak jauh. Alat ini nantinya akan menghasilkan output nilai saturasi oksigen dan detak jantung juga apabila hasil yang didapatkan adalah abnormal maka akan diberikan alarm peringatan yang nantinya akan berbunyi ketika mendapatkan hasil bradikardia, takikardia dan hipoksia. Saat alat ini dihubungkan ke dalam IoMedT (*Internet of Medical Things*) tentunya akan memudahkan bagi seorang tenaga medis atau pasien itu sendiri untuk memantaunya secara real time (*online*).

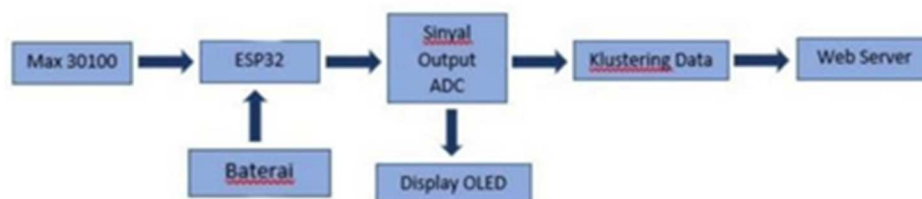
2. Metode Penelitian

Pada jalannya penelitian ini, bagian awal dilakukan perumusan masalah untuk diangkat sebagai topik penelitian dengan menentukan studi literatur yang menjadi referensi penelitian terkait. Setelah membaca studi literatur yang menjadi acuan dalam penelitian proses selanjutnya adalah perancangan alat, mulai dari penentuan alat dan bahan yang digunakan, mencari *datasheet* dari sensor terkait dan menentukan desain akhir dari alat. Selanjutnya pembuatan alat yang dimulai dari tahap pertama yaitu merangkai alat sesuai dengan design yang sudah ditentukan, lalu tahap selanjutnya adalah melakukan filter terhadap sinyal yang ditangkap agar mengurangi *noise* yang ada dan tahap akhir pemrograman alat yang nantinya bekerja sesuai dengan perencanaan awal. Setelah dilakukan pembuatan dilakukan pengujian alat yang nantinya alat tersebut akan digunakan selama 24 jam dalam kondisi apapun. Saat pengujian akan diketahui akurasi dan hasil akhir dari alat tersebut. Apabila hasil pengujian berhasil dan sesuai maka dilakukan evaluasi hasil pengujian, jika alat saat dilakukan pengujian terdapat *error* atau kesalahan maka akan dilakukan perbaikan lalu dilanjut ke tahap evaluasi hasil pengujian apabila alat sudah berhasil diperbaiki.



Gambar 1. Kerangka Alur Penelitian

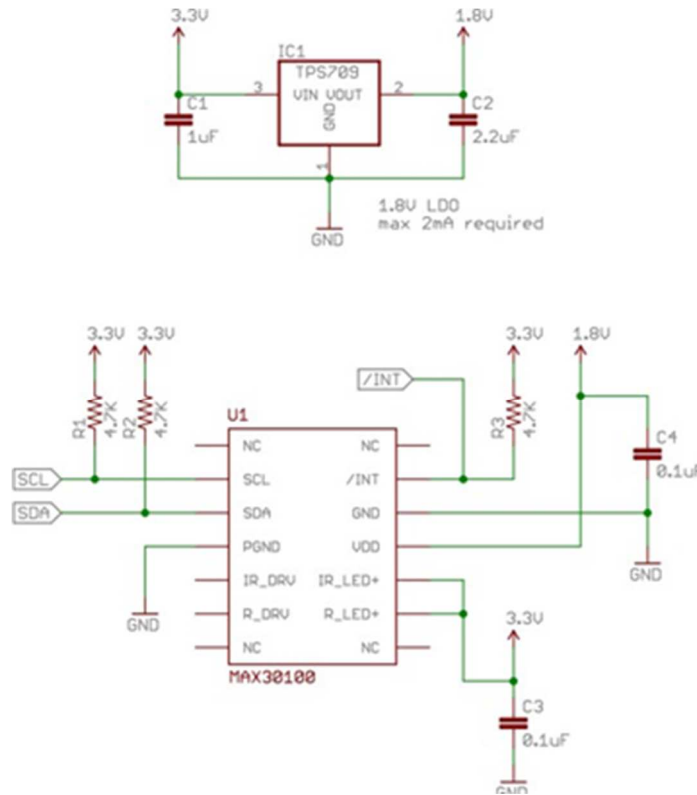
Pengolahan data pertama kali system bekerja dimulai dari pembacaan detak jantung dan SpO₂ pada sensor MAX30100. Sensor akan terhubung ke server dengan menggunakan ESP32 yang juga terdapat ADC atau *analog digital converter* yang berfungsi untuk mengolah sinyal AC menjadi DC agar hasil lebih mudah di pahami. Setelah dilakukan pengukuran dengan MAX30100 didapatkan sinyal analog yang selanjutnya akan diolah di ESP32 agar menjadi sinyal digital untuk ditampilkan pada *organic* LED. Sinyal digital yang sudah didapatkan akan dilakukan proses *clustering data*, dimana data akan dikelompokkan sesuai dengan indikasinya. Setelah dilakukan *clustering data* maka data yang sudah diolah akan dikirim ke *web server* yang sudah terhubung oleh pasien dan dokter maupun perawat.



Gambar 2. Blok Diagram Hardware

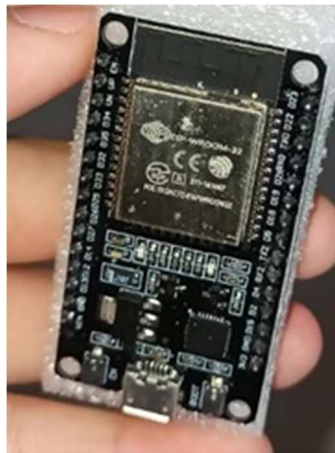
2.1 Perancangan Alat

Penelitian ini terdapat beberapa komponen yang diperlukan agar dapat terbentuk alat yang dapat mengukur detak jantung dan kadar SpO₂ dalam darah. Komponen tersebut memiliki fungsinya masing-masing. Seperti sensor untuk mendeteksi heart rate dan nilai SpO₂ yaitu MAX30100. MAX30100 adalah sensor yang memantau detak jantung dan kadar oksigen darah. MAX30100 menggabungkan dua LED, photodetector, sinyal PPG, dan pemrosesan sinyal analog low-noise untuk mendeteksi detak jantung dan oksimetri nadi. MAX30100 beroperasi dari pasokan 1.8V ke 3.3V dan dapat dimatikan melalui perangkat lunak dengan arus cadangan yang dapat diabaikan sehingga daya dapat dihubungkan setiap saat [4].

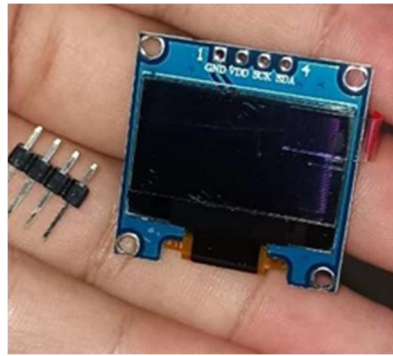


Gambar 3. Rangkaian MAX30100

Selanjutnya adalah *microcontroller* yang berfungsi sebagai komponen yang menyatukan komponen satu dan komponen yang lain juga dapat digunakan sebagai tempat penyimpanan data. Salah satu mikrokontroler yang digunakan adalah NodeMCU ESP32, NodeMCU merupakan sebuah *platform Internet of Things* yang bersifat *open source*. Pada NodeMCU ESP32 terdapat frekuensi clock yang dapat disesuaikan dari 80 MHz sampai 240 MHz dan terdapat *Real Time Operating System (RTOS)*. NodeMCU ESP32 juga terdapat beberapa modul yaitu Wi-Fi module, *Bluetooth low energy system* dengan microcontroller dan ESP32 WROOM-32 Module [5]. NodeMCU ESP32 berukuran panjang 18,26 mm dan lebar 25,4 mm. NodeMCU ESP32 sudah dilengkapi dengan fitur WiFi yang dapat tersambung dengan berbagai koneksi komunikasi dan bisa langsung terhubung dengan internet melalui router serta Bluetooth pada ESP32 yang dapat terhubung ke ponsel. ESP32 memiliki kecepatan data hingga 150 Mbps dan keluaran antenna 20 dBm untuk komunikasi nirkabel [5].

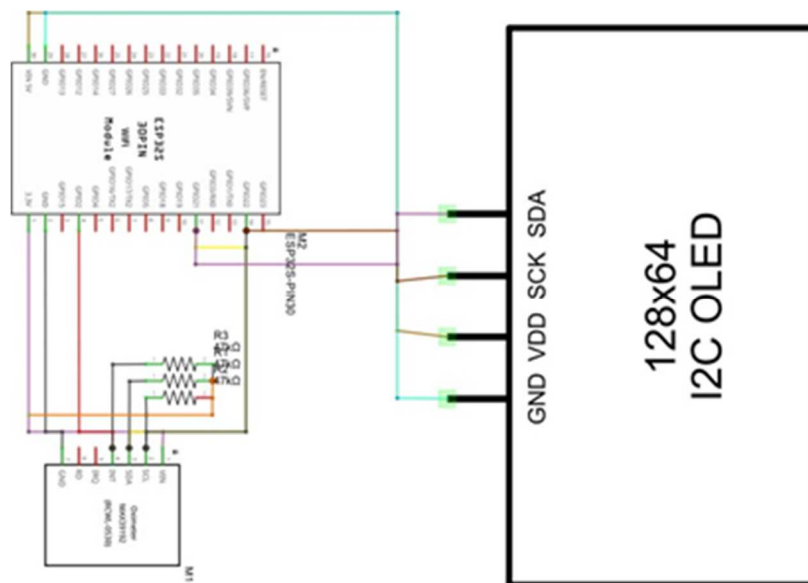


Gambar 4. NodeMCU ESP32



Gambar 5. organik LED

Setelah menentukan beberapa komponen utama yang akan digunakan selanjutnya yaitu menyiapkan *design layout*, agar pada saat melakukan perancangan alat dapat memudahkan peneliti. Pada kaki pin sensor MX30100 yaitu VCC terhubung ke 3.3V pada ESP32 sebagai tegangan (+) dan pin GND terhubung ke pin GND pada ESP32 sebagai tegangan (-), pin SDA, SCL pada sensor MAX30100 terhubung ke pin D1 dan D2 pada ESP32 sebagai perintah program. Adapun OLED 0.96inch pada *hardware* yang dirancang ini sebagai penampil dari hasil pengukuran heart rate & SpO₂ dimana pin VCC pada OLED tersambung dengan pin VCC pada sensor MAX30100 dan ESP32, pin GND terhubung dengan pin GND pada sensor MAX30100 dan ESP32, sedangkan pin SDA, SCL pada OLED terhubung dengan pin SDA, SCL pada sensor MAX30100 dan pin D1, D2 pada ESP32. Setelah dihubungkan dengan komputer kemudian diproses yang nantinya hasil pengukuran akan diberikan kepada dokter maupun tenaga medis agar dapat di observasi. Data yang sudah diobservasi oleh dokter atau tenaga medis akan diberikan kepada pasien.



Gambar 6. Design Layout

3. Hasil dan Analisis

3.1. Implementasi

Dalam penelitian ini diperlukan beberapa alat untuk membuatnya yaitu Sensor MAX30100 yang terhubung dengan Node MCU ESP32. Sensor MAX30100 memiliki bentuk yang kecil dan ramping. Sensor MAX30100 mempunyai dua sumber cahaya yaitu infra red dengan panjang gelombang 870 nm sampai 900 nm dan cahaya merah dengan panjang gelombang 650 nm sampai 670 nm [6]. Pada oksimetri nadi terdapat oksihemoglobin (HbO₂) dan deoksihemoglobin (HHb) yang memiliki tingkat penyerapan cahaya merah dan inframerah (IR) secara berbeda. Pada HbO₂ menyerap cahaya inframerah dalam jumlah yang lebih besar

dan HHb memiliki daya serap yang lebih besar terhadap cahaya merah. Hal ini disebabkan oleh perbedaan warna pada HbO₂ dan HHb yang berwarna merah terang karena kadar HbO₂ yang tinggi sedangkan HHb tidak terlalu merah karena kadar HHb lebih tinggi. Karena perbedaan HbO₂ dan HHb dalam penyerapan cahaya dan dua panjang gelombang cahaya yang ditransmisikan melalui jari kemudian dideteksi oleh fotodiode pada jari dapat menghasilkan nilai dari SpO₂. Sebagian cahaya yang melewati jaringan tanpa diserap oleh fotodetektor akan menciptakan sinyal arus searah (DC) yang cenderung memiliki hasil yang lebih stabil dibanding arus bolak-balik (AC)[7].

Pada saat jari diletakkan di atas sensor MAX30100, cahaya merah dan infrared akan menembus ke permukaan kulit dan akan diserap oleh arteri yang juga ikut mengalami sistol dan diastole karena adanya peningkatan dan penurunan volume darah. Volume darah yang meningkat disebut kompartemen pulsatil (AC) dan disaat volume darah tidak berubah maka disebut kompartemen non-denyut (DC). Pada saat pengukuran data yang didapatkan di awal adalah data AC dan data tersebut diteruskan ke ESP32 oleh ADC dan akan diubah ke dalam bentuk data DC agar dapat terlihat data yang digital untuk ditampilkan. ADC atau analog to digital converter yang terdapat pada ESP32 berfungsi untuk mengubah sinyal AC ke DC, agar saat data ditampilkan ke OLED atau organic LED data tersebut berupa data digital atau angka yang dapat dimengerti oleh pembacanya. NodeMCU ESP32 memiliki pin ADC dimana ESP32 akan mengambil sampel data dari sensor yang masih berupa sinyal analog dan mengubahnya ke dalam bentuk nilai biner.

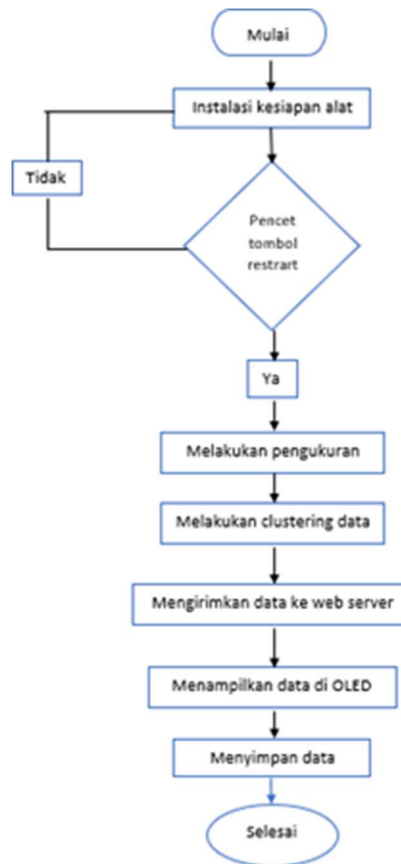


Gambar 7. Percobaan Pengukuran *Heart Rate* dan SpO₂ dengan Alat Penelitian

Pada saat data sudah diolah di ESP32 maka data yang sudah berbentuk digital akan ditampilkan di OLED. Lalu data tersebut akan diteruskan ke website yang sudah disediakan untuk menyimpan data pasien yang bisa langsung terhubung ke dokter. Pada alat ini terdapat lima indikasi yaitu normal heart rate, takikardia, bradikardia, normal SpO₂ dan hipoksia. Sampel data digital yang sudah didapatkan nantinya akan dilakukan pengklasifikasian data agar dapat menampilkan indikasi dari hasil pengukuran. Dimana untuk bradikardia menampilkan data yang kurang dari 60 beat per minute, takikardia menampilkan data lebih dari 100 beat per minute dan hipoksia memiliki persentase kurang dari 90%. Jika hasil dari pengukuran mendapatkan hasil abnormal maka alarm buzzer yang terdapat pada alat akan berbunyi dan untuk indikasi awal dapat dilihat oleh dokter agar dokter dapat menentukan tindakan selanjutnya yang akan dilakukan.

3.2. Software

Perancangan *software* bertujuan untuk membuat sistem dari sensor yang digunakan agar dapat bekerja dengan baik sesuai dengan fungsi perancangannya. Tahapan awal dari *software* dijelaskan pada diagram alir pada gambar 8.

Gambar 8. Diagram Blok *Software*

Pada implementasi *software* dilakukan instalasi dengan Arduino IDE dengan microcontroller ESP32 dan selanjutnya menyambungkan microcontroller ke MAX30100 juga OLED. Instalasi pada MAX30100, OLED dan ESP32 dilakukan dengan menambahkan library dari masing- masing komponen ke Arduino IDE, seperti pada gambar 4.3 dimana pada pemrograman baris pertama dimasukkan library dari masing- masing komponen. MAX30100 perlu disambungkan ke ESP32 agar pada saat menampilkan hasil pengukuran di OLED data tersebut berupa angka biner yang sudah diolah oleh ADC yang terdapat pada ESP32. Alur instalasi ESP32, MAX30100 dan OLED pada Arduino IDE terdapat pada lampiran 2 IDE juga terdapat pada gambar 9.

```

PulseOximetry
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include "MAX30100_PulseOximeter.h"
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#define SCREEN_WIDTH 128
#define SCREEN_HEIGHT 32

#define OLED_RESET 4 // Reset pin # (or -1 if sharing Arduino reset pin)
#define SCREEN_ADDRESS 0x3C ///< See datasheet for Address: 0x3D for 128x64, 0x3C for 128x32
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
#define NUMFLAKES 10 // Number of snowflakes in the animation example

#define LOGO_HEIGHT 16
#define LOGO_WIDTH 16
int i=0;
const unsigned char bitmap [] PROGMEM=
{
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0x80, 0x18, 0x00, 0x0f, 0xe0, 0x7f, 0x00, 0x3f, 0xf9, 0xff, 0xc0,
0x7f, 0xf9, 0xff, 0xc0, 0x7f, 0xff, 0xff, 0xe0, 0x7f, 0xff, 0xff, 0xe0, 0xf7, 0xff, 0xff, 0xf0,
0xff, 0xf7, 0xff, 0xf0, 0xff, 0xe7, 0xff, 0xf0, 0xff, 0xe7, 0xff, 0xf0, 0x7f, 0xdb, 0xff, 0xc0,
0x7f, 0x9b, 0xff, 0xe0, 0x00, 0x3b, 0xc0, 0x00, 0x3f, 0xf9, 0x9f, 0xc0, 0x3f, 0xf9, 0xbf, 0xc0,
0xf, 0xf9, 0xbf, 0x80, 0x0f, 0xf9, 0x7f, 0x00, 0x07, 0xfe, 0x7e, 0x00, 0x03, 0xfe, 0xfc, 0xc0,
0x01, 0xff, 0xf8, 0x00, 0x00, 0xff, 0xf0, 0x00, 0x00, 0x7f, 0xe0, 0x00, 0x00, 0x3f, 0xc0, 0x00,
0x00, 0x0f, 0x00, 0x00, 0x00, 0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
};
// Adafruit_SSD1306 oled(128, 32);

```

Gambar 9. Pemrograman pada Arduino IDE

3.3. Pengujian pada Hardware

Pengujian pada alat ini yaitu melakukan perbandingan data hasil pengukuran dengan menggunakan alat komersil yang sudah ada. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran heart rate dan SpO2 dari patient monitor Dash4000 yang terdapat di RSUD Wongsonegoro Semarang dengan alat pada penelitian ini. Dash4000 memiliki beberapa fitur pendukung seperti merekam dan menampilkan ECG, suhu badan pasien, tekanan darah, detak jantung dan sebagai pulse oximetry yang dapat mengukur SpO2 dalam darah. Dash4000 memiliki nilai akurasi pada SpO2 sekitar ±2% dan memiliki nilai akurasi ±3 BPM untuk heart rate. Berikut gambar yang menampilkan proses pengujian *hardware* yang terdapat pada gambar 10.



Gambar 10. Pengujian *Hardware* dengan Patient Monitor Dash4000

Hasil *heart rate* dan SpO2 dari pengujian *hardware* pada penelitian ini akan dibandingkan dengan hasil pengukuran menggunakan alat komersil patient monitor. Selisih hasil dari kedua alat tersebut nantinya akan dihitung untuk mengetahui tingkat persentase *error* dari alat atau sistem yang telah dibuat. Berikut adalah rumus perhitungan nilai *error* heart rate dan SpO2:

Rumus Persentase Error heart rate:

$$\text{Nilai Error} = \frac{\text{nilai BPM Dash 4000} - \text{nilai alat}}{\text{nilai BPM Dash 4000}} \times 100\% \tag{1}$$

Rumus Persentase Error SpO₂

$$\text{Nilai Error} = \frac{\text{nilai SpO2 Dash4000} - \text{nilai alat}}{\text{nilai SpO2 Dash 4000}} \times 100\% \tag{2}$$

Tabel 1. Rata-rata Keseluruhan Toleransi *Error*

Sampel	Error Heart Rate	Error SpO ₂
A	0.01%	0.08%
B	0.014%	0.012%
C	0.13%	0.014%
D	0.012%	0.028%
E	0.028%	0.025%
Rata-rata error	0.039%	0.032%

Tabel 1 terdapat 5 sampel rata-rata *error* dari heart rate dan SpO₂ secara keseluruhan, dimana terdapat sampel A, B, C, D dan E. Sampel A menunjukkan ibu jari, sampel B menunjukkan jari telunjuk, sampel C menunjukkan jari tengah, sampel D menunjukkan jari manis dan sampel E menunjukkan jari kelingking. Data pada tabel 4.1 merupakan data *error* dari keseluruhan nilai *error* toleransi yang terdapat pada lampiran 1. Hasil dari pengujian *hardware* yang ditunjukkan pada lampiran 1 menunjukkan bahwa sistem yang terdapat pada penelitian ini mampu mendeteksi nilai heart rate dan nilai SpO₂ dengan hasil yang memiliki selisih 0.01% sampai 0.09%. Nilai rata-rata yang didapatkan dari perhitungan alat pada penelitian ini dan alat komersil mencapai 0% - 0.05% yang artinya alat pada penelitian ini masih memiliki batas nilai *error* pengukuran. Perhitungan ini didapatkan nilai keseluruhan rata-rata toleransi heart rate yaitu 0.0405% dan nilai keseluruhan rata-rata toleransi SpO₂ senilai 0.0148%.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa alat pada penelitian ini dapat berjalan dengan baik pada saat merekam nilai heart rate dan nilai SpO₂ dengan menggunakan sensor MAX30100 yang dimana hasil dari pengukuran tersebut akan dilanjutkan ke tahap *clustering* data dan hasil yang didapatkan akan dikirimkan ke *web server* lalu akan ditampilkan di OLED. Hasil pengujian *hardware* yang dilakukan yaitu dengan pendekatan antara alat penelitian dengan alat komersil. Hasil pengujian *hardware* menunjukkan persentase dengan selisih 0% - 0.05% dengan nilai *error* tertinggi 0.06% - 0.14%. Selisih yang tidak jauh berbeda menandakan alat tersebut berfungsi sesuai dengan tujuan yang sudah ditetapkan.

Pada penelitian tugas akhir ini masih memiliki banyak kekurangan yang memungkinkan untuk dilakukan pengembangan pada penelitian selanjutnya, karena itu penulis memberikan saran, yakni untuk melakukan pengujian *hardware sensor* dan komponen lainnya satu persatu untuk menguji keakuratan dari semua komponen yang akan digunakan. Melakukan pemrosesan data yang dilakukan mulai dari sinyal AC hanya menjadi sinyal DC yang akan ditampilkan pada OLED.

Referensi

- [1] Delima D, Siswoyo H. Prevalensi dan faktor determinan penyakit jantung di Indonesia.
- [2] D. Kardiologi, F. K. Universitas, I. J. Nasional, and D. Harapan, "Mengatasi Aritmia , Mencegah Kematian Mendadak * Yoga Yuniadi," vol. 5, no. 3, 2017, doi: 10.23886/ejki.5.8192.Pendahuluan.
- [3] Shianata CM, Engka JN, Pangemanan DH. Happy Hypoxia Pada Coronavirus Disease. Jurnal Biomedik: JBM. 2021 Mar 14;13(1):58-66.
- [4] C. P. Oximeter and H. Sensor, "Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health MAX30100 Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor IC for Wearable Health Absolute Maximum Ratings Supply Current in Shutdown," pp. 1–29, 2014, [Online]. Available: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/879178/MAXIM/MAX30100.html>.
- [5] Shenzhen Ai-Thinker Technology, "Nodemcu - 32s Datasheet," pp. 1–12, 2019, [Online]. Available: http://wiki.ai-thinker.com/_media/esp32/docs/nodemcu-32s_product_specification.pdf.
- [6] Sukar MS. Reading and Monitoring of ECG sensor signal Based on Arduino (Doctoral dissertation, University of Babylon).
- [7] Chan ED, Chan MM, Chan MM. Pulse oximetry: understanding its basic principles facilitates appreciation of its limitations. Respiratory medicine. 2013 Jun 1;107(6):789-99.