

PEMANTAUAN DETAK JANTUNG BERBASIS SENSOR MAX30102

Qonita Rahma Muttaqin Alkhoir^{a*}, Firas Al Farizy^a, Fahrul Ridho Dwinugroho^a, Taryudi^a, Churnia Sari^a

^aProgram Studi D4 Teknologi Rekayasa Otomasi, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur 13220, Indonesia

*Corresponding authors at: qonita_1527422030@unj.ac.id

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diajukan pada 03 April 2026
Direvisi pada 09 Mei 2026
Disetujui pada 13 Mei 2026
Tersedia daring pada 13 Mei 2026

Kata kunci:

Detak Jantung, Photoplethysmography, Sistem monitoring, Kesehatan Kardiovaskular.

Keywords:

Heart Beat, Photoplethysmography, Monitoring System, Cardiovascular Health.

ABSTRAK

Pemantauan detak jantung merupakan upaya penting dalam menjaga kesehatan sistem kardiovaskular, mengingat gangguan irama jantung seperti bradikardia dan takikardia dapat menimbulkan risiko kesehatan yang serius apabila tidak terdeteksi sejak dini. Penelitian ini merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan detak jantung berbasis metode *photoplethysmography* (PPG) menggunakan sensor optik yang mampu mengukur detak jantung secara real time, menampilkan nilai dalam satuan beats per minute (BPM), serta mengklasifikasikan kondisi detak jantung ke dalam kategori bradikardia, normal, dan takikardia. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem menghasilkan pembacaan detak jantung yang stabil dengan nilai error rata-rata sebesar 3,86%, sehingga diperoleh tingkat akurasi pengukuran sebesar 96,14% pada kondisi tubuh dalam keadaan istirahat. Sistem yang dikembangkan bersifat sederhana, portabel, dan berbiaya rendah, sehingga berpotensi digunakan sebagai solusi pemantauan kesehatan mandiri serta mendukung deteksi dini gangguan irama jantung.

ABSTRACT

Heart rate monitoring is a vital effort in maintaining cardiovascular health, as heart rhythm disorders such as bradycardia and tachycardia can pose serious health risks if not detected early. This research designs and implements a heart rate monitoring system based on the *photoplethysmography* (PPG) method using optical sensors capable of measuring heart rate in real time, displaying values in beats per minute (BPM), and classifying heart rate conditions into bradycardia, normal, and tachycardia categories. The test results show that the system produces stable heart rate readings with an average error of 3.86%, resulting in a measurement accuracy rate of 96.14% while the body is at rest. The developed system is simple, portable, and low-cost, making it a potential solution for independent health monitoring and supporting the early detection of heart rhythm disorders.

1. PENDAHULUAN

Jantung merupakan organ vital yang berfungsi memompa darah ke seluruh tubuh manusia, dan aktivitas pemompaan tersebut menghasilkan denyut jantung yang dapat digunakan sebagai indikator kondisi kesehatan seseorang. Denyut jantung normal pada orang dewasa berkisar antara 60–100 bpm dalam kondisi istirahat [1].

Detak jantung merupakan salah satu parameter fisiologis vital yang digunakan untuk mengetahui kondisi kesehatan seseorang. Informasi detak jantung banyak dimanfaatkan dalam pemantauan kesehatan, deteksi dini gangguan kardiovaskular, serta evaluasi kebugaran tubuh. Beberapa penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa pemantauan detak jantung secara berkala dapat membantu meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap kondisi kesehatannya secara mandiri dan berkelanjutan [2].

Pengukuran detak jantung secara klinis umumnya dilakukan menggunakan electrocardiograph (ECG) yang memiliki tingkat akurasi tinggi dan menjadi standar medis. Namun, berbagai penelitian menyebutkan bahwa penggunaan ECG memiliki keterbatasan dari segi biaya, ukuran alat, serta kebutuhan tenaga medis terlatih [3]. Sebagai alternatif, pulse oximeter digital dan perangkat wearable mulai banyak digunakan karena lebih praktis dan non-invasif. Meskipun demikian, hasil pengukuran berbasis wearable masih dipengaruhi oleh posisi sensor, aktivitas pengguna, dan keterbatasan pengolahan data [4], [5].

Metode *photoplethysmography* (PPG) merupakan salah satu teknik yang umum digunakan dalam pengukuran detak jantung dan saturasi oksigen secara non-invasif [6]. Beberapa jurnal nasional melaporkan bahwa metode PPG memiliki keunggulan dari segi kemudahan implementasi dan biaya yang relatif rendah, namun memiliki kelemahan berupa sensitivitas terhadap noise [7]. Oleh karena itu, diperlukan pemilihan sensor dan metode pengolahan sinyal yang tepat agar hasil pengukuran tetap stabil dan akurat.

Sensor MAX30102 merupakan sensor optik berbasis PPG yang mengintegrasikan LED merah dan inframerah, *photodiode*, serta rangkaian penguat sinyal dalam satu modul [8]. Beberapa penelitian di Indonesia menunjukkan bahwa sensor MAX30102 dapat digunakan untuk pemantauan detak jantung dengan hasil yang cukup baik apabila dikombinasikan dengan sistem mikrokontroler dan

teknik pemrosesan sinyal yang sesuai [9]. Selain itu, sensor ini memiliki ukuran kecil, konsumsi daya rendah, dan mudah diintegrasikan dalam sistem embedded.

Berdasarkan hasil kajian terhadap berbagai jurnal nasional, masih ditemukan beberapa permasalahan utama dalam pengembangan alat pemantauan detak jantung berbasis PPG, seperti fluktuasi nilai pengukuran, pengaruh gerakan pengguna, serta keterbatasan evaluasi akurasi terhadap alat referensi [10].

Oleh karena itu, sebagai bentuk pengambilan keputusan atas permasalahan tersebut, penelitian ini memutuskan untuk merancang dan merealisasikan alat pemantauan detak jantung berbasis sensor MAX30102.

Alat yang dikembangkan diharapkan mampu menghasilkan sistem pemantauan yang portabel, ekonomis, dan mudah dikembangkan, serta memiliki tingkat akurasi yang dapat dianalisis melalui perbandingan dengan alat referensi digital, sehingga dapat menjadi alternatif pemantauan detak jantung non-invasif berbasis sistem digital [11].

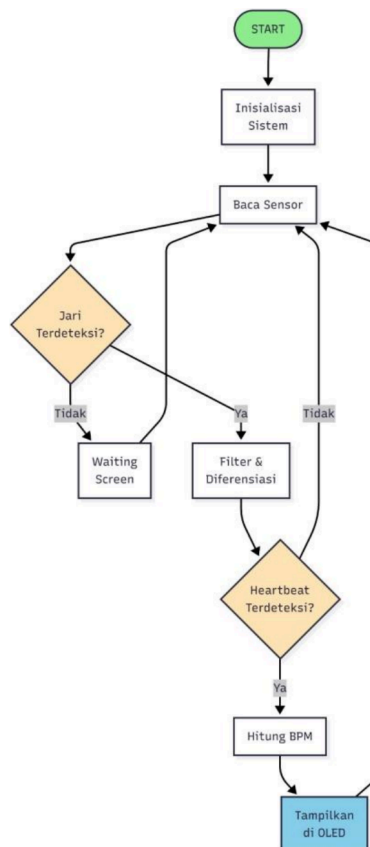
2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yaitu metode penelitian yang dilakukan dengan merancang, membangun, dan menguji suatu sistem untuk mengetahui kinerja serta tingkat akurasinya berdasarkan hasil pengukuran yang diperoleh. Metode eksperimen dipilih karena sesuai untuk mengevaluasi performa alat pemantauan detak jantung berbasis sensor MAX30102 melalui pengujian langsung dan perbandingan dengan alat referensi.

Sistem dirancang agar mampu melakukan pembacaan data detak jantung secara real time dan menampilkan hasil pengukuran secara langsung kepada pengguna. Proses pengolahan data meliputi akuisisi sinyal, penyaringan sinyal untuk mengurangi noise, serta perhitungan denyut jantung berdasarkan interval waktu antar puncak sinyal PPG, sebagaimana diterapkan pada penelitian-penelitian sistem monitoring jantung sebelumnya [12]. Pendekatan ini dipilih karena mampu menghasilkan pembacaan detak jantung yang relatif stabil dan sesuai untuk diaplikasikan pada sistem pemantauan *portable*.

Adapun tahapan penelitian yang dilakukan meliputi beberapa langkah. Tahap pertama adalah perancangan sistem, yang mencakup perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) sesuai dengan kebutuhan sistem pemantauan detak jantung. Kemudian implementasi sistem, setelah itu adalah pengujian sistem. Tahap terakhir adalah analisis data, yaitu menghitung selisih dan persentase error untuk mengetahui tingkat akurasi sistem yang telah dibuat.

2.1. Perancangan Software



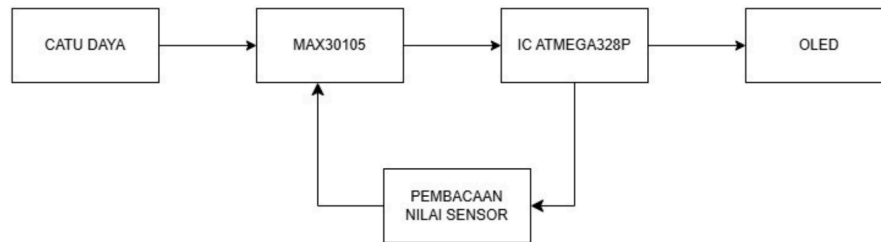
Gambar 1: Flowchart sistem

Gambar menunjukkan alur kerja sistem pemantauan detak jantung yang dirancang untuk bekerja secara otomatis dan real time. Proses diawali dengan tahap inisialisasi sistem, di mana seluruh komponen utama seperti sensor detak jantung, mikrokontroler, dan modul tampilan dipersiapkan agar berada dalam kondisi siap operasi. Setelah inisialisasi selesai, sistem masuk ke tahap pembacaan sensor, yaitu proses pengambilan data sinyal *photoplethysmography* (PPG) dari sensor optik.

Ketika jari pengguna telah terdeteksi, sinyal PPG yang diperoleh akan diproses melalui tahap filtering dan diferensiasi. Proses penyaringan dilakukan untuk mengurangi gangguan sinyal atau noise yang dapat disebabkan oleh pergerakan jari, cahaya lingkungan, maupun fluktuasi sinyal yang tidak berkaitan dengan denyut jantung. Selanjutnya, proses diferensiasi digunakan untuk memperjelas perubahan sinyal.

Setelah sinyal diproses, sistem melakukan pengecekan apakah denyut jantung berhasil terdeteksi. Jika denyut jantung belum teridentifikasi secara stabil, sistem akan kembali ke tahap pembacaan sensor dan pemrosesan sinyal. Namun, apabila denyut jantung terdeteksi dengan baik, sistem akan melanjutkan ke tahap perhitungan detak jantung dalam satuan beats per minute (BPM). Perhitungan ini dilakukan berdasarkan interval waktu antar puncak sinyal PPG yang merepresentasikan satu siklus denyut jantung.

Nilai BPM yang telah dihitung kemudian ditampilkan pada layar OLED sebagai informasi hasil pengukuran kepada pengguna. Setelah proses penampilan data selesai, sistem akan kembali ke tahap pembacaan sensor untuk melakukan pemantauan secara berkelanjutan.



Gambar 2: Diagram blok

Diagram blok sistem menggambarkan hubungan antar komponen utama yang digunakan dalam perancangan sistem pemantauan detak jantung. Sistem diawali dengan catu daya, yang berfungsi sebagai sumber energi listrik untuk seluruh rangkaian. Catu daya ini memastikan sensor, mikrokontroler, dan modul tampilan dapat bekerja secara stabil selama proses pengukuran berlangsung.

2.2. Perancangan Hardware

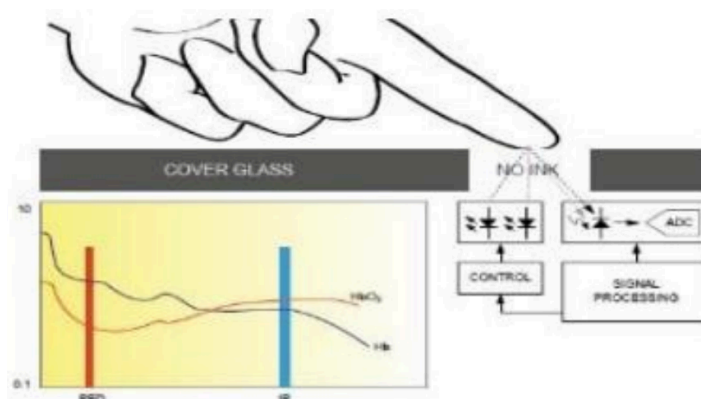
Sensor MAX30102 digunakan sebagai komponen utama dalam pengambilan data detak jantung. Sensor ini bekerja dengan memancarkan cahaya LED ke jaringan kulit dan menangkap cahaya pantulan yang dipengaruhi oleh perubahan volume darah di pembuluh kapiler. Data optik yang diperoleh sensor kemudian dikonversi menjadi sinyal digital dan dikirimkan ke mikrokontroler.

Mikrokontroler ATmega328P berperan sebagai pusat pengolahan data sistem. Mikrokontroler menerima data dari sensor MAX30102, kemudian melakukan proses pembacaan, pengolahan sinyal, serta perhitungan detak jantung. Proses pengolahan meliputi penyaringan sinyal, pendeteksian puncak sinyal, dan perhitungan nilai BPM berdasarkan interval waktu antar denyut.

Hasil pengolahan data selanjutnya dikirimkan ke modul tampilan OLED untuk ditampilkan kepada pengguna. Tampilan OLED digunakan karena memiliki konsumsi daya yang rendah dan mampu menampilkan informasi dengan jelas, sehingga sesuai untuk sistem pemantauan kesehatan portabel.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem pemantauan detak jantung dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan sistem dalam membaca, mengolah, dan menampilkan data denyut jantung secara real time. Pengujian dilakukan dengan meletakkan jari pengguna pada permukaan sensor sehingga cahaya LED dapat menembus jaringan kulit dan mendeteksi perubahan volume darah.



Gambar 3: Prinsip kerja sensor MAX30102
(Sumber: <https://easyelecmodule.com/max30102>)

Gambar tersebut menunjukkan prinsip kerja sensor MAX30102 dalam mengukur detak jantung - 4 - menggunakan metode *photoplethysmography* (PPG). Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan dua sumber cahaya, yaitu LED merah (*red*) dan LED inframerah (*infrared*), yang diarahkan ke permukaan kulit, umumnya pada ujung jari. Cahaya yang dipancarkan akan menembus lapisan kulit dan sebagian diserap oleh darah, sementara sebagian lainnya dipantulkan kembali menuju fotodiode yang terdapat pada sensor.

Perubahan volume darah di pembuluh kapiler akibat aktivitas pemompaan jantung menyebabkan variasi intensitas cahaya yang dipantulkan. Ketika jantung berkontraksi, volume darah meningkat sehingga cahaya yang diserap lebih banyak dan cahaya yang diterima fotodiode berkurang. Sebaliknya, saat jantung relaksasi, volume darah menurun dan intensitas cahaya pantulan meningkat. Perubahan intensitas cahaya inilah yang membentuk sinyal PPG yang merepresentasikan denyut jantung.

Sinyal optik yang diterima oleh fotodiode kemudian diubah menjadi sinyal listrik dan diteruskan ke rangkaian penguat serta *analog-to-digital converter* (ADC) yang terintegrasi di dalam sensor MAX30102. Sinyal digital tersebut selanjutnya dikirim ke mikrokontroler untuk dilakukan proses pengolahan sinyal, seperti penyaringan noise dan pendeteksian puncak sinyal (*peak detection*). Jarak waktu antar puncak sinyal digunakan untuk menghitung nilai detak jantung dalam satuan *beats per minute* (bpm).

Hasil pengujian menunjukkan sistem mampu menghasilkan sinyal *photoplethysmography* (PPG) yang stabil setelah melalui proses penyaringan sinyal, sehingga nilai detak jantung dapat dihitung dengan baik dan ditampilkan secara kontinu pada media tampilan.

Hasil pembacaan detak jantung yang diperoleh dari sistem kemudian dibandingkan dengan alat ukur referensi berupa pulse oximeter komersial. Perbandingan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian dan akurasi sistem yang dikembangkan.

Berikut adalah klasifikasi detak jantung berdasarkan nilai *beats per minute* (BPM) yang digunakan sebagai indikator kondisi kardiovaskular:

Tabel 1: Indikator Detak Jantung

Detak Jantung	Kategori
<60 BPM	Bradikardia (Rendah)
61-100 BPM	Normal
>100 BPM	Takikardia

Tabel 1 menunjukkan klasifikasi detak jantung berdasarkan nilai *beats per minute* (BPM) yang digunakan sebagai indikator kondisi kardiovaskular. Detak jantung dengan nilai kurang dari 60 BPM dikategorikan sebagai bradikardia. Rentang nilai antara 61 hingga 100 BPM dikategorikan sebagai kondisi normal, yang umumnya ditemukan pada individu dewasa dalam keadaan istirahat. Sementara itu, detak jantung dengan nilai lebih dari 100 BPM dikategorikan sebagai takikardia, yang mengindikasikan kondisi detak jantung tinggi.

Berdasarkan hasil pengujian sistem, nilai detak jantung yang diperoleh dapat dipetakan ke dalam kategori-kategori tersebut untuk mempermudah interpretasi hasil pengukuran. Pada sebagian besar pengujian yang dilakukan dalam kondisi istirahat, sistem menunjukkan nilai detak jantung berada pada rentang normal, yaitu antara 61–100 BPM. Hal ini menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi dan menampilkan nilai detak jantung yang sesuai dengan kondisi fisiologis pengguna.

Sedangkan pengujian akurasi dilakukan untuk membandingkan hasil pengukuran detak jantung antara sistem digital yang dirancang dan alat referensi (*pulse oximeter*). Pengambilan data dilakukan sebanyak empat kali pengukuran dengan kondisi pengguna dalam keadaan relatif diam. Nilai dari pulse oximeter digunakan sebagai acuan (*reference value*) karena memiliki stabilitas pengukuran yang lebih baik.

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai detak jantung yang diperoleh dari sistem digital memiliki perbedaan yang relatif kecil dibandingkan dengan alat referensi. Perhitungan error dilakukan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Error\% = \frac{Digital-Alat}{Alat} \times 100\%$$

Berdasarkan perhitungan tersebut, diperoleh hasil sebagaimana ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 2: Perbandingan Nilai Akurasi

Waktu Percobaan	Pengukuran Digital	Akurasi
1	638	$\frac{112-114}{114} \times 100\% = 1,75\%$
2	634	$\frac{83-83}{83} \times 100\% = 0\%$
3	630	$\frac{94-98}{98} \times 100\% = 4,08\%$
4	396	$\frac{97-100}{100} \times 100\% = 3\%$
5	341	$\frac{79-81}{81} \times 100\% = 2,47\%$
6	339	$\frac{87-82}{82} \times 100\% = 6,10\%$
7	503	$\frac{86-89}{89} \times 100\% = 3,37\%$

Waktu Percobaan	Pengukuran Digital	Akurasi
8	561	$\frac{86-85}{85} \times 100\% = 1,18\%$
9	581	$\frac{87-81}{81} \times 100\% = 7,41\%$
10	615	$\frac{108-114}{114} \times 100\% = 5,26\%$

Rata-Rata Error:

$$\frac{1,75 + 0 + 4,08 + 3 + 2,7 + 6,10 + 3,37 + 1,18 + 7,41 + 5,26}{10} = 3,86\%$$

Dari hasil pengujian tersebut, nilai error detak jantung berada pada rentang 0% hingga 7,41%, dengan rata-rata error sebesar 3,86%. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem digital yang dirancang memiliki tingkat akurasi yang cukup baik dan masih berada dalam batas toleransi pengukuran detak jantung berbasis sensor *Photoplethysmography* (PPG).

Perbedaan hasil pengukuran antara sistem digital dan alat referensi dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain perbedaan posisi sensor, adanya *noise* akibat gerakan pengguna, tekanan sensor terhadap kulit, serta metode pemrosesan sinyal yang digunakan.

Meskipun demikian, secara keseluruhan sistem mampu mengikuti nilai detak jantung dari alat referensi dengan baik. Hal ini menunjukkan bahwa metode pengolahan sinyal PPG yang diterapkan mampu merepresentasikan denyut jantung dengan cukup akurat.

Penerapan indikator detak jantung berdasarkan klasifikasi BPM ini meningkatkan nilai fungsional sistem, karena hasil pengukuran tidak hanya disajikan dalam bentuk angka, tetapi juga dalam bentuk informasi kategoris yang lebih mudah dipahami.

Hal ini sangat bermanfaat dalam mendukung pemantauan kesehatan secara mandiri, terutama bagi pengguna awam yang membutuhkan interpretasi sederhana namun informatif terhadap kondisi detak jantungnya.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan detak jantung secara *real time* berbasis metode *photoplethysmography* (PPG). Sistem yang dikembangkan mampu mengukur detak jantung dengan baik serta mengklasifikasikan hasil pengukuran ke dalam kategori bradikardia, normal, dan takikardia sehingga mudah dipahami oleh pengguna. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem memiliki kestabilan pembacaan dan kinerja yang sebanding dengan alat ukur referensi pada kondisi istirahat. Kontribusi utama dari penelitian ini adalah pengembangan sistem pemantauan detak jantung yang sederhana, portabel, dan berbiaya rendah sebagai solusi pemantauan kesehatan mandiri.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan dan penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih disampaikan kepada pihak laboratorium dan institusi yang telah menyediakan fasilitas serta sarana pendukung selama proses pengembangan dan pengujian sistem. Penulis juga mengapresiasi dukungan dari pihak-pihak yang membantu dalam pengumpulan data dan pengujian alat. Semoga penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi di bidang sistem pemantauan kesehatan.

DAFTAR PUSTAKA

- Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, *Pedoman Pencegahan dan Pengendalian Penyakit Jantung dan Pembuluh Darah*, Jakarta: Kemenkes RI, 2019.
- A. Pratama dan R. Hidayat, "Monitoring detak jantung berbasis mikrokontroler," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 10, no. 1, pp. 15–21, 2019.
- D. Saputra et al., "Sistem pemantauan kesehatan berbasis sensor detak jantung," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 85–91, 2020.
- S. Wahyuni dan T. Nugroho, "Perbandingan pengukuran ECG dan pulse sensor," *Jurnal Medika Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 30–36, 2018.
- R. Kurniawan et al., "Analisis akurasi smartwatch dalam pengukuran detak jantung," *Jurnal Informatika Kesehatan*, vol. 6, no. 1, pp. 12–18, 2021.
- A. Lestari dan B. Santoso, "Evaluasi wearable device untuk monitoring denyut nadi," *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, vol. 9, no. 3, pp. 210–216, 2020.
- M. Arifin et al., "Implementasi metode photoplethysmography untuk pengukuran detak jantung," *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, vol. 7, no. 2, pp. 55–61, 2019.
- F. Ramadhan dan Y. Sari, "Pengaruh noise pada sinyal PPG," *Jurnal Teknik Biomedis Indonesia*, vol. 4, no. 1, pp. 22–28, 2020.

-
- I. Maulana et al., "Rancang bangun pulse oximeter berbasis sensor MAX30102," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 11, no. 2, pp. 101–107, 2021.
- N. Putri dan H. Setiawan, "Monitoring detak jantung dan SpO₂ menggunakan MAX30102," *Jurnal Rekayasa Sistem Elektronika*, vol. 6, no. 3, pp. 145–151, 2022.
- A. Fadli et al., "Analisis error pengukuran detak jantung berbasis PPG," *Jurnal Penelitian Teknik Elektro*, vol. 8, no. 2, pp. 66–72, 2021.
- S. Prabowo dan L. Hakim, "Pengembangan alat monitoring detak jantung berbasis embedded system," *Jurnal Nasional Teknik Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 1–8, 2022.