

Monitoring Denyut Jantung Dan Kadar Oksigen Darah Pada Pasien Lansia Rawat Jalan

Akbar Sanjaya Purba¹, Jaka Prayudha², Badrul Anwar³

^{1,2,3} Sistem Komputer, STMIK Triguna Dharma

Email: ¹sanjayakbar95@gmail.com, ²jakaprayudha3@gmail.com, ³badrulanwar.tgd@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: sanjayakbar95@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini mengkaji penggunaan metode *Photoplethysmography* (PPG) pada sensor MAX30100 yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 dan platform blynk untuk pemantauan detak jantung dan kadar oksigen darah secara *real-time*. Sensor MAX30100 memanfaatkan cahaya merah dan inframerah untuk mendeteksi perubahan volume darah, yang kemudian diproses oleh ESP32 dan dikirim ke aplikasi blynk untuk visualisasi data. Studi ini mengevaluasi tingkat akurasi dan keandalan sensor dalam berbagai kondisi lingkungan dan aktivitas fisik, serta membahas tantangan teknis yang dihadapi dalam integrasi perangkat keras dan perangkat lunak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat memberikan pemantauan kesehatan yang efektif dan portabel dengan biaya yang lebih rendah dibandingkan perangkat medis komersial. Namun, akurasi pengukuran dapat terpengaruh oleh faktor eksternal seperti gerakan dan pencahayaan, yang memerlukan metode kalibrasi dan optimasi lebih lanjut..

Kata Kunci: MAX30100, *Photoplethysmography* (PPG), ESP32, Blynk, Detak jantung

Abstract

This research aims to develop and evaluate a heart rate and blood oxygen level monitoring system using the ESP32, MAX30100 sensor, and the Blynk platform. The Photoplethysmography (PPG) method is applied in the MAX30100 sensor to detect blood volume changes by measuring reflected light. Data obtained from the sensor is sent in real-time to the Blynk application via the ESP32's WiFi connection, enabling continuous and portable health monitoring. The system is tested to measure accuracy, reliability, and battery life under various environmental conditions and physical activities. The results show that although the MAX30100 sensor has some accuracy limitations compared to standard medical devices, this system is effective enough for everyday health monitoring applications with affordable costs and ease of use. Several external factors affecting sensor performance, such as movement and ambient lighting, are identified, and solutions to address these issues are proposed. In conclusion, the use of ESP32, MAX30100, and Blynk provides an innovative and practical solution for real-time and portable personal health monitoring..

Keywords: MAX30100, *Photoplethysmography* (PPG), Blynk, ESP32, Heart Beat

1. PENDAHULUAN

Jantung merupakan salah satu organ yang sangat penting bagi manusia karena jantung bertugas memompa darah keseluruh tubuh, darah tersebut mengandung oksigen dan sumber makanan yang dibutuhkan oleh sel-sel tubuh. Terganggunya kinerja jantung dapat menyebabkan fungsi pada organ-organ lain terhambat. Denyut jantung dapat dijadikan salah satu parameter seseorang dalam keadaan sehat atau tidak. Ada beberapa metode yang digunakan untuk pemeriksaan denyut jantung yaitu elektrokardiogram (EKG), phonocardiogram (PCG), Auskultasi. Namun metode- metode tersebut hanya dapat dilakukan oleh para ahli dibidangnya dan sekarang mulai dikembangkan alat ukur untuk pemeriksaan denyut jantung yang portable dan dapat digunakan tanpa harus pergi ke instansi kesehatan atau klinik [1].

Alat ukur detak jantung berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi topik penelitian yang banyak diminati sejak pandemik Covid-19. Alat ini dapat mendeteksi kondisi detak jantung tanpa harus berinteraksi langsung dengan pasien. Hasil pengukuran akan ditampilkan pada *smartphone* ataupun komputer, laptop dengan jaringan internet. Beberapa penelitian tentang alat ukur detak jantung berbasis IoT telah dikembangkan dengan memanfaatkan perubahan volume darah pada ujung jari dan untuk mengetahui detak jantung. Alat ini menggunakan *infrared led emitting diode* (IR LED), Arduino dan *processing software* sebagai tampilan dan membuat alat ukur detak jantung yang dapat dipantau secara *realtime* yang menggunakan metode *photoplethysmograph*. Sensor yang digunakan pada alat ini adalah sensor MAX30100. Sensor MAX30100 berkerja berdasarkan *elektrokardiogram*.

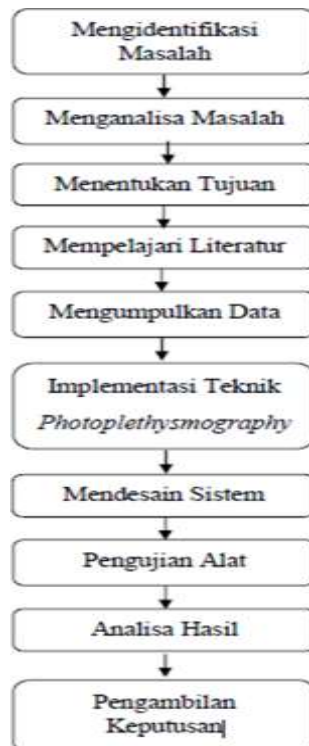
Metode *photoplethysmograph* diterapkan untuk mengkatagorikan pasien dalam kelompok normal dan tidak normal. Rancang bangun alat pengukur detak jantung yang menggunakan komunikaasi *wifi* dan *android*. Alat ini memanfaatkan sensor *easy pulse* dan *NodeMCU* sebagai I/O dan kontrol. Pengukuran data dilakukan dengan menempelkan sensor di jari. Hasil pengujian menunjukkan perbandingan *error* 0% sampai 6% pada laki-laki dan Perempuan membuat alat pengukur detak jantung yang *wearable*. Alat ini diletakkan pada *face shield* dan memanfaatkan ESP-WROOM-32 sebagai mikrokontroler dari 20 data percobaan data yang dihasilkan memiliki *galat* 3,2% dibandingkan dengan *pulse oximeter* [2].

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Dalam suatu metodologi penelitian diperlukan penjabaran kerangka kerja saat merancang sistem *monitoring* detak

jantung dan kadar oksigen dalam darah. Kerangka kerja adalah bagian yang akan dilewati secara bertahap sehingga penelitian sistem ini akan berlangsung dengan baik. Adapun kerangka yang harus diikuti untuk penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 1. Kerangka Kerja

Adapun penjelasan kerangka kerja sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi masalah
Mengidentifikasi masalah yang diteliti akan dipecahkan dalam penelitian ini dan bagaimana untuk mengetahui detakjantung dan kadar oksigen dalam darah, mempelajari Literatur dan mengumpulkan Data Implementasi teknik *Photoplethysmography*. Mendesain sistem pengujian alat mengidentifikasi hasil yang diproses akan ditampilkan oleh LCD OLED dan dikirim ke aplikasi Blynk. darah, mempelajari Literatur dan mengumpulkan Data Implementasi teknik *Photoplethysmography*. Mendesain sistem pengujian alat mengidentifikasi hasil yang diproses akan ditampilkan oleh LCD OLED dan dikirim ke aplikasi Blynk.
2. Menganalisa Masalah
Menganalisa Masalah yang dilakukan pada penelitian ini adalah dalam hal membangun sistem yang memanfaatkan teknik *Photoplethysmography*.
3. Menentukan Tujuan
Menentukan tujuan penelitian ini dilakukan agar hasil yang diharapkan tidak berbeda dengan yang diinginkan. Tujuan dalam penelitian ini adalah mengimplementasikan teknik *Photoplethysmography* dalam monitoring.
4. Mempelajari literatur
Mempelajari literatur-literatur yang berhubungan dengan penelitian ini yang dapat dijadikan referensi, dalam penelitian ini adapun literatur yang dipakai adalah tentang teknik *Photoplethysmography*, datasheet NodeMCU, sensor MAX30100, dan Blynk.
5. Mengumpulkan Data
Mengumpulkan data-data, khususnya data-data dalam teori tentang teknik *Photoplethysmography*, data-data pasien lanjut usia rawat jalan, dan data-data tentang penelitian yang akan dibuat.
6. Implementasi Teknik *Photoplethysmography*
Melakukan implementasi teknik *Photoplethysmography* pada sistem monitoring pasien lanjut usia rawat jalan untuk mengetahui saturasi oksigen, detak jantung dan dapat dipantau menggunakan aplikasi Blynk.
7. Mendesain Sistem
Melakukan disain rancang bangun sisten dalam bentuk 3D. Penentuan komponen yang akan digunakan dan pemanfaatan NodeMCU untuk mengendalikan sistem.
8. Pengujian Alat
Setelah perancangan sistem rancang bangun, tahap selanjutnya yang dilakukan adalah tahap pengujian sistem monitoring pasien lansia rawat jalan. Hal ini dilakukan agar dapat melihat hasil kinerja alat yang dirancang.

9. Analisa Hasil
Pengolahan data hasil yang didapat kemudian data tersebut dianalisa agar sesuai dengan hasil yang diharapkan.
10. Pengambilan Keputusan
Menentukan hasil dari sistem yang akan dirancang apakah sistem cocok dipergunakan atau harus melakukan perbaikan.

2.2 Metode Perancangan Sistem

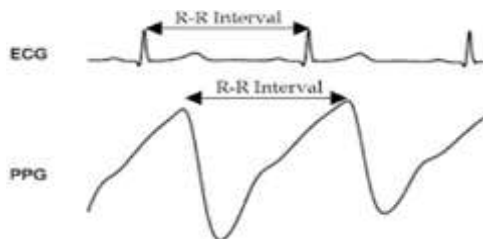
Pada metode perancangan sistem dari penelitian ini diketahui beberapa tahapan, terdiri dari:

1. Perencanaan
Pada tahapan ini proses perencanaan dari sistem yang akan dibuat memerlukan syarat pemakaian software sebagai interface beserta hardware sebagai sistem kendali sensor.
2. Analisa
Untuk mengamati secara rincian bagaimana menerapkan metode *Photoplethysmography* sebagai pengujian dan memperoleh data yang akan diperlihatkan di aplikasi blynk dapat diharapkan mempunyai penyesuaian selaras dengan perancangan.
3. Desain
Menggunakan aplikasi fritzing untuk merancang sistem monitoring detak jantung dan suhu tubuh dan google sketch up untuk desain tampilan 3 dimensi pada sistem.
4. Implementasi Metode
Dengan menggunakan metode *Photoplethysmography* untuk pembacaan sensor supaya lebih akurat.
5. Pengujian
Percobaan dilaksanakan setelah seluruh proses sebelumnya sudah betul-betul selesai dan berjalan dengan baik, pengujian dilaksanakan dengan menghidupkan sistem secara keseluruhan.
6. Perawatan
Melakukan pemeriksaan terhadap sistem secara rutin atau berjangka waktu. apakah sistem masih berjalan sesuai objek. Perawatan juga meliputi semua komponen pendukung sistem.

2.3 Photoplethysmography

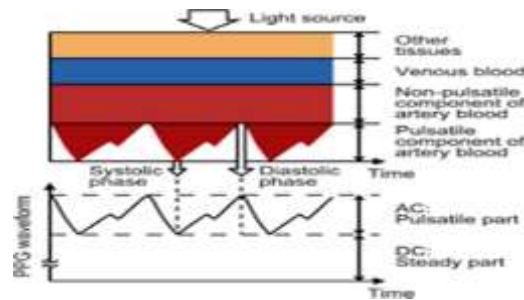
Photoplethysmography (PPG) adalah teknik optik non-invasive untuk mengukur perubahan volume darah berdasarkan variasi intensitas cahaya yang lewat atau dipantulkan oleh organ tubuh manusia. Cahaya yang dipancarkan pada jaringan tubuh dapat diserap oleh substansi yang berbeda-beda, misalnya pigmen kulit, tulang, darah arteri dan vena. Perubahan aliran darah paling banyak terdapat pada arteri dan arterioles. Hanya saja teknik PPG cukup sensitive terhadap artefak gerak, pada penelitian diusulkan teknik untuk mengurangi efek dari gerak artefak menggunakan akselerometer. Beberapa penelitian lainnya menggunakan kamera digital dan teknik PPG untuk mendeteksi SDM dengan menggunakan cahaya sekeliling yang normal sebagai sumber penerangan PPG juga digunakan pada smartphone untuk memantau fisiologis manusia [11].

Photoplethysmography menggunakan sumber cahaya dari Light Emitting Diode (LED) dan PD (Photo Detector) untuk mendeteksi adanya perubahan volume darah dalam pembuluh darah. Cahaya dapat ditransmisikan melalui jaringan kapiler (capillary bed). Saat pulsasi arteri (arterial pulsations) mengisi jaringan kapiler, perubahan volume pembuluh mengubah penyerapan (absorption), pantulan (reflection), dan hamburan (scattering) cahaya. Sinyal PPG secara umum memiliki bentuk yang berbeda dengan sinyal ECG. Namun terdapat kesesuaian pola sinyal yang mampu menunjukkan R-R interval. Kesesuaian pola sinyal PPG dan ECG ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2. Pola sinyal PPG dan ECG yang bersesuaian

Dan bentuk sinyal Photoplethysmography yang terdiri dari komponen sinyal Direct Current (DC) dan Alternating Current (AC). Komponen DC dari sinyal PPG berasal dari cahaya tetap yang ditransmisikan atau direfleksikan dari jaringan tubuh. Komponen AC menunjukkan perubahan volume darah yang terjadi antara fase sistolik dan diastolik siklus jantung. frekuensi dasar dari komponen AC tergantung pada denyut jantung dan ditumpangkan ke komponen DC pada gambar dibawah [12].



Gambar 3. Variasi Penyerapan Cahaya oleh Jaringan tubuh

Metode PPG pada kehidupan sehari-hari umumnya digunakan untuk mengukur jumlah kadar oksigen dalam darah (SpO₂) dan jumlah denyut jantung per-menit (BPM). Normalnya pada tubuh manusia dewasa, jumlah denyut jantung per-menitnya berkisar antara 60-100 kali denyut jantung. Pada pengukuran jumlah oksigen dalam darah, sinyal PPG menggunakan dua panjang gelombang cahaya yang berbeda. Gelombang PPG dapat terbentuk karena perubahan dari sinyal AC yang dihasilkan dari pendeteksi cahaya. Besarnya frekuensi sinyal AC biasanya hanya bernilai 1 Hz tergantung dari detak jantung. Lama delay waktu setiap pengukuran tergantung dari detak jantung dan panjang lintasan cahaya. Metode PPG memanfaatkan perubahan gelombang cahaya untuk mendeteksi perubahan volume darah dengan cara menggunakan sebuah LED berwarna merah dan inframerah serta photodiode [13]

2.4 NodeMCU ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif System merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi Internet of Things. Untuk spesifikasi dari ESP32 dapat dilihat pada gambar 2.3 dan pada gambar 2.4 merupakan pinout dari ESP32. Pin tersebut dapat dijadikan input atau output untuk menyalakan LCD, lampu, bahkan untuk menggerakkan motor DC [9].

2.5 Sensor MAX30100

Sensor MAX30100 adalah pulse sensor yang terintegrasi dan digunakan untuk memonitoring SpO₂ dan denyut jantung secara non-invasive. Sensor MAX30100 terdiri dari dua Light Emitting Diode (LED) yaitu LED merah dan infrared serta sebuah photodetektor dengan pemrosesan sinyal analog noise rendah. Darah yang mengandung oksigen akan menyerap panjang gelombang yang dihasilkan oleh infrared yaitu sebesar 900 nm sedangkan darah yang tidak mengandung oksigen akan menyerap panjang gelombang yang dihasilkan oleh LED merah yaitu sebesar 650 nm [10].



Gambar 4. Sensor MAX30100

2.6 Blynk

Blynk adalah aplikasi untuk IOS dan OS Android untuk mengontrol Arduino, NodeMCU, Raspberry Pi dan sejenisnya melalui Internet. Aplikasi ini dapat digunakan untuk mengendalikan perangkat hardware, menampilkan data sensor, menyimpan data, visualisasi, dan lain-lain. Aplikasi Blynk memiliki 3 komponen utama, yaitu Aplikasi, Server, dan Libraries. Blynk server berfungsi untuk menangani semua komunikasi diantara smartphone dan hardware. Widget yang tersedia pada Blynk diantaranya adalah Button, Value Display, History Graph, Twitter, dan Email. Blynk tidak terikat dengan beberapa jenis microcontroller namun harus didukung hardware yang dipilih. NodeMCU dikontrol dengan Internet melalui WiFi, chip ESP32, Blynk akan dibuat online dan siap untuk Internet of Things [15].

2.7 LCD OLED

OLED (Organic Light-Emitting Diode) Display. OLED Display memiliki keunggulan dalam hal kecerahan, kontras dan efisiensi energi jika dibandingkan dengan LCD (Liquid Crystal Display) konvensional. OLED Display adalah jenis layar yang menggunakan dioda organik untuk menghasilkan cahaya dan menampilkan gambar atau teks. Setiap piksel pada layar OLED dapat menghasilkan cahaya sendiri, sehingga tidak memerlukan sumber cahaya belakang atau lampu latar tambahan. Hal ini membuat OLED Display lebih tipis, ringan dan menghemat energi.



Gambar 5. LCD OLED

2.8 Tahapan Proses Sistem

Agar cara kerja sistem bisa lebih transparan tentu diperlukan penjabaran dengan melalui tahapan-tahapan kerja dibawah ini:



Gambar 6. Tahapan Proses Sistem

1. Inisialisasi Sistem
Proses awal dari sistem sebagai syarat agar sistem bisa dioperasikan, perihal yang termasuk dalam inisialisasi sistem yaitu menghubungkan catu daya dan menentukan set point jika diperlukan hingga melaksanakan koneksi awal antara komponen-komponen utama.
2. Identifikasi inputan sensor MAX30100
Pada tahapan ini sensor akan diidentifikasi untuk aktif. Proses dimana kedua sensor ini akan membaca nilai dari detak jantung dan kadar oksigen dalam darah.
3. Proses Pengolahan Data Sensor
Proses pengolahan data sensor dilakukan oleh sistem yang dipakai. Pada umumnya konfigurasi akan terjadi setelah sistem diaktifkan dan data sensor atau inputan akan otomatis dikirim ke sistem kendali untuk diolah berdasarkan metode yang dipakai.
4. Implementasi Metode *Photoplethysmography*
Program yang telah dimasukkan dalam sistem dengan ketentuan algoritma dari metode *Photoplethysmography* yang dipakai akan membandingkan data inputan dari sensor memakai tahapan-tahapan pengolahan data algoritma dari metode *Photoplethysmography*.
5. Proses Tampilan Data Dengan Aplikasi Blynk dan LCD OLED
Tahap terakhir dari sistem yang bejalan merupakan kondisi keluaran yang dimana pada sistem ini diberikan informasi dengan kondisi detak jantung dan suhu tubuh. Detak jantung dan kadar oksigen dalam darah ini akan disesuaikan dengan inputan yang telah diolah sistem kendali berdasarkan metode yang diimplementasikan.

2.9 Penerapan Photoplethysmography

Penerapan *Photoplethysmography* bertujuan untuk mengolah data setelah proses pengujian alat. Pengolahan data statistik menggunakan Regresi linier, pengolahan data menggunakan regresi linier dilakukan untuk mencari hubungan antara usia dengan pengukuran detak jantung dan saturasi oksigen menggunakan sensor MAX30100 maupun oximeter. Data pengukuran detak jantung dan saturasi oksigen diplot dalam grafik menggunakan Microsoft Excel kemudian tampilkan koefisien determinasi (R^2) menggunakan pendekatan logaritma.

Data yang diperoleh akan diolah menggunakan metode regresi linier dan standar deviasi. Metode perhitungan regresi linier digunakan agar dapat memperediksi nilai error yang terjadi jika dilakukan pengukuran selanjutnya.

Tabel 1. Petunjuk Denyut Jantung Sesuai Usia

Kategori	Umur	Frekuensi Denyut Jantung
Bayi	Baru Lahir	100 – 180 bpm
Bayi	1 minggu – 3 bulan	100 – 220 bpm
Bayi	3 bulan – 2 tahun	80 -150 bpm
Anak-anak	2 – 10 tahun	70 – 110 bpm
Remaja	10 -20 tahun	60 -90 bpm
Dewasa - Lansia	21 dan lebih	69 – 100 bpm

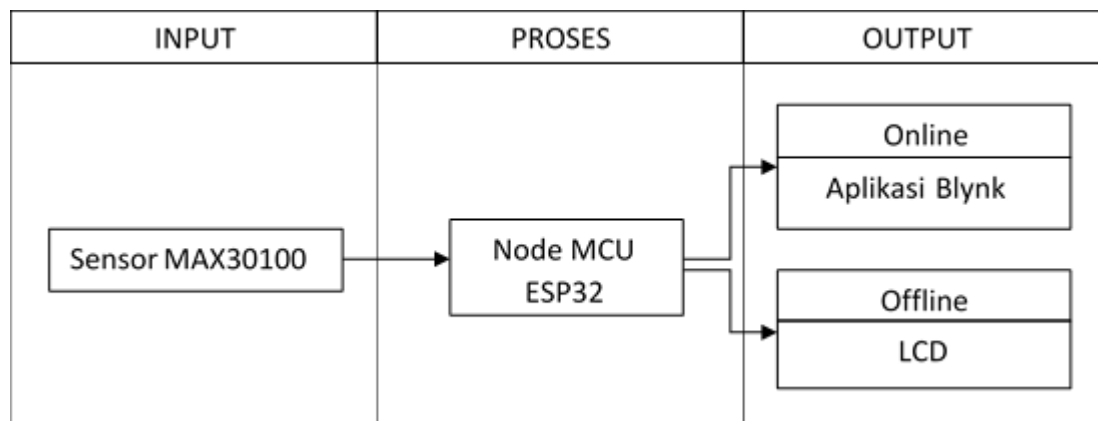
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pemodelan Sistem

Pada perancangan dan pemodelan sistem ini dilakukan dengan perancangan perangkat keras (Hardware) dan perangkat lunak (Software). Sistem pada perangkat keras dirancang dengan menggunakan rangkaian elektronika digital yang terdiri dari beberapa rangkaian yang dijadikan satu kesatuan sistem. Adapun rangkaian berikut berupa rangkaian catu daya, NodeMCU, dan sebuah rangkaian sensor lainnya

3.2 Pemodelan Blok Diagram Sistem

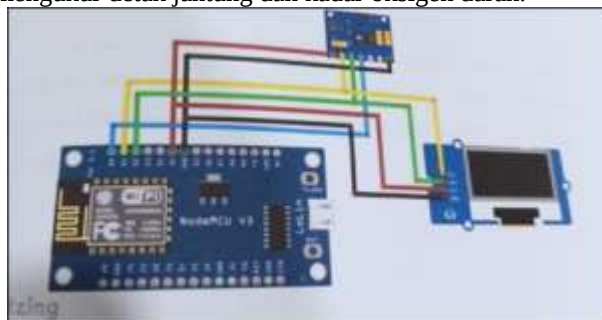
Sebelum melakukan perancangan sistem, terlebih dahulu dibuat diagram yang akan menjelaskan aliran input, proses, dan output.



Gambar 7. Blok Diagram Sistem

3.3 Rangkaian Keseluruhan

Berikut ini gambar dari rangkaian keseluruhan yang ada pada perangkat keras pada implementasi metode photoplethysmography untuk mengukur detak jantung dan kadar oksigen darah.



Gambar 8. Rangkaian Keseluruhan

3.4 Rangkaian Keseluruhan Sistem

Berikut ini merupakan rancangan keseluruhan sistem yang dirakit berupa prototype sistem.



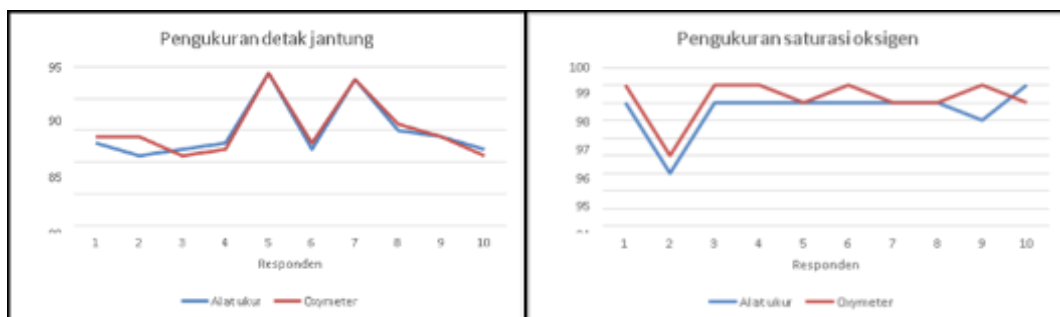
Gambar 9. Prototype Keseluruhan Sistem

3.5 Pengujian Sistem

Pengujian sistem prototype ini menggunakan responden dari pasien lansia rawat jalan berikut ialah tabel hasil dari pengujian alat:

Tabel 2. Responden Dari Pasien Lansia

No.	Responden	Detak Jantung (bpm)	Oxymeter (spo2)	Error %	Keterangan
1	Responden 1	81	84	1,19	Normal
2	Responden 2	83	84	3,57	Normal
3	Responden 3	86	87	1,23	Normal
4	Responden 4	85	86	1,22	Normal
5	Responden 5	91	91	0	Normal
6	Responden 6	95	95	0	Normal
7	Responden 7	81	83	1,12	Normal



Gambar 10. Diagram Pengukuran Dari Sensor MAX30100



Gambar 11. Hasil Pemantauan Melalui Aplikasi Blynk

4. KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pemantauan kesehatan berbasis ESP32, sensor MAX30100, dan blynk merupakan solusi portabel, terjangkau, dan cukup efektif untuk penggunaan sehari-hari. Meskipun akurasi sensor MAX30100 dipengaruhi oleh faktor eksternal seperti gerakan dan pencahayaan, sistem ini memberikan hasil yang memadai untuk pemantauan real-time. Penggunaan Blynk mempermudah pemantauan melalui smartphone, sementara optimasi daya pada ESP32 penting untuk memperpanjang masa pakai perangkat. Secara keseluruhan, sistem ini memiliki potensi besar, meski masih perlu pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan akurasi dan keandalan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penyelesaian penelitian ini. Terima kasih kepada pembimbing yang telah memberikan arahan, masukan, dan motivasi sepanjang proses penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan dan keluarga atas dukungan moral dan materiil yang sangat berarti. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan aplikasi teknologi dalam bidang kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Muthmainnah and D. B. Tabriawan, "Prototipe Alat Ukur Detak Jantung Menggunakan Sensor MAX30102 Berbasis Internet of Things (IoT) ESP8266 dan Blynk," *JISKA (Jurnal Inform. Sunan Kalijaga)*, vol. 7, no. 3, pp. 163–176, 2022, doi: 10.14421/jiska.2022.7.3.163-176.
- [2] Kemalasari and M. Rochmad, "DETEKSI KADAR SATURASI OKSIGEN DARAH (SpO2) DAN DETAK JANTUNG SECARA NON- INVASIF DENGAN SENSOR CHIP MAX30100," *J. Nas. Teknol. Terap.*, vol. 4, no. 1, pp. 35–50, 2022, doi: 10.22146/jntt.v4i1.4804.
- [3] D. N. Ilham *et al.*, "Comparison of Max30100 Blood Oxygen Detector Results With Smart Watch," vol. 2, no. 2, 2023.
- [4] D. Rahmawarni and H. Harmadi, "Sistem Monitoring Saturasi Oksigen dan Denyut Nadi dalam Darah Menggunakan Sensor Max30100 Via Telegram Berbasis IoT," *J. Fis. Unand*, vol. 10, no. 3, pp. 377–383, 2021, doi: 10.25077/jfu.10.3.377-383.2021.
- [5] R. Herdiansyah, U. Pamulang, U. Pamulang, and A. Uno, "Scientia Sacra : Jurnal Sains , Teknologi dan Masyarakat Perancangan Alat Ukur Saturasi Oksigen dan Detak Jantung Berbasis Arduino dengan Menggunakan Sensor MAX30100 dan LCD," *J. Sains Teknol. dan Masy.*, vol. 2, no. 4, 2022.
- [6] D. E. Savitri, "Gelang Pengukur Detak Jantung dan Suhu Tubuh Manusia Berbasis Internet of Things (IoT)," *UIN Syarif Hidayatullah Jakarta*, pp. 1–87, 2020.
- [7] M. Ramli and A. Selao, "ANALISIS DAN VISUALISASI TINGKAT STRESS BERDASARKAN RESISTANSI KULIT , DETAK JANTUNG," vol. 3, no. 3, pp. 29–34, 2023.
- [8] J. Li, Z. Yu, and J. Shi, "Learning Motion-Robust Remote Photoplethysmography through Arbitrary Resolution Videos," *Proc. 37th AAAI Conf. Artif. Intell. AAAI 2023*, vol. 37, pp. 1334–1342, 2023, doi: 10.1609/aaai.v37i1.25217.
- [9] A. Shrivastava, S. J. Suji Prasad, A. R. Yeruva, P. Mani, P. Nagpal, and A. Chaturvedi, "IoT Based RFID Attendance Monitoring System of Students using Arduino ESP8266 & Adafruit.io on Defined Area," *Cybern. Syst.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–12, 2023, doi: 10.1080/01969722.2023.2166243.
- [10] W. Fadjar Bastari, M. Arif Anshori, and MUHAMMAD RISFAN RAMADHANI, "Design & Construction of Oxygen Saturation Measuring Equipment Through the Thingspeak Server With Max 30100 Sensor," *BEST J. Appl. Electr. Sci. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 75–80, 2022, doi: 10.36456/best.vol4.no2.6155.
- [11] B. Kossack, E. Wisotzky, P. Eisert, S. P. Schraven, B. Globke, and A. Hilsman, "Perfusion assessment via local remote photoplethysmography (rPPG)," *IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. Work.*, vol. 2022-June, pp. 2191–2200, 2022, doi: 10.1109/CVPRW56347.2022.00238.
- [12] H. W. Loh *et al.*, "Application of photoplethysmography signals for healthcare systems: An in-depth review," *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 216, 2022, doi: 10.1016/j.cmpb.2022.106677.
- [13] K. T. Mukti, D. Mina, A. Luhur, and K. Kunci, "PHOTOPLETHYSMOGRA PHY (PPG) BERBASIS VIDEO".
- [14] A. P. Manullang, Y. Saragih, and R. Hidayat, "Implementasi Nodemcu Esp8266 Dalam Rancang Bangun Sistem Keamanan Sepeda Motor Berbasis Iot," *JIRE (Jurnal Inform. Rekayasa Elektron.)*, vol. 4, no. 2, pp. 163–170, 2021, [Online]. Available: <http://e-journal.stmiklombok.ac.id/index.php/jire> ISSN.2620-6900
- [15] K. P., "A Sensor based IoT Monitoring System for Electrical Devices using Blynk framework," *J. Electron. Informatics*, vol. 2, no. 3, pp. 182–187, 2020, doi: 10.36548/jei.2020.3.005.