

**PEMANTAUAN DETAK JANTUNG DAN SATURASI
OKSIGEN DALAM DARAH BERBASIS IOT MENGGUNAKAN
SENSOR MAX30102**

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)



Disusun Oleh
Fajar Gunawan
NPM.3332170005

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
2023

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya penulis Skripsi sebagai berikut

Judul : Pemantauan Detak Jantung dan Saturasi Oksigen dalam Darah Menggunakan Sensor MAX30102
Nama Mahasiswa : Fajar Gunawan
NPM : 3332170005
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penulis skripsi tersebut berdasarkan hasil penelitian, pemikiran, hasil karya asli saya sendiri dan merupakan bukan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, dan hasil kerja orang lain. Bila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia diproses atau dituntut melalui hukum yang berlaku. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di institusi ini dan saya bersedia menanggung segala akibat hukum yang saya nyatakan melalui lembar ini

Cilegon 30 Mei 2023


Fajar Gunawan
3332170005

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Dengan ini saya penulis Skripsi sebagai berikut

Judul : Pemantauan Detak Jantung dan Saturasi Oksigen dalam Darah Menggunakan Sensor MAX30102

Nama Mahasiswa : Fajar Gunawan

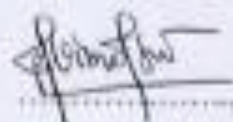
NPM : 3332170005

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Elektro

Telah diuji dan dipertahankan pada tanggal 30 Mei 2023 melalui Sidang Skripsi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa Cilegon dan dinyatakan LULUS / TIDAK LULUS.

Dewan Penguji

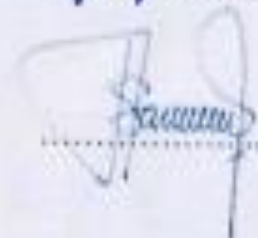
Pembimbing I : Dr. Irma Saraswati, S.Si., M.T.



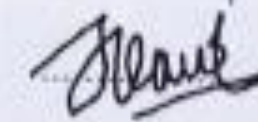
Pembimbing II : Dr. Eng. Rocky Alfanz, S.T., M.Sc.



Penguji I : Dr. Siswo Wardoyo, M.Eng.

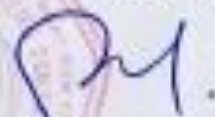


Penguji II : Imamul Muttakin, S.T., M.Eng. Ph.D.



Mengetahui,

Ketua Program Studi



Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng.

NIP. 198307032009121006

PRAKATA

Penulis bersyukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan sebagai syarat untuk gelar Sarjana Teknik Elektro (S1) dari Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang memberikan dukungan dan bantuan dalam proses penyusunan skripsi ini. Penulis sangat menyadari bahwa skripsi ini tidak akan berhasil tanpa bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak., oleh karena itu penulis banyak terimakasih kepada:

1. Kedua orang tercinta yang selama ini telah membantu penulis dalam bentuk perhatian, kasih sayang, semangat dan do'a yang tak henti hentinya mengalir demi kelancaran dan kesuksesan dalam menyelesaikan penulisan skripsi.
2. Dr. Romi Wiryadinata, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Dr.Irma Saraswati, S.Si., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah membantu atas segala bimbingan, arahan, serta saran yang diberikan kepada penulis selama proses menyelesaikan skripsi.
4. Dr.Eng.Rocky Alfanz, S.T., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing 2 Skripsi yang telah membantu atas segala bimbingan, arahan, serta saran yang diberikan kepada penulis selama proses menyelesaikan skripsi.
5. Dina Estining Tyas Lufianawati, S.t., M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membantu penulis dalam mengikuti dan menyelesaikan studi selama masa perkuliahan di Jurusan Teknik Elektro Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

Akhir kata penulis memohon maaf jika adakekeliruan dalam penulisan skripsi ini. Semoga hasil penelitian memberikan manfaat bagi penulis dan pembaca secara umum.

Cilegon 15 Februari 2023

Penulis

ABSTRAK

Fajar Gunawan
Teknik Elektro

Kondisi ketika kadar Oksigen dalam Darah (SpO₂) yang tidak normal dapat mengganggu fungsi organ dan jaringan tubuh. Pandemi COVID-19 memperparah kondisi ini karena virus corona menyerang hemoglobin dalam sel darah merah, menyebabkan sesak nafas dan kematian. Untuk mengukur SpO₂ dan BPM, digunakan alat *non-invasif* berbasis *photoplethysmography* yang membantu tenaga kesehatan mendapatkan nilai SpO₂ dan BPM tanpa melukai pasien. Dalam pembuatan alat pengukuran SpO₂ dan BPM, digunakan sensor MAX30102 dengan metode *photoplethysmography Reflectance* dan modul WiFi ESP8266 agar dapat dipantau menggunakan platform Blynk. Penelitian ini, dilakukan pengukuran SpO₂ dan BPM pada 20 orang dengan rentang usia 7 sampai 15 tahun dan 20 sampai 60 tahun, sementara nilai SpO₂ pada usia 7 sampai 15 tahun cenderung stabil. Pengukuran dilakukan dalam keadaan rileks tanpa aktivitas berat. Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai SpO₂ dan BPM pada alat ini adalah Gerakan, aktivitas fisik, intensitas cahaya lingkungan, dan noise dari perangkat elektronik lainnya. Skripsi ini berhasil mengembangkan alat pengukuran SpO₂ dan BPM menggunakan sensor dengan metode *photoplethysmography*, yang dapat memudahkan pemantauan pasien.

Kata kunci : SpO₂, BPM, Photoplethysmography *reflectance*, ESP8266, IoT, Blynk

ABSTRACT

Fajar Gunawan
Electrical Engineering

A condition where abnormal levels of oxygen in the blood (SpO₂) can impair the function of organs and tissues. The COVID-19 pandemic exacerbates this condition as the coronavirus attacks hemoglobin in red blood cells, causing shortness of breath and death. To measure SpO₂ and BPM, a non-invasive tool based on photoplethysmography is used which helps health workers get SpO₂ and BPM values without hurting the patient. In making SpO₂ and BPM measurement tools, MAX30102 sensors with Reflectance photoplethysmography method and ESP8266 WiFi module are used so that they can be monitored using the Blynk platform. In this study, SpO₂ and BPM measurements were conducted on 20 people with an age range of 7 to 15 years and 20 to 60 years, while SpO₂ values at the age of 7 to 15 years tended to be stable. Measurements were taken in a relaxed state without strenuous activity. Some of the factors that affect SpO₂ and BPM values on this tool are movement, physical activity, environmental light intensity, and noise from other electronic devices. This thesis successfully developed a SpO₂ and BPM measurement tool using sensors with the photoplethysmography method, which can facilitate patient monitoring.

Keywords : SpO₂, BPM, Photoplethysmography reflectance, ESP8266, IoT, Blynk

DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
PRAKATA	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pemantauan Kesehatan	6
2.2 SpO2 (Saturasi Oksigen)	6
2.3 Detak Jantung Per menit (BPM).....	9
2.4 <i>Photoplethysmography</i>	9
2.5 Sensor MAX30102	11
2.6 Cara Kerja MAX30102.....	12
2.7 NodeMCU ESP8266.....	13
2.8 IoT (<i>Internet of Things</i>)	14
2.9 Blynk	15
2.10 KajianPustaka	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	18
3.1 Perancangan Penelitian	18
3.1.1 Perancangan Alat Penelitian	18
3.1.2 Perancangan Catu Daya	19
3.1.3 Perancangan MAX30102 dengan ESP8266	21

3.1.4	Desain Penyusunan Alat 3D (3 Dimensi).....	22
3.2	Penyusunan Sistem Alat	23
3.3	<i>Flowchart</i>	24
3.4	Rangkaian <i>Input</i>	25
3.5	Rangkaian <i>Output</i>	26
3.6	Perancangan Sistem <i>Software</i>	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Hasil Perancangan	29
4.2.	Penyusunan Komponen	30
4.3	Pengujian Alat Ukur Saturasi Oksigen dan Detak Jantung	31
4.3.1	Pengujian Sensor MAX30102	32
4.3.2	Pengujian Alat Ukur	33
4.3.3	Pengujian BPM	34
4.3.4	Pengujian SpO2	36
4.3.5	Pengujian <i>Platform</i> Blynk	37
4.4.	Pengukuran Saturasi Oksigen (SpO2) dan Detak Jantung (BPM)	39
4.4.1	Pengukuran BPM Pada Usia 7 Sampai 15 Tahun.....	39
4.4.2	Pengukuran SpO2 Pada Usia 7 Sampai 15 Tahun	41
4.4.3	Pengukuran BPM Usia 20 Sampai 60 Tahun	44
4.4.4	Pengukuran SpO2 Usia 20 sampai 60 Tahun	45
BAB V PENUTUP.....		49
5.1	Kesimpulan	49
5.2	Saran	49
DAFTAR PUSTAKA		51
LAMPIRAN.....		56
LAMPIRAN A HASIL PENGUJIAN		57
LAMPIRAN B HASIL PENGUKURAN SpO2 dan BPM.....		59
LAMPIRAN C LISTING PROGRAM.....		62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Membandingkan Serapan Hb02 dengan Hb	7
Gambar 2.2 Komponen AC dan DC dari sinyal PPG	8
Gambar 2.3 Metode Photoelectric.....	10
Gambar 2.4 Sensor MAX30102	11
Gambar 2.5 Sistem Kerja MAX30102.....	12
Gambar 2.6 Mikrokontroler NodeMCU ESP8266	13
Gambar 2.7 <i>Internet of Things</i> dalam Konteks <i>Healthcare</i>	14
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem Pembacaan Nilai SpO2 dan BPM.....	19
Gambar 3.2 Proses Menghubungkan Baterai dengan Mikrokontroler	20
Gambar 3.3 Menghubungkan Sensor MAX30102 dengan ESP8266	21
Gambar 3.4 Desain Alat.....	22
Gambar 3.5 Rangkaian Keseluruhan Alat.....	23
Gambar 3.6 Flowchart Sistem.....	24
Gambar 3.7 Rangkaian <i>Input</i> Mikrokontroler.....	26
Gambar 3.8 Rangkaian <i>Output</i>	27
Gambar 3.9 Perancangan <i>Software</i>	28
Gambar 4.1 Gambar Hasil Perancangan	29
Gambar 4.3 Hasil Penyusunan Komponen	31
Gambar 4.4 Pengujian Sensor LED Inframerah dan Merah	32
Gambar 4.5 Gambar Panjang Gelombang Inframerah dan Merah	33
Gambar 4.6 Pengujian Alat yang Sudah dirancang	34
Gambar 4.7 Pengujian BPM	36
Gambar 4.8 Pengujian SpO2.....	37
Gambar 4.9 Tampilan Blynk.....	38
Gambar 4.10 Pengukuran BPM	41
Gambar 4.11 Pengukuran SpO2.....	42
Gambar 4.12 Pengukuran Pemantauan Saturasi Oksigen (SpO2) dan BPM.....	43
Gambar 4.13 Pengukuran BPM	45
Gambar 4.14 Pengukuran SpO2 Usia 20 sampai 60.....	47
Gambar 4.15 Pengukuran Sistem Pemantauan Saturasi Oksigen dan BPM.....	48

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Detak Jantung Per menit Berdasarkan Usia	9
Tabel 4.1 Pengujian Alat Ukur	35
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran BPM Usia 7 Sampai 15 Tahun	40
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran SpO2 Usia 7 Sampai 15 Tahun	42
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran BPM Usia 20 Sampai 60 Tahun	44
Tabel 4.5 Hasil Pengukuran SpO2 Usia 20 Sampai 60 Tahun	46

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tubuh manusia membutuhkan dan mengatur keseimbangan oksigen yang sangat tepat dan spesifik dalam darah. Tingkat saturasi oksigen darah arteri normal pada manusia adalah 90 sampai 100%. Jika kadarnya di bawah 90% dianggap rendah dan disebut hipoksemia. Kadar oksigen darah arteri di bawah 80% dapat mengganggu fungsi organ seperti otak dan jantung, dan kadar oksigen darah arteri di bawah 70% dapat menghilangkan kesadaran, dan harus segera ditangani. Kadar oksigen rendah yang terus-menerus dapat menyebabkan jantung berhenti [1].

Kondisi ketika saturasi oksigen dalam darah manusia tidak dalam batas normal dapat menyebabkan kemampuan organ dan jaringan tubuh untuk menjalankan fungsinya akan terganggu, sehingga dapat menyebabkan sesak napas, kegagalan organ, dan meninggal dunia. Permasalahan ini diperparah dengan pandemi COVID-19. Wenzhong dan Hualan (2020) menyatakan bahwa virus corona Sars-CoV-2 menyerang hemoglobin dalam sel darah merah melalui serangkaian tindakan seluler sehingga tidak mampu mengangkut oksigen. Kekurangan oksigen meningkatkan resiko kematian pada penderita COVID-19 [2].

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dibutuhkan pengecekan saturasi oksigen sebagai parameter dan berdasarkan Organisasi kesehatan dunia WHO (2021) dalam pedoman berjudul *Covid-19 clinical management living guidance* menganjurkan pasien COVID-19 yang sedang melakukan isolasi mandiri untuk memiliki *pulse oximetri* [3]. Penggunaan pulse oximetri dapat membantu dalam memantau pasien COVID-19 dirumah, terutama dalam mengidentifikasi *silent hypoxia* [4]. Mengukur saturasi oksigen dan detak jantung membutuhkan sebuah alat *pulse oximetri*.

Pulse Oximetri adalah alat pengukur kadar oksigen dalam darah dan detak jantung menggunakan metode PPG atau secara *non invasive*, berbiaya rendah, dan portabel yang dapat mengukur detak jantung dan kadar oksigen dalam darah. Dua jenis teknik PPG yang umum digunakan pada saat ini transmisi dan reflektansi yang paling banyak digunakan adalah PPG reflektansi diletakan pada sebuah jari tangan

[5]. Pengembang pulse oximeter yang dapat digunakan secara *bedside* pada tahun 1971 dikembangkan oleh Dr. Takuo Aoyagi [6]. Terkait hal tersebut diperlukan penambahan sistem *monitoring* secara *real time* sehingga memudahkan *monitoring* dan meminimalisir kontak langsung.

Sensor PPG yang digunakan pada penelitian kali ini menggunakan sensor MAX30102. Sensor MAX30102 merupakan keluaran dari Maxim Integrated yang sebelumnya mengeluarkan sensor MAX30100. MAX30102 sensor dengan dua panjang gelombang yaitu panjang gelombang merah 660 nm dan inframerah 880 nm [7]. MAX30102 dilengkapi dengan antarmuka komunikasi standar seperti I2C yang memudahkan integrasinya dengan mikroprosesor, hal ini dapat digunakan dalam berbagai pengaplikasian medis, seperti perangkat medis, kebugaran, kesehatan pribadi dan lain sebagainya. MAX30102 memiliki dukungan pengembangan dari Maxim Integrated berupa dokumentasi teknis, referensi desain. MAX30102 menghilangkan gangguan sinyal PPG sehingga memiliki pengukuran yang akurat. Desain yang kecil memudahkan dalam proses pemasangan pada perangkat medis atau *wearables* [8].

Berdasarkan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia nilai kondisi normal kadar oksigen dalam darah (SpO_2) yaitu antara 95% sampai 100% dan kondisi abnormal yaitu kurang dari 95%, di Indonesia berdasarkan laporan hasil riset kesehatan dasar tahun 2018 menunjukkan peningkatan prevalensi penyakit kardiovaskular seperti hipertensi dari 25,8% (2013) menjadi 34,1% (2018), stroke 12,1% (2013) menjadi 10,9% (2018) penyakit jantung koroner 1,5% selama tahun 2013-2018, penyakit gagal ginjal kronis, dari 0,2 % (2013) menjadi 0,38% pada tahun (2018) [9]. Berdasarkan Risesdas Provinsi Banten 2018, Kota Cilegon sendiri menempati urutan ketiga setelah kota tangerang dan kota serang yaitu sebesar 8.68 % [10].

Alat ukur saturasi oksigen dan detak jantung yang tersedia saat ini tidak dapat dipantau dari jarak jauh untuk mendapatkan informasi tersebut diperlukan sistem yang dapat merekam informasi saturasi oksigen. Perkembangan teknologi elektronika berkembang hingga merambat pada bidang elektronika medis elektronika medis dibuat berbagai macam tujuan diantaranya *monitoring instrument*, *diagnostic instrument*, *therapeutic instrument*, dan *assistive devices*.

Diagnostic instrument digunakan untuk memperoleh informasi rekam medis pasien dan menampilkan data melalui media display. Salah satu contoh *monitoring instrument* adalah alat saturasi oksigen (SpO₂) [11].

Penelitian penelitian sebelumnya telah membuat alat pengukuran saturasi oksigen menggunakan sensor MAX30100 [12][13]. Penelitian lainnya yang pernah dilakukan dengan tujuan mempermudah memantau saturasi oksigen dan detak jantung bayi menggunakan ThingSpeak [14].

Perawatan pasien cerdas berbasis IoT telah banyak digunakan sebagai teknologi kesehatan, untuk mengatasi masalah sumberdaya. Sistem perawatan kesehatan berbasis IoT menghubungkan semua ketersediaan seperti mendiagnosis, memantau, dan pengoprasian secara jarak jauh yang menghubungkan antara pasien, perawat, dokter, dan keluarga pasien, dengan database yang terpusat. Saat ini banyak perangkat dan sistem perawatan kesehatan pintar berbasis IoT telah tersedia secara komersial sebagai perangkat kesehatan dalam memantau pasien, mengurangi kontak langsung dengan dokter, dan meningkatkan kinerja perawatan [15].

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, alat yang akan dirancang bertujuan untuk mengukur kadar oksigen dalam darah (SpO₂) dan detak jantung (BPM) menggunakan sensor MAX30102 yang berbasis IoT (*Internet of Things*). Alat ini akan memberikan tampilan visual dari nilai SpO₂ dan BPM yang dapat dipantau. Dengan adanya alat ini, kita dapat melihat nilai SpO₂ dan BPM tanpa perlu kontak langsung dengan pasien. Hal ini memudahkan pemantauan kondisi pasien secara jarak jauh, meningkatkan efisiensi waktu, dan memungkinkan tindakan yang cepat jika ada perubahan yang signifikan dalam sinyal tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijabarkan, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang alat pengukur kadar oksigen dalam darah dan detak jantung secara *non-invasif* menggunakan sensor MAX30102 yang dapat dipantau melalui sistem *Internet of Things* (IoT)

2. Bagaimana mengukur kadar oksigen dalam darah dan detak jantung menggunakan metode *photoplethysmography* (PPG) reflektansi melalui jari tangan.
3. Bagaimana mengetahui faktor faktor yang mempengaruhi keakuratan alat dan pembacaan SpO2 dan BPM.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan adalah sebagai berikut

1. Merancang alat kadar oksigen dalam darah dan detak jantung berbasis *internet of things* (IoT) yang dapat dipantau menggunakan sistem (IoT) menggunakan sensor MAX30102.
2. Mengetahui cara mengukur kadar oksigen dan detak jantung menggunakan metode PPG reflektansi melalui jari tangan.
3. Mengetahui keakuratan alat pengukuran SpO2 dan BPM dengan metode *Photoplethysmography*, dengan cara membandingkan hasil pengukuran alat dengan Oximeter SO811.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui nilai deteksi detak jantung dan saturasi oksigen dalam darah tanpa melukai tubuh pasien
2. Mengetahui nilai saturasi oksigen dalam darah yang bisa dipantau melalui *smartphone*

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini diantaranya ialah :

1. Pengukuran dilakukan pada jari tangan
2. Penelitian ini hanya menampilkan nilai saturasi oksigen (SpO2) dan detak jantung per menit (BPM)
3. Penelitian ini melibatkan volunteer dengan usia 7 sampai 15 dan 20 sampai 60 tahun sebagai pengambilan sampel data untuk saturasi oksigen dan BPM
4. Metode yang digunakan *Photoplethysmography* reflektansi

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan merupakan urutan garis besar penulisan skripsi. Berikut ini dituliskan pokok bahasan untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai susunan materi yang dibahas dari tiap tiap bab.

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang penjelasan mengenai latar belakang masalah, tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penjelasan tentang konsep dasar perangkat yang digunakan untuk membuat alat pemantauan saturasi oksigen dan detak jantung serta penjelasan dasar mengenai pemantauan saturasi oksigen dan detak jantung.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang proses perancangan alat, cara kerja alat, perangkat dan spesifikasi alat yang digunakan dalam pembuatan alat baik perangkat keras maupun perangkat lunak.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas tentang hasil penelitian dan pembahasan yang disampaikan berupa penjelasan dari hasil pengujian yang telah didapat dari pembuatan alat dan pengolahan data penelitian mengenai pengukuran saturasi oksigen dan detak jantung.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang menguraikan rangkuman yang disimpulkan dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan serta saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aprilia, A and T. S. Sollu, "SISTEM MONITORING REALTIME DETAK JANTUNG DAN KADAR OKSIGEN DALAM DARAH PADA MANUSIA BERBASIS IoT (INTERNET of THINGS)," *Jurnal Ilmiah Foristek*, vol. 10, no. 2, 2020.
- [2] Wenzhong, L and L. Hualan, "COVID-19: the CaMKII-like system of S protein drives membrane fusion and induces syncytial multinucleated giant cells," *Immunologic Research.*, Dec. 2021, doi:10.1007/s12026-021-09224-1
- [3] Anonim, *Clinical management Living guidance COVID-19*, Geneva: World Health Organization, 25 January 2021.
- [4] Luks, A. M., and E. R., Swenson "Pulse oximetry for monitoring patients with COVID-19 at home potential pitfalls and practical guidance," *Annals of the American Thoracic Society*, vol. 17, no. 9, 2020, <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.202006-701LE>.
- [5] Bradke, B and B. Everman, "Investigation of photoplethysmography behind the ear for pulse oximetry in hypoxic conditions with a novel device (SPYDR)," *Biosensors*, 4 April 2020, doi:10.3390/bios10040034
- [6] Miyasaka, K., K. Shelley, S. Takahashi, H. Kubota, K. Ito, I. Yoshiya, A. Yamanishi, J. Cooper, D. Steward, H. Nishida, J. Kiani, H. Ogino, Y. Sata, R. Kopotic, K. Jenkin, A.
- [7] Longmore, S., B. Jalaludin, P. Breen and G. Gargiulo "Comparison of Bi-Wavelength and Tri-Wavelength Photoplethysmography Sensors Placed on the Forehead," *2019 Proceeding of International Conference on Electrical Engineering Research and Practice*, 2019.
- [8] Habibzadeh, H., K. Dinesh, O. R. Shishvan, A. B. Dandry, G. Sharma and T. Soyata "A Survey of Healthcare Internet of Things (HIoT): A Clinical Perspective," *IEEE Internet of Things Journal (HioT).*, vol. 7, no. 1, pp. 53–71, January 2020.
- [9] Anonim, *Laporan Nasioanl RISKEDAS*, Jakarta: Jl. Percetakan Negara No. 23, Lembaga Penerbit Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan,

2018.

- [10] Anonim, Laporan Provinsi Banten RISKESDAS 2018, Jakarta : JI. Percetakan Negara No. 23, Lembaga Penerbit Badan Penelitian dan Pengembangan. Kesehatan, 2018.
- [11] Thilakarathne, N.N., M. K. Kagita, T. R. Gadekallu, “The Role of the Internet of Things in Health Care: A Systematic and Comprehensive Study,” *International Journal of Engineering and Management Research*, vol. 10, no. 4, August 2020, <https://doi.org/10.31033/ijemr.10.4.22>
- [12] Pratama, R.A., I. A. Bangsa, dan R. Rahmadewi “Implementasi Sensor Detak Jantung MAX30100 dan Sensor Konduktansi Kulit GSR menggunakan Mikrokontroler Arduino Pada Alat Pendeteksi Tingkat Stress,” *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, vol. 7, no. 1, Januari 2021.
- [13] Sugiarto, R. Herdiansyah, "Perancangan Alat Ukur Saturasi Oksigen dan Detak Jantung Berbasis Arduino dengan Menggunakan Sensor MAX30100 dan LCD," *Scientia Sacra :Jurnal Sains Teknologi dan Masyarakat*, vol. 2, no. 4, Desember 2022.
- [14] Mulyanto, I. Syafrudin and S. Metere “Telemedicine Denyut Jantung dan Saturasi Oksigen pada Bayi Baru Lahir Menggunakan Thingspeak,” *Journal Hospital Technology and Mechatronics*, vol. 2, no. 2, 2 September 2021.
- [15] Yin, Y “The internet of things in healthcare: An overview,” *Journal of Industrial Information Integration.*, vol. 1, pp. 3–13, March 2016.
- [16] Mohammed. K.I, A.A. Zaidan, B. B.Zaidan, O.S. Albahri, M.A. Alsalem, A.S. Albahri, A. Hadi, M. Hashim “Real-Time Remote-Health Monitoring Systems: a Review on Patients Prioritisation for Multiple-Chronic Diseases, Taxonomy Analysis, Concerns and Solution Procedure,” *Journal of Medical Systems*, 11 June 2019.
- [17] Wan, J., Y. Zou, Y. L . J. Wang “Reflective type blood oxygen saturation detection system based on MAX30100,” 2017 proceeding of International Conference on Security, Pattern Analysis, and Cybernetics (SPAC)., 1 March 2018, doi: 10.1109/SPAC.2017.8304350.
- [18] Aditya, L dan R. Wahyuni “Rancang Bangun Alat Pengukur Kadar Oksigen Non Invasive Menggunakan Sensor Max30100,” *Jurnal Ilmiah*

Elektrokrisna., vol. 8, no. 3, Juni 2020.

- [19] Cameron. M. H, L.G. Monroe, "PHYSICAL REHABILITATION" St.Louis, Missouri 63146 :Sounders Elsevier, 2007.
- [20] Metcalfe, B., P. Iravani, J. G. H. Cater, R. Bowman, J. Stirling, and P. Wilson "A Cost-Effective Pulse Oximeter Designed in Response to the COVID-19 Pandemic," Journal of Open Hardware., vol. 5, no.1, 2021, <https://openhardware.metajnl.com/articles/10.5334/joh.26>
- [21] Joshi, L.R "Principles, Utility and Limitations of Pulse Oximetry in Management of COVID-19," Journal of Lumbini Medical College., vol. 8, no. 1, 2020.
- [22] Anonim "GUIDELINES FOR SPO2 MEASUREMENT USING THE MAXIM MAX32664 SENSOR HUB." California: Maxim Integrated Products, 2014.
- [23] Tamura, T. "Current progress of photoplethysmography and SPO2 for health monitoring," Biomedical Engineering Letters, 18 February 2019, <https://doi.org/10.1007/s13534-019-00097-w>
- [24] Hermansyah, A., R. Hardiyanti, dan A. P. P. Prasetyo "Sistem Perekam Detak Jantung Berbasis Internet Of Things (IoT) dengan Menggunakan Pulse Heart Rate Sensor," JTEV Jurnal Teknik Elektro dan Vokasional, vol. 8, no. 2, 2022.
- [25] Elgendi, M., R. Fletcher, Y. Liang, N. Howard, H. Lovell, D. Abbott K. Lim, R. Ward "The use of photoplethysmography for assessing hypertension," Nature Partner Journal Digital Medicine, 2019.
- [26] Tamura, T., Y. Maeda, M. Sekine, and M. Yoshida, "Wearable photoplethysmographic sensors—past and present," Electronics, vol. 3, no. 2014.
- [27] Adrian, M. A., M. R. Widiarto and R. S. Kusumadiarti, "Health Monitoring System dengan Indikator Suhu Tubuh, Detak Jantung dan Saturasi Oksigen Berbasis Internet of Things (IoT)," Jurnal Pendidikan Teknologi Informasi dan Komunikasi, vol. 7, no. 2, 2021.
- [28] Dhruva. A. R., K. N.Alam., Md. S.Khan, S. Bourouis, M. M. Khan, "Development of an IoT-Based Sleep Apnea Monitoring System

- forHealthcare Applications,” Computational and Mathematical Methods in Medicine, 2021.
- [29] Patil. A dan S. Hulwan “Heart-Rate Variability Estimation Using Photoplethysmography Signal,” International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology, vol. 9, no. 2, September 2020.
- [30] Nugroho. P. A., Kontrol Lampu Gedung Melalui Wifi ESP8266 dengan WEB Server Lokal, Jurnal Elektro dan Informatika, vol. 1, no. 2, Juli 2021.
- [31] Vermesan, O., P. Friess "Internet of Things From Research and Innovation to Market Deployment," Niels Jernes Vej 10 9220 Aalborg Ø: River Publishers, 2014.
- [32] Kaw, J. A., S. Gull, and S. A. Parah “SVIoT: A Secure Visual-IoT Framework for Smart Healthcare,” Sensors, vol. 22, no. 5, 24 February 2022, <https://doi.org/10.3390/s22051773>
- [33] Hong, W.C., Y.S. Seng, W.N.A.M. Idris, T.C. Yee, T.H. Mun, Z. Tukiran “Development of IoT-based Health Monitoring System using Blynk,” Evolution of Information, Communication and Computing Systems (EICCS), 2020.
- [34] Rahmawarni, D., Harmadi, “Sistem Monitoring Saturasi Oksigen dan Denyut Nadi dalam Darah Menggunakan Sensor MAX30100 Via Telegram Berbasis IoT,” Jurnal Fisika Unand (JFU), vol. 10, no. 3, hal. 377–383, Juli 2021.
- [35] Nugroho, C.R., E. Yuniarti, and A. Hartono, “Alat Pengukur Saturasi Oksigen Dalam Darah Menggunakan Metode Photoplethysmograph Reflectance,” Al-Fiziya Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation and Theoretical Physics, vol. 3, no. 2, 2020.
- [36] Kemalasari and M. Rochmad, “DETEKSI KADAR SATURASI OKSIGEN DARAH (SpO2) DAN DETAK JANTUNG SECARA NON-INVASIF DENGAN SENSOR CHIP MAX30100,” Jurnal Nasional Teknologi Terapan (JNTT), vol. 4, no. Mei 2022.
- [37] Rosiana, E.,S. Dinata, R. C. Saputra, “PENGUKUR KEJENUHAN OKSIGEN DALAM DARAH BERBASIS ANDROID,” EPIC (Journal of Electrical Power, Instrumentation and Control,) vol. 3, no. 2, hal. 148–156,

2020.

- [38] Agustina, E, E. R. Windasari. D. Syauqy, “Sistem Deteksi Hipoksia Menggunakan Metode Decision Tree Berdasarkan Detak Jantung dan Kadar Oksigen,” *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 7, No. 1, hal. 252-257, Januari 2023.