

# Alat Pendeteksi Detak Jantung Menggunakan Mikrokontroler ESP32 Dan Sensor Pulse Berbasis Website

Helisati Putra Hulu, April Imelda Putri Hulu, Fazasokhi Giawa, Sukur Hati Harefa, Raheliya Br Ginting

Fakultas Sains dan Teknologi, Teknik Informatika, Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia, Medan

Jl. Sei Batang Hari No.84a, Babura Sunggal, Kec. Medan Sunggal, Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia

Email: <sup>1</sup>\*helisatiputrah1@gmail.com, <sup>2</sup>aprilimeldaputrihulu@gmail.com, <sup>3</sup>fazargiawa89@gmail.com, <sup>4</sup>sukurhatiharefa01@gmail.com

Email Penulis Korespondensi: helisatiputrah1@gmail.com

**Abstrak**—Di era digital saat ini, kebutuhan akan alat kesehatan yang canggih dan mudah digunakan semakin meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun alat pendeteksi detak jantung real time menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor pulse yang terhubung ke platform web. Alat ini dirancang untuk terus memantau detak jantung pengguna dan menyediakan akses ke data online, sehingga memudahkan pemantauan kesehatan mereka. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perancangan perangkat keras dan perangkat lunak. Mikrokontroler ESP32 dipilih karena keunggulannya pada konektivitas wifi dan kemampuan pemrosesan data yang baik. Sensor denyut jantung digunakan untuk mendeteksi detak jantung, sementara platform web dikembangkan untuk menampilkan data detak jantung secara real time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat pendeteksi detak jantung buatan ini dapat bekerja dengan baik dalam mendeteksi dan menampilkan data detak jantung secara real time. Data yang dikirimkan ke platform web dapat diakses melalui komputer atau smartphone sehingga memudahkan pengguna atau tenaga medis untuk memantau kondisi kesehatan dari jarak jauh. Singkatnya, detektor detak jantung berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor pulse ini berhasil memenuhi kebutuhan pemantauan detak jantung secara real time dan dapat diakses melalui web. Pengembangan lebih lanjut dapat dilakukan untuk meningkatkan akurasi dan integrasi dengan sistem medis lainnya..

**Kata Kunci:** Detak Jantung; Real Time; Mikrokontroler ESP32; Sensor Pulse; Platform Berbasis website

**Abstract**—In today's digital era, the demand for advanced and user-friendly healthcare devices is increasing. This research aims to design and develop a real-time heart rate detection device using an ESP32 microcontroller and a pulse sensor connected to a web platform. This device is designed to continuously monitor the user's heart rate and provide online data access, facilitating easier health monitoring. The methodology used in this research includes the design of hardware and software. The ESP32 microcontroller was chosen for its advantages in Wi-Fi connectivity and good data processing capabilities. A pulse sensor is used to detect the heart rate, while a web platform is developed to display real-time heart rate data. The research results show that this custom-built heart rate detection device can effectively detect and display real-time heart rate data. The data sent to the web platform can be accessed via computer or smartphone, making it easier for users or medical personnel to monitor health conditions remotely. In summary, this heart rate detector based on the ESP32 microcontroller and pulse sensor successfully meets the need for real-time heart rate monitoring and can be accessed via the web. Further development can be done to improve accuracy and integration with other medical systems.

**Keywords:** Heart Rate; Real-Time; ESP32 Microcontroller; Pulse Sensor; Web Based Platform

## 1. PENDAHULUAN

Penyakit jantung merupakan salah satu penyakit paling mematikan di seluruh dunia, termasuk di Indonesia, dan menjadi penyebab utama kematian pada berbagai kelompok usia. Upaya pencegahan dan deteksi dini sangat penting untuk menekan risiko yang diakibatkan oleh penyakit ini. Salah satu langkah yang efektif adalah melakukan pemeriksaan kesehatan secara rutin, yang dapat membantu mengidentifikasi tanda-tanda awal yang memerlukan penanganan lebih lanjut. Seiring dengan perkembangan teknologi, kini telah dikembangkan alat monitoring jarak jauh yang memungkinkan pasien memantau kondisi jantung mereka dari rumah. Data yang dihasilkan dari alat ini dapat dikirimkan secara langsung kepada tenaga medis atau klinik untuk dianalisis, sehingga dokter dapat menilai kondisi pasien tanpa perlu pertemuan tatap muka yang memakan waktu. Dengan demikian, penggunaan teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi dalam penanganan penyakit jantung, baik dari segi waktu maupun tenaga, serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih cepat dan tepat mengenai langkah medis yang perlu diambil. Alat ini didukung dengan mikrokontroler ESP32 yang memiliki konektivitas wifi yang lebih baik serta kemampuan untuk menyimpan data secara online. Sensor pulse digunakan sebagai alat untuk mendeteksi detak jantung atau denyut nadi sehingga hasilnya dapat ditampilkan pada OLED dan dikirimkan menggunakan jaringan yang terhubung ke database website yang dibuat. Penting untuk melakukan konfigurasi jaringan yang optimal agar data yang dihasilkan oleh sensor pulse dapat dikirimkan secara efektif ke dalam database pada website yang telah dibuat. Konfigurasi jaringan ini melibatkan pengaturan koneksi wifi pada mikrokontroler ESP32, memastikan kestabilan serta kecepatan transfer data yang memadai untuk mendukung proses pengiriman informasi secara real time. Pengaturan ini juga mencakup autentikasi dan enkripsi data agar keamanan informasi pasien tetap terjaga. Dengan konfigurasi jaringan yang tepat, sistem monitoring jarak jauh ini diharapkan mampu memberikan data yang akurat dan dapat diakses oleh tenaga medis kapan saja, sehingga meningkatkan keandalan dan efektivitas proses pemantauan kondisi kesehatan pasien secara berkesinambungan.

Agar penelitian ini menjadi lebih terfokus pada suatu masalah penelitian dan dapat menghasilkan kebaruan penelitian, serta memetakan posisi penelitian yang akan dilakukan oleh peneliti, maka peneliti perlu melakukan studi terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang sejenis dengan tema penelitian yang akan dibahas. Berdasarkan hal tersebut, peneliti melakukan studi literatur terhadap hasil penelitian terdahulu dan hasilnya dijabarkan sebagai berikut:

Penelitian tentang Wearable Sensor Device berbasis IoT berbentuk Face Shield untuk Memonitor Detak Jantung, pada penelitian ini data detak jantung ditampilkan pada perangkat bergerak menggunakan Blynk App. Data disajikan dalam sebuah grafik yang menampilkan kecepatan detak jantung dalam satuan bpm pada sumbu y dan waktu dalam satuan menit pada sumbu x, jika dianalisis dari segi kenyamanan pada penggunaan alat, masih terdapat rasa tidak nyaman yang diakibatkan berat dari alat tersebut[1]. Penelitian tentang Rancang Bangun Alat Deteksi Jantung Berbasis Mikrokontroler Arduino Dengan Pulse Sensor, pengujian alat ini menggunakan rumus Mean Absolute Deviation (MAD) yaitu mengukur keakuratan dengan jumlah rata-rata kesalahan pengukuran. Dalam penelitian ini terfokus pada hasil data detak jantung serta tidak menggunakan monitoring detak jantung dari jarak jauh[2]. Penelitian berikutnya tentang Purwarupa Alat Pendeteksi Detak Jantung Berbasis Atmega328, Penelitian ini telah berhasil membuat purwarupa alat detektor detak jantung yang dapat ditampilkan pada layar OLED. Terdapat beberapa pengembangan yang dapat dilakukan untuk membuat alat menjadi lebih baik. Pengembangan purwarupa dapat dilakukan dengan membuat purwarupa dalam bentuk aplikasi mobile atau dapat diakses melalui web[3]. Penelitian alat ukur denyut nadi dengan tampilan OLED berbasis arduino, tujuan dari penelitian ini adalah membuat dan menguji alat ukur denyut nadi dengan tampilan OLED berbasis arduino. Pada penelitian ini hasil pendeteksi detak jantung hanta didapatkan dari jarak dekat dan tidak mendukung monitoring dari jarak tertentu[4]. Penelitian selanjutnya tentang Perancangan Sistem Informasi Detak Jantung Berbasis Android Phone Menggunakan Media Bluetooth, penelitian ini menggunakan bluetooth adapter untuk mengirim data denyut jantung dimana data dimodulasi dengan frekuensi radio kemudian dipancarkan ke udara, pada bagian penerima sinyal radio didemodulasi kembali menjadi data dan ditampilkan pada display smartphone. Fungsi smartphone hanya sebagai output dari data tidak menyimpan data sehingga perkembangan pasien tidak dapat dilihat secara berkala[5].

Harapan penulis pada penelitian ini, mampu merancang sebuah sistem yang dapat mendeteksi detak jantung secara real time, mampu mengetahui cara pengaplikasian alat pendeteksi detak jantung, dan mampu mengetahui prinsip kerja rangkaian pendeteksi detak jantung dengan mikrokontroler ESP32 dan sensor pulse yang terintegrasi oleh website.

## **2. METODOLOGI PENELITIAN**

### **2.1 Tahapan Penelitian**

Dalam mengumpulkan data, keterangan dan perancangan program yang dibutuhkan, dilakukan beberapa tahapan metode penelitian, sebagai berikut:

#### **a. Penelitian laboratorium**

Melalui metode ini penulis melakukan proses pembuatan langsung sistem kerja sebuah alat yang mendeteksi detak jantung secara real time pada laboratorium robotik Institut Teknologi dan Bisnis Indonesia yang beralamat di Jl. Binjai-Stabat Desa Tandem Hilir Kecamatan Hamparan Perak Kabupaten Deli Serdang.

#### **b. Tinjauan Pustaka**

Metode ini melibatkan peninauan dan analisis literatur atau sumber-sumber teks yang relevan dan terkait dengan topik penelitian yang sedang diinvestigasi.

### **2.2 Analisa dan Perancangan**

#### **a. Analisa sistem yang berjalan**

Sistem monitoring detak jantung jarak jauh telah menjadi solusi esensial dalam pemantauan kesehatan pasien, terutama bagi mereka yang membutuhkan pengawasan konstan di luar fasilitas rumah sakit. Komponen utama sistem ini meliputi perangkat monitoring, teknologi komunikasi data, platform pemantauan, sistem notifikasi, serta keamanan dan privasi data. Pada komponen Perangkat Monitoring, alat deteksi EKG portable atau disebut juga ambulatory EKG, digunakan untuk memantau aktivitas jantung pasien secara real time. Beberapa perangkat memiliki konektivitas internet untuk mengirim data langsung ke cloud, memungkinkan akses data secara terpadu oleh tenaga medis. Teknologi Komunikasi Data memfasilitasi pengiriman data ke server melalui jaringan wifi atau seluler. Data medis pasien dilindungi oleh protokol keamanan yang ketat guna mencegah akses tidak sah selama proses transmisi. Platform Pemantauan dan Analisis Data menjadi pusat penyimpanan data detak jantung yang terintegrasi, di mana data dianalisis secara otomatis untuk mendeteksi kelainan ritme atau perubahan signifikan yang dapat mengindikasikan kondisi kritis. Sistem ini secara otomatis mengirimkan peringatan kepada tenaga medis jika ditemukan suatu kelainan.

#### **b. Analisa sistem yang akan dibangun**

Sistem yang akan dirancang adalah alat pendeteksi detak jantung secara real time menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor pulse, dengan data yang dapat diakses melalui website. Peran dari ESP32 dalam rangkaian yang dibuat adalah sebagai otak sistem, yang mengambil data detak jantung dari sensor pulse mentransmisikan data ke server melalui koneksi website.

#### **c. Perancangan hardware (Perangkat Keras)**

Dari hasil analisa terhadap rangkaian yang akan dibangun, maka penulis membuat sebuah gambaran rancangan yang akan dibangun.

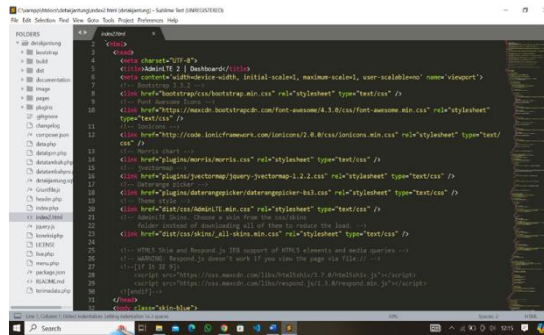


Gambar 1. Tampak Perancangan Hardware

Sketsa rangkaian alat terdiri dari susunan alat, ini dilakukan untuk menghindari kesalahan dalam melatakan alat dalam proses perancangan.

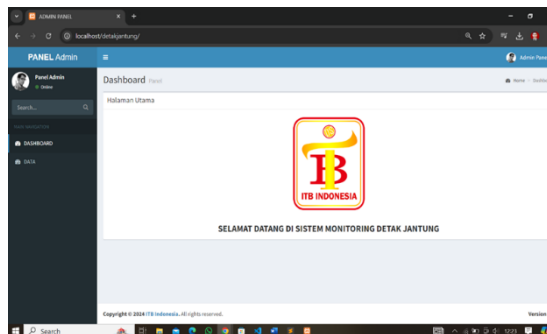
d. Perancangan software (Perangkat Lunak)

Dalam merancang perangkat lunak penulis menggunakan Arduino IDE dan Sublime Text untuk membuat sketsa program yang akan digunakan.



Gambar 2. Proses perancangan website dengan Sublime Text

Proses ini meliputi tahapan perencanaan dan persiapan website yang akan dibuat, pengaturan struktur folder dan file, membangun struktur HTML, menghubungkan file CSS dan JavaScript, mendesain tampilan dengan CSS, pengujian responsif, pengujian dan debugging, dan publikasi.

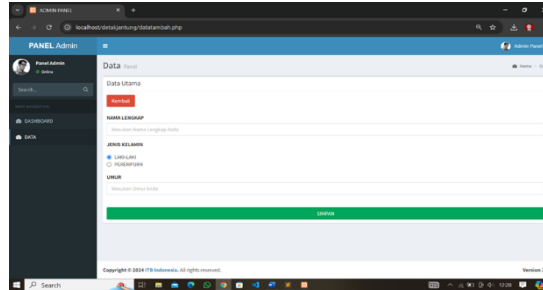


Gambar 3. Tampilan dahsboard website

Dahsboard merupakan antarmuka pengguna yang berfungsi sebagai tampilan awal dalam sebuah website, yang menyediakan berbagai pilihan menu yang dapat diakses oleh pengguna untuk melakukan berbagai aktivitas. Dalam konteks sistem pemantauan detak jantung, dahsboard dirancang untuk memberikan kemudahan kepada pengguna dalam mengakses fitur-fitur utama yang berkaitan dengan deteksi detak jantung. Tampilan dahsboard ini sangat penting karena menjadi titik awal bagi pengguna untuk memulai interaksi dengan sistem, memonitor data yang terkait, dan mengelola pengaturan yang diperlukan.

Pada dahsboard, berbagai menu disusun dengan rapi dan intuitif, sehingga memudahkan navigasi pengguna. Menu-menu ini dapat mencakup pilihan untuk memulai perekaman detak jantung, melihat riwayat detak jantung yang telah tercatat, atau mengakses pengaturan sistem untuk menyesuaikan preferensi pengguna. Dengan adanya berbagai pilihan ini, pengguna dapat dengan mudah mengakses informasi dan melakukan tindakan yang diperlukan tanpa kesulitan. Desain yang user-friendly dan responsif pada dahsboard juga memastikan bahwa interaksi pengguna dengan sistem berjalan lancar, baik melalui perangkat desktop maupun perangkat mobile.

Selain itu, dahsboard juga berfungsi sebagai pusat kontrol yang memungkinkan pengguna untuk memonitor detak jantung secara real time, melihat data yang terintegrasi, dan melakukan tindakan korektif jika diperlukan. Oleh karena itu, penting bagi pengembang untuk memastikan bahwa desain dahsboard tidak hanya menarik secara visual, tetapi juga berfungsi dengan baik dalam memberikan akses yang mudah dan cepat kepada pengguna.

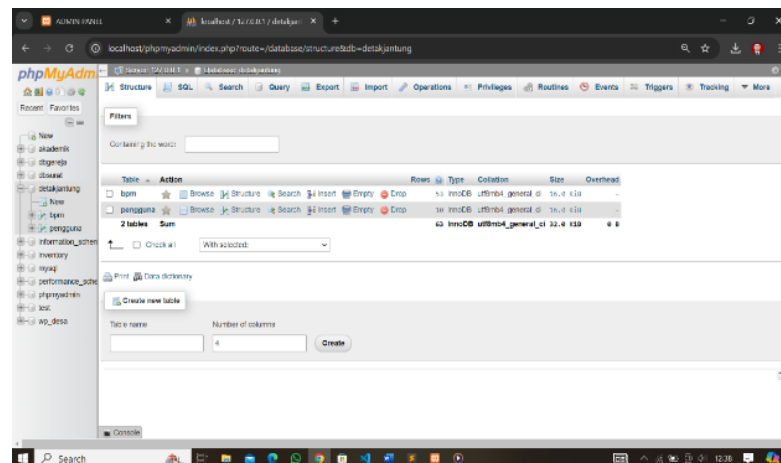


**Gambar 4.** Tampilan input data pengguna

Pada halaman ini, pengguna diminta untuk menginputkan beberapa informasi pribadi yang penting, seperti nama lengkap, jenis kelamin, dan umur. Formulir penginputan data ini dirancang untuk memastikan bahwa informasi yang diberikan oleh pengguna dapat terekam dengan jelas dan sistematis. Setiap kolom formulir akan meminta pengguna untuk mengisi data yang relevan, sehingga memudahkan proses identifikasi dan analisis lebih lanjut.

Setelah data diinput, sistem akan secara otomatis menyimpan informasi yang telah dimasukkan ke dalam database. Proses penyimpanan data ini berlangsung secara real-time, sehingga data yang terinput dapat langsung tersedia untuk digunakan dalam berbagai fungsi sistem, seperti pemantauan detak jantung atau analisis lainnya. Penggunaan database ini sangat penting untuk menjaga integritas data, memungkinkan data untuk diakses dengan mudah dan aman, serta memudahkan pengelolaan data secara terpusat.

Keuntungan dari sistem penyimpanan otomatis ini adalah mengurangi kemungkinan kesalahan manusia dalam pengolahan data, sekaligus meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan informasi. Selain itu, sistem ini memastikan bahwa data yang dimasukkan dapat diperbaharui atau diubah sesuai kebutuhan, memberikan fleksibilitas bagi pengguna dalam memperbarui informasi yang mungkin berubah seiring waktu, seperti perubahan umur. Semua data yang tersimpan di database juga akan dilindungi dengan mekanisme keamanan yang memadai untuk mencegah akses yang tidak sah.



**Gambar 5.** Tampilan database phpMyAdmin

Dalam penelitian ini, database dibangun menggunakan perangkat lunak phpMyAdmin. Database tersebut berfungsi sebagai tempat penyimpanan data yang terstruktur untuk sistem, yang memungkinkan pengelolaan, pengolahan, dan pengambilan data secara efisien. Penggunaan phpMyAdmin dipilih karena kemampuannya dalam memfasilitasi pengaturan basis data dengan antarmuka yang ramah pengguna, serta kompatibilitasnya dengan bahasa pemrograman yang umum digunakan dalam pengembangan sistem web.

Dengan adanya database ini, proses penyimpanan dan pengelolaan data dapat dilakukan secara lebih terorganisir, memungkinkan peneliti untuk menyusun dan memelihara data yang relevan dengan sistem pemantauan. Selain itu, penggunaan database membantu memastikan integritas data tetap terjaga, sehingga informasi dapat dengan mudah diakses, dimodifikasi, atau dianalisis lebih lanjut sesuai kebutuhan penelitian.

## 2.3 Tinjauan Pustaka

### a. Pengertian rancang

Rancang adalah kegiatan yang memiliki tujuan untuk mendesain sistem baru yang dapat menyelesaikan masalah-masalah yang dihadapi perusahaan yang diperoleh dari pemilihan alternatif sistem yang terbaik. Kata “rancang” merupakan kata sifat dari “perancangan” yakni merupakan serangkaian prosedur untuk menerjemahkan hasil analisis dari sebuah sistem ke dalam bahasa pemrograman untuk mendeskripsikan dengan detail bagaimana komponen-komponen sistem diimplementasikan. Proses menyiapkan spesifikasi yang terperinci untuk mengembangkan sistem yang baru[6]. Perancangan adalah proses penerapan berbagai teknik dan prinsip yang bertujuan untuk mendefinisikan sebuah peralatan, satu proses atau satu sistem secara detail[7]. Perancangan adalah proses

untuk mendefinisikan sesuatu yang dikerjakan dengan menggunakan teknik yang bervariasi serta didalamnya melibatkan deskripsi mengenai arsitektur serta detail komponen dan juga keterbatasan akan dialami dalam pengerjaannya[8].

b. Pengertian detak jantung

Detak jantung berfungsi berfungsi untuk memompa darah ke seluruh bagian tubuh. Jantung merupakan organ tubuh yang sangat vital dan merupakan organ yang tidak pernah berhenti bekerja[9]. Detak jantung dan suhu tubuh merupakan dua parameter penting yang digunakan oleh para medis untuk mengetahui kesehatan fisik maupun kondisi mental seseorang[10]. Detak jantung merupakan indikator penting dari kesehatan kardiovaskular seseorang. Irregularitas dalam detak jantung bisa menjadi tanda adanya berbagai kondisi medis, mulai dari stres dan kelelahan hingga penyakit jantung koroner dan aritmia. Oleh karena itu, pemantauan detak jantung dapat membantu dalam deteksi dini kondisi-kondisi tersebut[11].

c. Pengertian real time

Real time atau internet broadcasting live atau yang lebih dikenal live casting adalah mekanisme pengontrolan, perekaman data, pemrosesan yang sangat cepat sehingga output yang dihasilkan dapat diterima dalam waktu yang relatif sama[12]. Real time adalah suatu sistem dengan waktu nyata yang menghasilkan suatu data atau informasi yang tepat pada batas waktu yang telah ditentukan[13].

d. Pengertian Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh Espressif Sistem merupakan penerus dari mikrokontroler ESP8266. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul wifi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi Internet of Things. Pin tersebut dapat dijadikan input atau output untuk menyalakan LCD, lampu, bahkan untuk menggerakkan motor DC[14]. Mikrokontroler ESP32 merupakan mikrokontroler SoC (System on Chip) terpadu dengan dilengkapi WiFi 802.11 b/g/n, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai peripheral[15].

e. Pengertian sensor pulse

Pulse Heart Rate Sensor adalah sebuah sensor denyut jantung[16]. Pulse sensor merupakan sensor pengukur detak jantung yang dirancang khusus untuk dapat terkoneksi dengan mikrokontroler Arduino[17].

f. Pengertian Arduino IDE

Arduino IDE adalah software yang digunakan untuk membuat sketch pemrograman atau dengan kata lain arduino IDE sebagai media untuk pemrograman pada board yang ingin di program. Arduino IDE ini berguna untuk mengedit, membuat, mengupload ke board yang ditentukan, dan mengcoding program tertentu. Arduino IDE dibuat dari bahasa pemrograman JAVA, yang dilengkapi dengan library C/C++(wiring), yang membuat operasi input/output lebih mudah[18]. Arduino IDE atau Integrated Development Environment (IDE). IDE merupakan perangkat lunak yang memainkan peran yang sangat penting dalam pemrograman, kompilasi biner, dan unduhan memori mikrokontroler. Selain banyak modul pendukung (sensor, monitor, pembaca, dll.) Arduino telah menjadi platform karena telah menjadi pilihan bagi banyak profesional. Salah satu alasan Arduino memikat banyak orang adalah karena sifatnya yang open source, baik hardware maupun software[19]. Arduino IDE adalah perangkat lunak yang digunakan untuk memprogram arduino dari pc. IDE sendiri berasal dari singkatan Integrated Development Environment yang memiliki arti sebagai lingkungan yang terintegrasi dalam sebuah pengembangan Arduino. IDE menggunakan bahasa pemrograman JAVA yang disertai dengan library C/C++ yang memudahkan operasi input dan output[20].

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini, hasil penelitian disajikan dan dianalisis secara komprehensif untuk menjawab pertanyaan penelitian yang telah dirumuskan sebelumnya. Setiap temuan akan dijelaskan secara terstruktur untuk menguraikan keterkaitannya dengan hipotesis dan teori yang mendasari penelitian ini. Selanjutnya, hasil tersebut akan dibahas dengan merujuk pada literatur yang relevan, sehingga diperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai implikasi serta keterbatasan penelitian ini.

#### 3.1 Proses Pemasukan Data

Proses input data dalam sistem pendeteksi detak jantung berbasis website dimulai dengan perintah yang diberikan melalui antarmuka perangkat lunak atau platform website yang telah dikembangkan. Perangkat lunak ini dirancang untuk memungkinkan pengguna mengaktifkan alat pendeteksi detak jantung dan memulai proses perhitungan detak jantung secara otomatis. Ketika perintah diberikan, sistem akan memulai pengambilan data dari sensor pulse yang terhubung dengan mikrokontroler, yang kemudian akan mengolah data tersebut untuk menghasilkan informasi detak jantung dalam satuan beats per minute (bpm).

Namun, untuk memastikan kelancaran proses pengambilan dan pemrosesan data, penting bagi perangkat yang digunakan, seperti laptop atau smartphone, untuk terhubung ke jaringan wifi yang sama dengan perangkat pendeteksi detak jantung. Koneksi yang stabil antara perangkat ini sangat krusial, karena data yang diperoleh dari alat pendeteksi detak jantung akan ditransmisikan secara nirkabel melalui wifi ke server web, data tersebut akan diproses dan ditampilkan dalam bentuk grafik atau angka yang mudah dipahami oleh pengguna.

Proses ini tidak hanya memastikan akurasi dalam pengukuran detak jantung, tetapi juga memungkinkan pemantauan secara real time, yang berguna untuk keperluan medis atau pemantauan kesehatan pribadi. Ketersediaan data

secara langsung di platform web memberikan kemudahan bagi tenaga medis atau pengguna untuk memantau detak jantung tanpa batasan waktu atau lokasi. Oleh karena itu, memastikan perangkat terhubung dengan jaringan wifi yang tepat menjadi langkah penting untuk mengoptimalkan fungsionalitas sistem pendeteksi detak jantung berbasis website ini.

### 3.2 Implementasi/Pengujian

#### 3.2.1 Pengujian sensor pulse dan tombol input

Pengujian pulse sensor dilakukan untuk mengetahui respon yang diberikan oleh sensor. Pengujian sensor dilakukan dengan memberikan tegangan 5V DC dari modul mikrokontroler ESP32. Berikut adalah Tabel hasil pengujian sensor pada rancang bangun alat pendeteksi detak jantung secara real time menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor pulse berbasis website, yaitu sebagai berikut:

**Tabel 1.** Hasil Pengujian Sensor Pulse dan Tombol Input

| Nilai Pada Serial Monitoring (BPM) | Nilai Pada Website (BPM) | Status Tombol Input | Hasil Pengiriman Data |
|------------------------------------|--------------------------|---------------------|-----------------------|
| Tidak terdeteksi                   | Tidak terdeteksi         | Tidak ditekan       | Tidak terkirim        |
| 63                                 | 63                       | Ditekan             | Terkirim              |
| 61                                 | 61                       | Ditekan             | Terkirim              |
| 69                                 | 69                       | Ditekan             | Terkirim              |

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan terhadap sensor pulse dan tombol input, ditemukan bahwa proses pendeteksian dan perekaman detak jantung hanya berlangsung ketika tombol input berada dalam kondisi ditekan. Fungsi tombol ini berperan sebagai pemicu untuk memulai perekaman detak jantung sekaligus proses pengiriman data tersebut ke website tujuan. Hal ini menunjukkan bahwa tanpa adanya interaksi atau tekanan pada tombol input, sensor pulse tidak merekam atau mengirim data detak jantung ke platform online yang telah disediakan.

Pengujian ini melibatkan pemantauan detak jantung secara berkelanjutan dengan fokus pada fungsi aktivasi manual melalui tombol input, yang secara teknis bertindak sebagai saklar kontrol bagi sistem perekaman detak jantung. Hasil ini konsisten dengan prinsip kerja yang dirancang, di mana tombol input harus ditekan untuk mengaktifkan fungsi perekaman dan transmisi data.

Selain itu, hasil pengujian ini juga menunjukkan bahwa pendekatan manual dengan tombol input memiliki kelebihan dalam mengontrol waktu perekaman secara presisi, sekaligus memastikan bahwa hanya data yang benar-benar diperlukan yang dikirimkan ke website. Namun demikian, sistem ini mungkin memiliki keterbatasan, terutama apabila pengguna lupa atau tidak sengaja tidak menekan tombol input. Hal ini dapat mengakibatkan data detak jantung yang hilang atau tidak tercatat. Dari perspektif fungsional, hal ini menekankan pentingnya desain antarmuka pengguna (user interface) yang intuitif dan mungkin mempertimbangkan sistem peringatan agar pengguna tidak lupa mengaktifkan tombol saat dibutuhkan.

Implikasi dari hasil pengujian ini cukup signifikan bagi pengembangan sistem pemantauan detak jantung yang berbasis web, di mana penggunaan tombol input manual dapat memastikan bahwa hanya data yang diinginkan yang diproses dan dikirim. Dengan demikian, desain sistem ini juga mendukung aspek keamanan data, karena mengurangi risiko perekaman data detak jantung tanpa persetujuan pengguna. Pada saat yang sama, hasil ini menggarisbawahi pentingnya penambahan fitur otomatisasi pada sistem pemantauan di masa depan, sehingga dapat lebih adaptif dan responsif terhadap kondisi fisiologis pengguna tanpa ketergantungan penuh pada input manual.

Secara keseluruhan, pengujian ini menunjukkan keberhasilan sistem dalam menjalankan fungsi perekaman dan pengiriman data detak jantung dengan syarat bahwa tombol input ditekan, sesuai dengan yang diharapkan. Analisis lebih lanjut mungkin diperlukan untuk mengevaluasi keandalan dan responsivitas sistem dalam skenario penggunaan yang lebih luas, termasuk potensi otomatisasi proses aktivasi atau integrasi dengan metode perekaman berbasis sinyal lain.

#### 3.2.2 Pengujian wifi

Pengujian konektivitas wifi pada perangkat pendeteksi detak jantung bertujuan untuk memastikan kemampuan perangkat dalam menyediakan akses jaringan wifi yang stabil dan dapat terhubung secara efektif ke perangkat pengguna, seperti laptop atau smartphone. Hal ini penting agar data hasil deteksi detak jantung dapat diunggah dan disimpan secara otomatis dalam database pada situs web, sehingga memudahkan pemantauan dan analisis jarak jauh oleh tenaga medis.

**Tabel 2.** Hasil Pengujian Wifi

| Nilai Pada Serial Monitoring (BPM) | Nilai Pada Website (BPM) | Status Wifi      | Hasil Pengiriman Data |
|------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------|
| 64                                 | Tidak terkirim           | Tidak terkoneksi | Tidak terkirim        |
| 69                                 | Tidak terkirim           | Tidak terkoneksi | Tidak terkirim        |
| 61                                 | 61                       | Terkoneksi       | Terkirim              |
| 69                                 | 69                       | Terkoneksi       | Terkirim              |

Hasil pengujian konektivitas wifi menunjukkan bahwa transmisi data detak jantung ke website hanya dapat berlangsung ketika perangkat terhubung ke jaringan wifi yang aktif. Ketika koneksi wifi pada perangkat berhasil diaktifkan, data detak jantung secara otomatis dikirimkan ke platform website yang telah ditentukan, memungkinkan pemantauan detak jantung secara real time dari lokasi terpadu.

Sebaliknya, jika perangkat tidak terhubung ke jaringan wifi, data detak jantung tetap dapat dipantau secara lokal melalui tampilan layar oled yang terpasang pada perangkat, tetapi data tersebut tidak dikirimkan ke website. Dengan kata lain, koneksi wifi berfungsi sebagai prasyarat utama dalam proses pengiriman data, sedangkan layar oled berperan sebagai media output lokal untuk pengguna.

Pengujian ini memberikan informasi penting mengenai efektivitas dan keterbatasan sistem dalam kondisi koneksi jaringan yang bervariasi. Ketergantungan perangkat pada koneksi wifi untuk transmisi data ke website mengindikasikan bahwa perangkat ini sangat sesuai untuk penggunaan dalam lingkungan dengan konektivitas internet yang stabil dan memadai. Sebagai solusi sementara, tampilan oled memberikan akses langsung bagi pengguna untuk memantau detak jantung meskipun koneksi jaringan terputus, sehingga sistem tetap memiliki nilai fungsional bahkan tanpa akses internet.

Namun demikian, keterbatasan ini juga menekankan pentingnya opsi penyimpanan sementara atau cache data pada perangkat. Dengan demikian, data yang terkumpul selama periode tanpa koneksi internet dapat disimpan sementara dan dikirimkan ketika koneksi wifi kembali tersedia.

Hasil pengujian konektivitas wifi ini penting bagi pengembangan lebih lanjut dalam meningkatkan efektivitas pemantauan jarak jauh. Penambahan mekanisme penyimpanan data sementara atau penggunaan alternatif jaringan, seperti data seluler, dapat menjadi aspek pengembangan yang perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan fleksibilitas dan ketergantungan perangkat dalam berbagai kondisi jaringan.

### 3.2.3 Pengujian database website

Tujuan pengujian database website yaitu untuk memastikan bahwa website yang dirancang untuk memantau dan menampilkan data detak jantung bekerja dengan baik dan memberikan informasi yang akurat kepada pengguna.

**Tabel 3.** Hasil Pengujian Database Website

| Nilai Pada Serial Monitoring (BPM) | Nilai Pada Website (BPM) | Hasil Pengiriman | Status Database |
|------------------------------------|--------------------------|------------------|-----------------|
| 64                                 | 64                       | Terkirim         | Tersimpan       |
| 69                                 | 69                       | Terkirim         | Tersimpan       |
| 63                                 | 63                       | Terkirim         | Tersimpan       |
| 61                                 | 61                       | Terkirim         | Tersimpan       |

### 3.3 Pembahasan

Sistem pendeteksi detak jantung berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor pulse merupakan inovasi dalam teknologi pemantauan kesehatan, yang dirancang untuk memudahkan pemantauan detak jantung secara real time. Sistem ini menggabungkan komponen elektronik canggih dan kemampuan transmisi data nirkabel melalui jaringan wifi, yang memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi kesehatan mereka dengan mudah dan efektif, tanpa batasan waktu dan lokasi. Dalam konteks pemantauan kesehatan jarak jauh, sistem ini menawarkan berbagai kelebihan, namun juga tidak lepas dari beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan dalam pengembangannya lebih lanjut.

Salah satu keunggulan utama sistem ini adalah kemampuannya untuk memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memantau detak jantung secara real time. Dengan memanfaatkan teknologi wifi dan platform web yang terintegrasi, data detak jantung yang diperoleh dari sensor pulse dapat dikirimkan secara langsung ke server dan ditampilkan pada antarmuka web. Hal ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi kesehatan mereka secara kontinu, tanpa perlu datang langsung ke fasilitas kesehatan. Keunggulan ini sangat bermanfaat bagi individu yang memerlukan pemantauan rutin, seperti pasien dengan kondisi medis tertentu yang perlu menjaga kestabilan detak jantung mereka, misalnya penderita penyakit jantung atau hipertensi.

Melalui platform web, data detak jantung tidak hanya ditampilkan dalam bentuk angka, tetapi juga dalam bentuk grafik yang memudahkan interpretasi. Grafik ini menunjukkan tren detak jantung dalam kurun waktu tertentu, sehingga pengguna dapat dengan mudah mengidentifikasi fluktuasi detak jantung yang mungkin membutuhkan perhatian medis lebih lanjut. Keterhubungan yang mudah antara alat pendeteksi detak jantung dengan berbagai perangkat, seperti smartphone atau laptop, juga menambah kenyamanan pengguna. Data yang telah dikumpulkan dan diproses oleh sistem dapat diakses kapan saja, memungkinkan pemantauan kondisi kesehatan secara lebih fleksibel dan tanpa gangguan.

Selain kemudahan akses, sistem ini juga dirancang dengan konsumsi daya yang efisien. ESP32, sebagai mikrokontroler utama, dikenal memiliki daya rendah, sehingga sistem ini lebih hemat energi dibandingkan dengan alat pemantau detak jantung lainnya yang mungkin membutuhkan sumber daya lebih besar. Efisiensi daya ini memberikan keuntungan tambahan karena memperpanjang masa penggunaan alat, mengurangi kebutuhan pengisian ulang baterai, dan meminimalkan dampak lingkungan. Penggunaan energi yang hemat juga mendukung prinsip keberlanjutan, yang menjadi perhatian utama dalam pengembangan teknologi saat ini. Dengan demikian, alat ini tidak hanya berguna untuk pemantauan kesehatan, tetapi juga ramah lingkungan, sejalan dengan tren penggunaan teknologi hijau.

Selain itu, sistem ini memiliki desain yang sederhana dan mudah digunakan, sehingga sangat fleksibel untuk diterapkan di berbagai situasi dan lokasi. Alat ini dapat digunakan di rumah, tempat kerja, atau bahkan di luar ruangan tanpa memerlukan pengaturan teknis yang rumit. Desain portabel dan kompak dari sistem ini juga memungkinkan pengguna untuk membawanya ke mana saja, sehingga pemantauan detak jantung dapat dilakukan di mana saja, kapan saja. Hal ini memberikan keuntungan bagi pengguna yang ingin memantau kondisi kesehatan mereka secara mandiri tanpa bergantung pada tenaga medis secara terus-menerus.

Meskipun sistem ini menawarkan berbagai kelebihan, terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperhatikan dalam pengembangan lebih lanjut. Salah satu kekurangan utama adalah ketergantungan pada sumber listrik untuk mengoperasikan alat. Sistem ini memerlukan pasokan energi listrik yang stabil untuk menjalankan mikrokontroler ESP32 dan sensor pulse. Ketergantungan pada pasokan listrik dapat menjadi kendala, terutama di daerah yang akses listriknya terbatas atau tidak stabil. Dalam situasi seperti ini, alat ini mungkin tidak dapat digunakan secara optimal, yang mengurangi efektivitas sistem dalam pemantauan detak jantung secara real time.

Selain itu, meskipun sistem ini sudah menunjukkan hasil yang baik dalam uji coba dan simulasi, alat ini masih dalam bentuk prototipe. Sebagai prototipe, sistem ini belum sepenuhnya dioptimalkan untuk implementasi dalam skala klinis atau untuk pengguna yang lebih luas. Keterbatasan ini menunjukkan bahwa meskipun alat ini memiliki potensi besar, perlu ada penelitian lebih lanjut dan pengembangan lebih lanjut untuk meningkatkan keandalan dan ketahanannya dalam kondisi operasional yang beragam. Pengujian lebih lanjut dalam berbagai skenario penggunaan, serta penyesuaian terhadap kebutuhan medis spesifik, akan menjadi langkah penting dalam pengembangan alat ini.

Di samping itu, meskipun alat ini sudah mampu mengirimkan data detak jantung ke platform web, masih terdapat ruang untuk meningkatkan kemampuan sistem dalam hal penyimpanan data dan integrasi dengan sistem pemantauan kesehatan lainnya. Misalnya, sistem ini masih terbatas dalam hal penyimpanan data jangka panjang dan analisis data yang lebih mendalam. Untuk meningkatkan kegunaannya dalam pemantauan kesehatan jarak jauh, sistem ini dapat dilengkapi dengan fitur-fitur tambahan, seperti penyimpanan riwayat detak jantung secara otomatis dan analisis berbasis kecerdasan buatan untuk mendeteksi anomali atau tren yang memerlukan perhatian medis. Pengembangan sistem ini juga dapat melibatkan integrasi dengan perangkat medis lain, seperti alat pengukur tekanan darah atau pengukur kadar oksigen, untuk memberikan gambaran kesehatan yang lebih menyeluruh.

Secara keseluruhan, sistem pendeteksi detak jantung berbasis mikrokontroler ESP32 dan sensor pulse ini menunjukkan hasil yang menjanjikan dalam bidang pemantauan kesehatan jarak jauh. Keunggulannya dalam hal kemudahan akses, efisiensi daya, dan fleksibilitas penggunaan menjadikannya solusi yang efisien dan efektif untuk pemantauan kesehatan secara real time. Sistem ini tidak hanya mempermudah pengguna dalam memantau kondisi kesehatan mereka, tetapi juga memberikan keuntungan besar bagi tenaga medis yang dapat mengakses data pasien dari jarak jauh, memungkinkan tim medis untuk memberikan perawatan yang lebih cepat dan lebih tepat.

Namun, untuk mewujudkan potensi penuh dari sistem ini, pengembangan lebih lanjut sangat diperlukan. Pengembangan tersebut mencakup perbaikan dalam hal ketahanan daya, pengoptimalan perangkat keras, serta pengembangan perangkat lunak untuk menyempurnakan antarmuka pengguna dan analisis data. Selain itu, pengujian lebih lanjut di berbagai kondisi operasional dan skala besar akan memberikan wawasan yang lebih mendalam mengenai kekuatan dan keterbatasan sistem ini.

Dalam jangka panjang, sistem ini memiliki potensi untuk menjadi alat bantu pemantauan kesehatan yang lebih luas, yang dapat diintegrasikan dengan sistem rumah sakit atau pusat kesehatan, memberikan data secara real time yang memungkinkan tenaga medis untuk memantau kondisi pasien secara lebih efisien. Dengan pengembangan dan peningkatan fitur yang lebih lanjut, alat ini berpotensi untuk membantu lebih banyak orang dalam menjaga kesehatan mereka secara mandiri dan efektif, sekaligus mengurangi ketergantungan pada kunjungan fisik ke fasilitas kesehatan.

Dengan demikian, meskipun masih terdapat beberapa kekurangan yang perlu diperbaiki, sistem pendeteksi detak jantung berbasis ESP32 dan sensor pulse ini sudah menunjukkan arah yang positif dalam pengembangan teknologi pemantauan kesehatan jarak jauh. Potensinya untuk membantu dalam pemantauan kesehatan jarak jauh, serta dampaknya dalam meningkatkan kualitas hidup pasien dengan kondisi medis tertentu, menjadikannya solusi yang sangat bermanfaat di masa depan.

## **4. KESIMPULAN**

Sistem pendeteksi detak jantung berbasis mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan website adalah sebuah inovasi yang memanfaatkan teknologi untuk mempermudah pemantauan kesehatan, khususnya dalam hal pemantauan detak jantung secara real time. Perancangan sistem ini melibatkan pemilihan komponen yang tepat, desain perangkat keras dan perangkat lunak yang terintegrasi, serta penerapan teknologi internet untuk mengirimkan data detak jantung ke server dan menampilkannya secara langsung di website. Mikrokontroler ESP32, sensor pulse, dan power supply adalah beberapa komponen utama yang digunakan dalam sistem ini untuk memastikan kinerjanya berjalan optimal. Mikrokontroler ESP32 dipilih sebagai inti dari sistem ini karena kemampuannya untuk menangani konektivitas wifi dengan baik dan dapat memproses sinyal dengan kecepatan yang dibutuhkan untuk aplikasi pemantauan detak jantung. Mikrokontroler ini juga memiliki kapasitas pemrograman yang fleksibel dan dapat dihubungkan dengan berbagai sensor serta perangkat lain, sehingga sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan komunikasi data nirkabel. ESP32 berfungsi sebagai penghubung antara sensor pulse yang mendeteksi detak jantung dengan server yang akan menyimpan dan menampilkan data tersebut.

Keunggulan lain dari ESP32 adalah kemampuannya untuk bekerja dengan berbagai perangkat sensor dan memiliki sumber daya yang efisien untuk mendukung operasi jangka panjang. Sensor pulse yang digunakan dalam sistem ini berfungsi untuk mendeteksi detak jantung dengan memanfaatkan prinsip Photoplethysmography (PPG), di mana sensor mengirimkan cahaya ke kulit dan mendeteksi perubahan volume darah yang terjadi akibat denyut jantung. Cahaya yang dipantulkan kembali dari kulit kemudian diubah menjadi sinyal listrik yang merepresentasikan perubahan volume darah, yang selanjutnya digunakan untuk menghitung detak jantung. Sensor ini memiliki keakuratan yang cukup baik dalam mendeteksi fluktuasi darah akibat detak jantung dan cukup sensitif terhadap perubahan yang terjadi. Power supply yang digunakan pada sistem ini bertanggung jawab untuk memastikan mikrokontroler dan sensor pulse mendapatkan daya yang cukup dan stabil selama operasional. Power supply yang digunakan harus memenuhi kebutuhan daya dari ESP32 dan sensor pulse, yang masing-masing memiliki spesifikasi daya yang berbeda. Desain perangkat keras dalam sistem pendeteksi detak jantung ini mengintegrasikan komponen-komponen yang telah disebutkan. Komponen utama, yakni sensor pulse dan ESP32, saling terhubung melalui pin input analog atau digital, tergantung pada jenis sensor yang digunakan. Mikrokontroler ESP32 akan membaca sinyal dari sensor pulse dan kemudian memproses data tersebut untuk menghitung beats per minute (BPM). Kemudian, mikrokontroler akan mengirimkan data detak jantung tersebut ke server website menggunakan koneksi wifi. Dalam hal ini, server berfungsi untuk menyimpan data yang diterima dan menyediakan endpoint bagi frontend website untuk mengambil data secara periodik. Desain perangkat lunak yang dibangun untuk sistem ini melibatkan pengembangan aplikasi yang menghubungkan mikrokontroler ESP32 dengan website. Pemrograman mikrokontroler dilakukan dengan menggunakan bahasa pemrograman seperti C++ atau Python, yang mendukung penggunaan ESP32. Mikrokontroler diprogram untuk membaca sinyal dari sensor pulse, mengonversinya menjadi data digital, menghitung BPM, dan mengirimkan data tersebut ke server menggunakan protokol komunikasi yang sesuai.

## REFERENCES

- [1] R. Pratama Hudhajanto, I. Hardian Mulyadi, and A. A. Sandi, "Wearable Sensor Device berbasis IoT berbentuk Face Shield untuk Memonitor Detak Jantung," 2022. [Online]. Available: <http://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JAIC>
- [2] R. Wulandari, "Prosiding SNFA (Seminar Nasional Fisika dan Aplikasinya) 2020 Rancang Bangun Pengukur Suhu Tubuh Berbasis Arduino Sebagai Alat Deteksi Awal Covid-19".
- [3] I. M. Ambary and W. K. Raharja, "Purwarupa Alat Pendeteksi Detak Jantung Berbasis Atmega328," J. Ilm. Teknol. dan Rekayasa, vol. 23, no. 1, pp. 38–47, 2018, doi: 10.35760/tr.2018.v23i1.2449.
- [4] A. Rahmad Timor and D. Kesuma, "Alat Pengukur Denyut Nadi Dengan Tampilan OLED Berbasis Arduino," Juni, vol. 2, no. 1, pp. 92–97, 2023.
- [5] Y. Ananda, "Perancangan Sistem Informasi Detak Jantung Berbasis Android Phone Menggunakan Media Bluetooth," J. Simetri Rekayasa, vol. 5035, pp. 170–174, 2021, [Online]. Available: <https://jurnal.harapan.ac.id/index.php/JSR>
- [6] dkk Ladjamuddin, "Rancang Bangun Aplikasi Pembelajaran Simulasi Tata Surya Menggunakan Augmented Reality Berbasis Android," INCOMTECH, vol. 10, 2021.
- [7] Resti Adiyanti, dkk. "Perancangan Sistem Informasi Indeks Penyakit Rawat Inap Menggunakan Microsoft Visual Studio". Jurnal Teknologi dan Manajemen Informatika," J. Teknol. dan Manaj. Inform., vol. 7, 2021.
- [8] Nur Aziz, dkk. "Analisa dan Perancangan Aplikasi Pembelajaran Bahasa Inggris Dasar Berbasis Android," IKRA- IKT Inform., vol. 4, 2020.
- [9] Aprilia, dkk. "Sistem Monitoring Real time Detak Jantung Dan Kadar Oksigen Dalam Darah Pada Manusia berbasis Iot (Internet Of Things)," J. Ilm. Foristek Jur. Tek. Elektro UNTAD, vol. 10, p. 96, 2020.
- [10] Risky Budi Ikhsani, dkk. "Monitoring Pengukur Detak Jantung Dan Suhu Tubuh Pada Pasien Berbasis Internet Of Things," J. Inform. dan Tek. Elektro Terap., vol. 10, 2022.
- [11] Eko Sakti Pramukantoro, dkk. "Implementasi Sensor Polar H10 Dan Raspberry Pi Dalam Pemantauan dan Klasifikasi Detak Jantung Beberapa Individu Secara Simultan Dengan Pendekatan Machine Learning," J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput., vol. 11, p. 175, 2024, [Online]. Available: 10.25126/jtiik.20241117716
- [12] M Fadhilur Rahman, dkk. "Deteksi Sampah pada Real-time Video Menggunakan Metode Faster R- CNN," Appl. Technol. Comput. Sci. J., vol. 3, p. 120, 2020.
- [13] Rasmila, dkk. "Simulasi Sistem Monitoring Kenaikan Level Air pada Area Rawan Banjir Secara Real Time berbasis Smartphone Android," J. Pengemb. Sist. Inf. dan Inform., vol. 5, p. 47, 2024.
- [14] Muliadi, dkk. "Pengembangan Tempat Sampah Pintar Menggunakan ESP32," J. Media Elektr., vol. 2, p. 22, 2020.
- [15] Muhammad Nizam, dkk. "Mikrokontroler Esp32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web," J. Mhs. Tek. Inform., vol. 6, p. 30, 2022.
- [16] Adilta Perangin – Angin, dkk. "Rancang Bangun Alat Memprediksi Covid 19 Pada Perkantoran Menggunakan Gy 90614 Dan Pulse Sensor Dengan Teknik Simplex Berbasis Arduino," J. Cybertech, vol. 4, p. 15, 2021.
- [17] Risky Budi Ikhsani, dkk. "Monitoring Pengukur Detak Jantung Dan Suhu Tubuh Pada Pasien Berbasis Internet Of Things," J. Inform. dan Tek. Elektro Terap., vol. 10, p. 22, 2022.
- [18] Kamal1, dkk "Implementasi Aplikasi Arduino Ide Pada Mata Kuliah Sistem Digital," J. Pendidik. Dan Teknol., vol. 1, p. 45, 2023.
- [19] Slamet Purwo Santoso, dkk. "Rancang Bangun Akses Pintu Dengan Sensor Suhu Dan Hand sanitizer Otomatis Berbasis Arduino," J. Elektro, vol. 10, p. 30, 2022.
- [20] Subastian Manurung, dkk. "Penggunaan Sistem Arduino Menggunakan RFID untuk Keamanan Kendaraan Bermotor," J. Penelit. Inov., vol. 1, p. 138, 2021, [Online]. Available: <https://doi.org/10.54082/jupin>