



ALAT MONITORING LAJU PERNAPASAN DAN DETAK JANTUNG YANG PRAKTIS DAN BERBASIS IOT

Aditya Wardhani¹⁾, Yultrisna²⁾, Uci Hardiana³⁾, Yudia Meka Seftiani⁴⁾, Aldo Nofrianto⁵⁾

^{1,2,3,4,5)}Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang, Jl. Limau Manih Padang, 25164, Indonesia

Corresponding Author E-Mail: aditya@pnp.ac.id

ABSTRAK

Dalam bidang kesehatan, pemantauan laju pernapasan dan detak jantung secara real time yang praktis sangat penting, terutama bagi pasien yang memiliki gangguan pernapasan dan detak jantung. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sensor suhu LM35 untuk pengukuran laju pernapasan dan sensor MAX30102 untuk pengukuran detak jantung, yang diolah menggunakan ESP32 dengan metode fuzzy mamdani dengan tampilan pada OLED serta hasil pengukuran bisa diakses melalui website via protokol MQTT. Kalasifikasi kondisi kesehatan dibagi menjadi tiga yaitu tidak sehat, cukup sehat, dan sehat. Hasil pengujian alat ini dilakukan pada 30 sampel dan menunjukkan akurasi pembacaan yang cukup stabil, dimana akurasi pembacaan laju pernapasan 98.07% dengan perbandingan hitungan secara real, sedangkan untuk detak jantung memiliki akurasi 98.33% dengan perbandingan menggunakan oximeter. Dengan hasil ini maka alat mampu memantau kondisi tubuh secara responsif dan real time.

Kata kunci: Laju Pernapasan, Detak Jantung, MAX30102, LM35, Fuzzy Mamdani, ESP32, IOT.

ABSTRACT

In the health field, practical real time monitoring of breathing rate and heart rate is very important, especially for patients who have breathing and heart rate disorders. This research designs and implements LM35 temperature sensor for respiratory rate measurement and MAX30102 sensor for heart rate measurement, which is processed using ESP32 with fuzzy mamdani method with display on OLED and measurement results can be accessed via website via MQTT protocol. The classification of health conditions is divided into three, namely unhealthy, quite healthy, and healthy. The results of testing this tool were carried out on 30 samples and showed a fairly stable reading accuracy, where the accuracy of the respiratory rate reading was 98.07% with a real count comparison, while for heart rate it had an accuracy of 98.33% with a comparison using an oximeter. With these results, the tool is able to monitor body conditions responsively and in real time.

Keywords: Breathing Rate, Heartbeat, MAX30102, LM35, Fuzzy Mamdani, ESP32, IOT.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi kesehatan digital dan Internet of Things (IoT) telah memberikan dampak besar terhadap sistem pemantauan kondisi kesehatan manusia, khususnya pada pengukuran tanda vital seperti laju pernapasan dan detak jantung. Kedua parameter tersebut penting karena dapat menggambarkan kondisi fisiologis seseorang secara cepat dan akurat. Berdasarkan data World Health Organization (WHO) [1], penyakit kardiovaskular masih menjadi penyebab kematian tertinggi di dunia dengan angka kematian mencapai 17,9 juta jiwa per tahun. Selain itu, gangguan pernapasan seperti pneumonia dan PPOK juga terus

meningkat, sehingga mendorong kebutuhan alat monitoring kesehatan yang praktis dan dapat bekerja secara real-time. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa perangkat wearable mampu memantau perubahan laju pernapasan secara berkelanjutan dan berpotensi digunakan untuk deteksi dini gangguan kesehatan [2]. Namun, implementasi alat monitoring saat ini masih menghadapi berbagai kendala, seperti ukuran alat yang kurang praktis, penggunaan kabel, keterbatasan pemantauan parameter vital, serta masalah akurasi sensor dan kestabilan transmisi data berbasis IoT [3][4].

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem monitoring kesehatan

berbasis sensor dan IoT. Penelitian [5] mengembangkan perangkat wearable untuk monitoring respirasi, sedangkan penelitian [6] menggunakan sistem monitoring tanpa kontak berbasis Wi-Fi. Penelitian lainnya [7] berhasil mengembangkan alat monitoring respirasi, ECG, dan suhu tubuh secara bersamaan, tetapi desain perangkat masih kurang praktis untuk penggunaan sehari-hari. Selain itu, penelitian [8] menunjukkan bahwa stabilitas sensor masih menjadi tantangan utama dalam pengukuran laju pernapasan. Berdasarkan penelitian tersebut, masih terdapat kesenjangan berupa belum tersedianya alat monitoring yang mampu memantau laju pernapasan dan detak jantung secara bersamaan dalam satu perangkat yang praktis, ekonomis, dan terintegrasi dengan IoT secara real-time. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk merancang alat monitoring laju pernapasan dan detak jantung berbasis IoT yang praktis, akurat, dan mudah digunakan sehingga dapat mendukung pengembangan sistem pelayanan kesehatan digital secara lebih efektif.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Laju Pernapasan

Laju pernapasan adalah proses pengambilan oksigen dan pengeluaran oksidasi (reaksi dengan oksigen) di dalam tubuh berupa karbondioksida dan uap air melalui pernapasan. Berdasarkan tempatnya respirasi terbagi atas respirasi eksternal yaitu pertukaran gas (O_2 dan CO_2) dari udara luar masuk ke aliran darah melalui alveolus (alat pernapasan). Laju pernapasan harus diukur ketika seseorang beristirahat dan tingkat stresnya minimum.

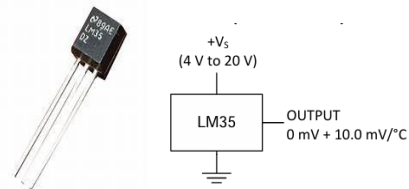
2.2 Detak Jantung

Jantung adalah organ tubuh yang penting. Jantung terdiri dari empat ruang yang terpisah, memiliki dua bagian atas (atrium) dan dua bagian bawah (ventrikel). Jantung berada di rongga dada diantara paru-paru dan dilindungi oleh perikardium yang terdiri dari dua lapisan [9].

2.3 Sensor LM35

Sensor suhu LM35 adalah salah satu sensor analog yang digunakan untuk mengukur suhu lingkungan secara langsung dalam satuan derajat Celsius. Sensor ini dapat bekerja dengan menghasilkan tegangan analog yang sebanding

secara linear dengan suhu yaitu sebesar 10 mV untuk setiap $1^\circ C$. Keunggulan sensor ini adalah tidak memerlukan kalibrasi tambahan karena telah dikalibrasi secara internal, serta memiliki akurasi yang tinggi dengan konsumsi daya yang rendah. Adapun bentuk fisik sensor LM35 dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Sensor LM35

Berikut merupakan fungsi dari masing-masing pin sensor LM35 pada tabel 1 dibawah ini [10].

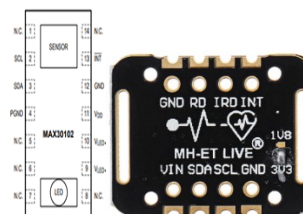
Tabel 1 Bagian bagian Sensor LM35

Symbol	Pin	Description
Vs	1	Power Supply
Out	2	Keluaran Sensor
GND	3	GND

Sensor LM35 memiliki kaki pin Vs yang diberikan tegangan sebesar 5 V dan pin Out merupakan keluaran dari sensor LM35, lalu pin GND yang akan digabungkan ke pin GND komponen lainnya.

2.4 Sensor MAX30102

Sensor MAX30102 merupakan sensor detak jantung yang telah dirancang sebagai sensor photoplethysmography (PPG) yang dapat mengukur detak jantung dan juga bisa digunakan untuk mengukur suhu tubuh manusia. Sensor ini menggunakan teknologi LED merah dan photodetector untuk mendeteksi perubahan volume darah saat darah melewati jari atau bagian tubuh lainnya [9].



Gambar 2. Sensor MAX30102

Berikut merupakan fungsi dari masing-masing pin sensor MAX30102.

Tabel 2 Fungsi Pin Sensor MAX 30102

Pin	Fungsi
VIN	Input power supply (3,3 V)
SCL	I2C Clock input
SDA	I2C clock data bidirectional (open drain)
INT	Active-low Interup (Open Drain). Connect to an external voltage with a pullup resistor
IRD	Infrared driver
RD	LED red driver
GND	Ground

2.5 Fuzzy Mamdani

Metode fuzzy mamdani (FM) merupakan salah satu bagian dari fuzzy inference system yang berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti. Kelebihan pada metode FM adalah lebih spesifik, artinya dalam prosesnya lebih memperhatikan kondisi yang akan terjadi untuk setiap daerah fuzzy-nya, sehingga menghasilkan keputusan yang lebih baik. Proses metode fuzzy mamdani yaitu pembentukan himpunan fuzzy (fuzzifikasi), komposisi aturan, dan defuzzifikasi.

2.6 ESP32

ESP32 adalah modul mikrokontroler terintegrasi yang memiliki fitur lengkap dan kinerja tinggi. Modul ini merupakan pengembangan dari ESP8266 yang merupakan modul wifi populer. ESP32 sangat cocok untuk digunakan dalam proyek-proyek IoT (Internet of Things). Modul ini mampu menghubungkan perangkat ke jaringan internet dengan mudah. ESP32 dapat digunakan dalam proyek-proyek yang membutuhkan pemrosesan sinyal analog dan perangkat I/O digital [11].



Gambar 3. ESP32

ESP32 juga memiliki modul DSP untuk melakukan pemrosesan sinyal secara cepat dan efisien. Terdapat memori sebesar 520 KB untuk menyimpan program dan data yang diperlukan. Mudah digunakan dan tersedia library yang

dapat digunakan untuk memudahkan mengembangkan aplikasi. Modul ini dapat diprogram dengan bahasa pemrograman C atau C++.

2.7 Internet of Things (IoT)

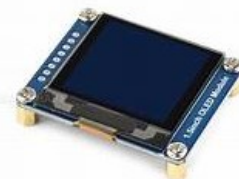
Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep di mana sebuah objek tertentu memiliki kemampuan untuk mengirimkan data melalui jaringan tanpa adanya interaksi dari manusia ke manusia ataupun dari manusia ke perangkat komputer. IoT ini mulai berkembang pesat sejak ketersediaan teknologi nirkabel, micro-electromechanical systems (MEMS), dan internet. Cara kerja Internet of Things bekerja dengan memanfaatkan suatu argumentasi pemrograman, di mana tiap-tiap perintah argumen tersebut bisa menghasilkan suatu interaksi antar mesin yang telah terhubung secara otomatis tanpa campur tangan manusia dan tanpa terbatas jarak berapapun jauhnya[11].

2.8 Website

Website adalah sekumpulan halaman informasi digital yang dapat diakses melalui internet dengan menggunakan browser. Website yang dirancang menggunakan tiga komponen utama yaitu HTML (HyperText Markup Language), JS (JavaScript), dan MQTT.js. Manfaat menggunakan website ini memberikan pemantauan data secara real time.

2.9 OLED

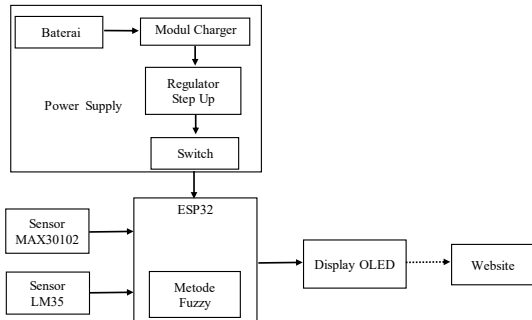
OLED atau Organic Light-Emitting Diode merupakan jenis LED yang menggunakan lembaran senyawa organik sebagai lapisan emissive electroluminescent. Lapisan yang berada dalam OLED ini akan memancarkan cahaya dengan intensitas yang dapat diatur, sehingga dapat menampilkan gambar yang jernih.



Gambar 4. OLED

3. METODE PENELITIAN

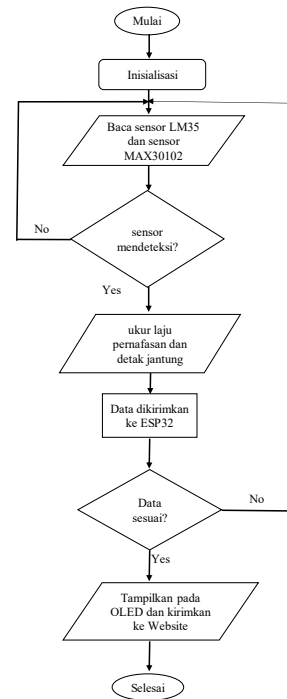
Secara keseluruhan, alat ini terdiri dari komponen penting yang saling berhubungan, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak. Blok diagram sistem dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Blok Diagram Sistem

Pada alat pendeteksi laju pernapasan dan detak jantung bagi Kesehatan terdapat 2 sensor yaitu sensor LM35 berfungsi untuk mendeteksi laju pernapasan dengan perubahan suhu dan sensor MAX30102 berfungsi untuk mendeteksi detak jantung. Kemudian kedua sensor akan mendeteksi selama 1 menit, Dimana 30 detik pertama untuk mengukur detak jantung lalu 30 detik selanjutnya mengukur laju pernapasan, hasil pengukuran yang didapatkan akan dikirimkan ke serial komunikasi mikrokontroler disini menggunakan ESP32 dengan menggunakan metode Fuzzy Mamdani, pada metode fuzzy ini terdapat 3 keadaan pada saat kondisi laju pernapasan lambat <12 bpm, kondisi normal 12-20 bpm, selanjutnya pada kondisi cepat >20 bpm. Pada pengukuran detak jantung rendah berkisaran <60 bpm, lalu pada kondisi normal 60-100 bpm, dan pada kondisi tinggi >100 bpm. Ketiga keadaan ini menghasilkan nilai output fuzzy dimana nilai tidak sehat berkisaran 0-0,3, lalu untuk cukup sehat 0.3-0.6 sedangkan sehat bernilai 0.6-1 sehingga data tersebut akan dikelola dan akan mengeluarkan hasil yang terbaca di display OLED dan Website.

Flowchart sistem keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Flowchart Sistem

Sistem terlebih dahulu melakukan inisialisasi input, selanjutnya masuk proses pembacaan input dan masuk ke proses pengukuran laju pernapasan dan detak jantung, hasil pengukuran akan dikirimkan ke mikrokontroler diolah dengan menggunakan metode fuzzy mamdani. Data yang diolah akan ditampilkan di OLED sebagai hasil pengukuran dan dikirimkan ke website.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

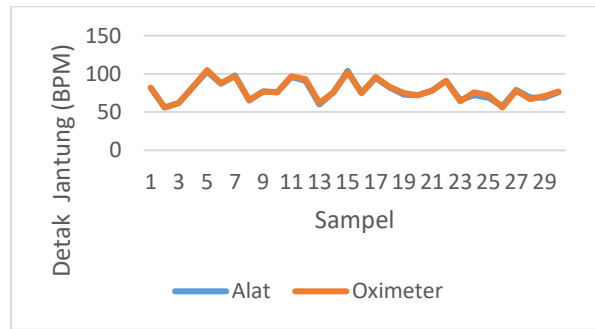
Penelitian ini dilakukan untuk mengukur laju pernapasan dan detak jantung seseorang. Cara pengukuran sesuai dengan cara pengukuran yang telah ditentukan yaitu pertama pengukuran detak jantung selama 30 detik dan dilanjutkan dengan pengukuran laju pernapasan 30 detik dan dapat digunakan secara efisien pada sampel. Adapun data hasil detak jantung dengan perbandingan oximeter dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data pengukuran detak jantung dengan perbandingan oximeter

No	Jenis Kelamin	Usia (Thn)	Alat (Bpm)	Oximeter (Bpm)	Error (%)
1	Laki-laki	19	82	82	0%
2	Laki-laki	51	56	56	0%
3	Perempuan	56	62	63	2%

No	Jenis Kelamin	Usia (Thn)	Alat (Bpm)	Oximeter (Bpm)	Error (%)
4	Perempuan	23	83	83	0%
5	Perempuan	22	103	105	2%
6	Perempuan	22	87	88	1%
7	Perempuan	23	98	97	1%
8	Laki-laki	22	65	66	2%
9	Perempuan	22	77	77	0%
10	Perempuan	42	76	76	0%
11	Perempuan	18	96	97	1%
12	Perempuan	22	91	93	2%
13	Laki-laki	24	60	62	3%
14	Perempuan	24	76	76	0%
15	Laki-laki	21	104	102	2%
16	Perempuan	22	75	75	0%
17	Perempuan	23	95	96	1%
18	Laki-laki	15	82	83	1%
19	Laki-laki	17	73	75	3%
20	Perempuan	18	72	72	0%
21	Perempuan	19	78	78	0%
22	Laki-laki	22	91	91	0%
23	Laki-laki	19	66	64	3%
24	Laki-laki	15	72	76	5%
25	Laki-laki	18	69	72	4%
26	Perempuan	56	58	56	4%
27	Laki-laki	16	79	78	1%
28	Perempuan	49	69	67	3%
29	Perempuan	44	69	71	3%
30	Perempuan	22	76	77	1%
Error Rata-Rata (%)					1.67%
Akurasi (%)					98.33%

Dari Tabel 1 dapat dilihat hasil pengukuran detak jantung menggunakan sensor MAX30102 dan pulse oximeter. Keduanya memiliki nilai detak jantung yang beragam dari berbagai variasi usia pada sampel. Nilai data tersebut dilakukan pada orang dewasa diatas umur 15 tahun. Nilai detak jantung pada setiap usia akan berbeda karena hal ini diakibatkan karena jantung terus memompa darah dalam tubuh dan juga mengakibatkan kondisi yang berbeda-beda dari setiap sampel. Pada hasil dari 30 sampel yang didapatkan terdapat error rata-rata sebesar 1.67% dan akurasi pengukuran 98.33%.



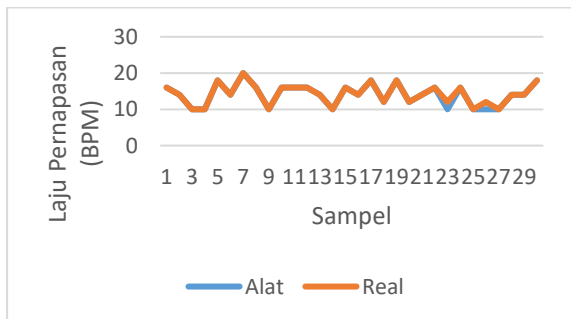
Gambar 8. Grafik perbandingan nilai detak jantung

Selanjutnya data pengukuran laju pernapasan dilakukan pada 30 sampel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data pengukuran laju pernapasan dengan perbandingan pengukuran nyata

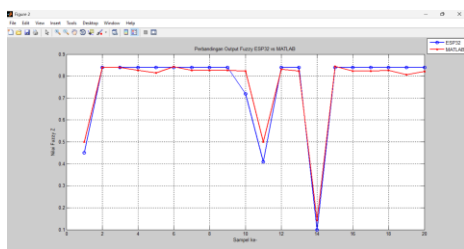
No	Jenis Kelamin	Usia (Thn)	Alat (Rpm)	Real (Rpm)	Error (%)
1	Laki-laki	19	16	16	0%
2	Laki-laki	51	14	14	0%
3	Perempuan	56	10	10	0%
4	Perempuan	23	10	10	0%
5	Perempuan	22	18	18	0%
6	Perempuan	22	14	14	0%
7	Perempuan	23	18	20	10%
8	Laki-laki	22	16	16	0%
9	Perempuan	22	10	10	0%
10	Perempuan	42	16	16	0%
11	Perempuan	18	16	16	0%
12	Perempuan	22	16	16	0%
13	Laki-laki	24	12	14	14%
14	Perempuan	24	10	10	0%
15	Laki-laki	21	16	16	2%
16	Perempuan	22	14	14	0%
17	Perempuan	23	18	18	0%
18	Laki-laki	15	10	12	17%
19	Laki-laki	17	18	18	0%
20	Perempuan	18	12	12	0%
21	Perempuan	19	14	14	0%
22	Laki-laki	22	16	16	0%
23	Laki-laki	19	12	12	0%
24	Laki-laki	15	16	16	0%
25	Laki-laki	18	10	10	0%
26	Perempuan	56	10	12	17%
27	Laki-laki	16	10	10	0%
28	Perempuan	49	14	14	0%
29	Perempuan	44	14	14	0%
30	Perempuan	22	18	18	0%
Error Rata-Rata (%)					1.93%
Akurasi (%)					98.07%

Dari Tabel 2 dapat dilihat hasil pengukuran laju pernapasan menggunakan sensor LM35 dan secara pengukuran nyata (Real). Keduanya memiliki nilai laju pernapasan yang beragam dari berbagai variasi usia pada sampel. Nilai data tersebut dilakukan pada orang dewasa diatas umur 15 tahun. Nilai laju pernapasan pada setiap usia akan berbeda karena usia merupakan faktor utama sehingga hasil yang didapatkan berbeda-beda dari setiap sampel. Dari hasil 30 sampel yang telah dilakukan didapatkan error rata-rata sebesar 1.93% dan akurasi pengukuran sebesar 98.07%.



Gambar 9. Grafik perbandingan nilai laju pernapasan

Adapun hasil pengukuran alat ini dengan memberikan status kesehatan pada pengguna dengan perbandingan menggunakan metode mamdani pada matlab dapat dilihat pada Gambar 10.

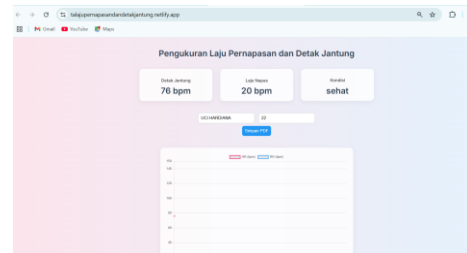


Gambar 10. Grafik perbandingan dengan fuzzy Mamdani

Dari hasil perbandingan pengukuran prediksi alat dengan metode mamdani menggunakan matlab tersebut didapatkan hasil akurasi prediksi alat sebesar 98.27% dan error rata-rata sebesar 1.73%. Hasil pengukuran diatas akan tampil pada OLED seperti pada Gambar 11 dan dikirimkan ke website seperti pada Gambar 12.



Gambar 11. Tampilan OLED



Gambar 12. Tampilan Website

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengukuran laju pernapasan menggunakan alat dengan perbandingan perhitungan secara nyata didapatkan hasil error rata-rata sebesar 1.93% dan akurasi pengukuran 98.07%. Pengukuran ini cukup stabil tetapi ada sedikit gangguan yang dapat ditoleransi dari hasil pengukuran. Adapun perbandingan pengukuran detak jantung dari alat dengan alat medis oximeter didapatkan error rata-rata sebesar 1.67% dan akurasi pengukuran 98.33%. Metode Fuzzy Mamdani telah berhasil diaplikasikan untuk menganalisa kondisi kesehatan pada hasil pengukuran laju pernapasan dan detak jantung. Hasil alat menunjukkan bahwa metode Fuzzy Mamdani dapat mendeteksi kondisi kesehatan dengan kondisi sehat, cukup sehat, dan tidak sehat. Berdasarkan hasil pengujian dan analisisnya didapatkan selisih error pengujian fuzzy di matlab dengan mikrokontroler ESP32 sebesar 1.73% dengan hasil akurasi 98.27%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] World Health Organization. (2023). *Cardiovascular diseases (CVDs)*. [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- [2] Natarajan, A., Su, H. W., Heneghan, C., & Blunt, L. (2021). *Measurement of respiratory rate using wearable devices and*



- applications to COVID-19 detection*. NPJ Digital Medicine, 4(136).
<https://doi.org/10.1038/s41746-021-00493-6>
- [3] Taherdoost, H. (2024). *Wearable healthcare and continuous vital sign monitoring with IoT integration*. Computers, Materials & Continua. <https://search.proquest.com/openview/cc8634657aa6be69f62a9fc68f10d362>
- [4] Massaroni, C., Olejarczyk, E., Presti, D. L., et al. (2024). *Indirect respiratory monitoring via single-lead wearable ECG: Influence of motion artifacts and devices on respiratory rate estimations*. IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10584200>
- [5] Vicente, B. A., Sebastiao, R., et al. (2024). *Wearable devices for respiratory monitoring*. Advanced Functional Materials. <https://doi.org/10.1002/adfm.202404348>
- [6] Alzaabi, A., Arslan, T., & Polydorides, N. (2024). *Non-contact Wi-Fi sensing of respiration rate for older adults in care: A validity and repeatability study*. IEEE Access. <https://ieeexplore.ieee.org/document/10380607>
- [7] Wang, S., Dong, M., He, J., et al. (2025). *A multi-user wearable waistband system for real-time health monitoring of respiration, ECG, and body temperature*. Microelectronics Reliability. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167931725000358>
- [8] Titisari, D., & Putra, M. P. A. T. (2023). *Assessing the effectiveness of mechanical sensors for respiratory rate detection*. International Conference on Electronics Representation and Algorithm. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-97-1463-6_36
- [9] E. R. Ramlan Bugis, A. C. Nur'Aidha, and D. Y. H. Kumarajati, "Alat Monitoring Detak Jantung Portable Menggunakan Sensor Max30102," J. Inform. dan Tek. Elektro Terap., vol. 12, no. 3, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i3.4504.
- [10] Texas Instrument, "LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors Literature Number," 2013. [Online]. Available: www.national.com
- [11] F. Gunawan, "Pemantauan Detak Jantung dan Saturasi Oksigen dalam Darah Berbasis IoT Menggunakan Sensor Max30102," 2023. [Online]. Available: <https://eprints.untirta.ac.id/30726/>