

TRIAVITAL: RANCANG BANGUN PERANGKAT PEMANTAUAN TANDA VITAL TERINTEGRASI BERBASIS EMBEDDED SYSTEM UNTUK MENDUKUNG EFISIENSI PROSES TRIAGE MEDIS

**TRIAVITAL: DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN INTEGRATED VITAL SIGNS
MONITORING DEVICE BASED ON EMBEDDED SYSTEM TO SUPPORT
MEDICAL TRIAGE EFFICIENCY**

**Dimas Aditya Putra Wardhana^{1*}, Bagus Hardiansyah², Fridy Mandita³, Ardi Januantoro⁴, Moh
Felix Danial Azka⁵, Bima Putra Purnawirawan⁶, Dwi Hendra Rosli⁷**

**E-mail: dimasapw@untag-sby.ac.id*

^{1,2,3,5} Teknik Robotika dan Kecerdasan Buatan, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas,
^{4,6,7} Sistem dan Teknologi Informasi, Fakultas Teknologi Elektro dan Informatika Cerdas,
Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Indonesia, 60118

Abstrak

Proses triage merupakan tahap awal yang sangat penting dalam pelayanan kesehatan, khususnya di instalasi gawat darurat, untuk menentukan tingkat prioritas penanganan pasien secara cepat dan tepat. Namun, proses pengukuran tanda vital pasien masih sering dilakukan secara terpisah menggunakan beberapa perangkat medis yang berbeda sehingga membutuhkan waktu lebih lama dan berpotensi menimbulkan ketidakefisienan dalam proses screening awal. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan Triavital, yaitu perangkat pemantauan tanda vital terintegrasi yang mampu mengukur beberapa parameter kesehatan secara simultan. Sistem yang dikembangkan memanfaatkan sensor MAX30102 untuk pengukuran SpO₂ dan detak jantung, sensor MLX90614-DCC untuk pengukuran suhu tubuh non-kontak, serta sensor MPX5050DP untuk pengukuran tekanan darah secara osilometrik. Ketiga sensor diintegrasikan menggunakan dua unit Arduino Nano sebagai modul akuisisi data, yang terhubung ke Raspberry Pi 5 sebagai unit pemrosesan utama melalui komunikasi Serial USB dan I²C. Hasil pengukuran ditampilkan secara real-time melalui antarmuka LCD touchscreen 7 inci untuk memudahkan tenaga medis dalam melakukan evaluasi kondisi awal pasien. Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa perangkat Triavital mampu melakukan pengukuran keempat parameter vital secara cepat dan terintegrasi dalam waktu kurang dari 60 detik per pasien, sehingga berpotensi meningkatkan efisiensi proses triage di fasilitas kesehatan. Dengan pendekatan sistem yang sederhana dan terstruktur, perangkat ini diharapkan dapat mendukung digitalisasi layanan kesehatan serta meningkatkan kecepatan dan akurasi proses screening pasien pada tahap awal pelayanan medis.

Kata kunci: *trriage medis, tanda vital, sistem embedded, monitoring kesehatan, multi-sensor.*

Abstract

The triage process is a critical initial stage in healthcare, particularly in emergency departments, for rapidly and accurately determining the priority level of patient treatment. However, patient vital sign measurements are still frequently performed separately using multiple distinct medical devices, requiring more time and potentially causing inefficiencies in the initial screening process. This study aims to design and develop Triavital, an integrated vital signs monitoring device capable of simultaneously measuring several health parameters. The developed system utilizes the MAX30102 sensor for SpO₂ and heart rate measurement, the

MLX90614-DCC sensor for non-contact body temperature measurement, and the MPX5050DP sensor for oscillometric blood pressure measurement. All three sensors are integrated using two Arduino Nano units as dedicated data acquisition modules, connected to a Raspberry Pi 5 as the central processing unit via Serial USB and I²C communication protocols. Measurement results are displayed in real-time through a 7-inch LCD touchscreen interface to facilitate medical personnel in conducting initial patient evaluations. Functional testing results indicate that the Triavital device is capable of measuring all four vital parameters rapidly and integrally within less than 60 seconds per patient, thereby potentially improving the efficiency of the triage process in healthcare facilities. With its structured and modular system approach, this device is expected to support the digitalization of healthcare services and enhance the speed and accuracy of patient screening at the initial stage of medical care.

Keywords: *medical triage, vital signs, embedded system, health monitoring, multi-sensor.*

1. PENDAHULUAN

Instalasi Gawat Darurat (IGD) merupakan gerbang utama pelayanan kesehatan bagi pasien dengan kondisi kritis yang membutuhkan penanganan segera. Salah satu komponen paling kritis dalam alur kerja IGD adalah proses triage, yaitu mekanisme penilaian dan pengelompokan pasien berdasarkan tingkat kegawatan kondisi klinis mereka [1]. Efektivitas proses triage secara langsung berdampak pada kecepatan penanganan dan tingkat keselamatan pasien. Keterlambatan dalam proses triage dapat mengakibatkan kondisi pasien memburuk secara signifikan, terutama pada kasus henti jantung, syok septik, atau trauma berat.

Parameter tanda vital yang umum diukur dalam proses triage meliputi saturasi oksigen dalam darah (SpO₂), detak jantung (heart rate), suhu tubuh, dan tekanan darah. Keempat parameter ini memberikan gambaran komprehensif mengenai kondisi hemodinamik dan fisiologis pasien [2]. Pada praktik klinis saat ini, pengukuran parameter-parameter tersebut masih sering dilakukan menggunakan perangkat terpisah seperti pulse oximeter, termometer, dan tensimeter konvensional. Kondisi ini tidak hanya memperlambat proses pemeriksaan, tetapi juga meningkatkan beban kerja tenaga medis dan risiko kesalahan pencatatan data.

Perkembangan teknologi embedded system telah membuka peluang untuk mengintegrasikan berbagai sensor biomedis dalam satu platform yang terstruktur [3]. Mikrokontroler Arduino Nano yang terjangkau dan fleksibel telah banyak digunakan sebagai modul akuisisi data sensor dalam berbagai penelitian perangkat medis sederhana [4]. Di sisi lain, Raspberry Pi 5 dengan kemampuan komputasi yang lebih tinggi menawarkan platform pemrosesan data dan antarmuka pengguna yang lebih kaya dibandingkan mikrokontroler biasa, sehingga kombinasi keduanya menjadi pilihan yang tepat untuk sistem monitoring medis berbasis embedded system [5].

Sensor MAX30102 telah terbukti efektif untuk pengukuran SpO₂ dan detak jantung melalui metode fotoplethysmografi (PPG) [6], sensor MLX90614-DCC dikenal andal untuk pengukuran suhu tubuh non-kontak berbasis inframerah [7], sementara sensor tekanan MPX5050DP dari NXP Semiconductors menawarkan akurasi yang memadai untuk aplikasi pengukuran tekanan darah osilometrik [8]. Namun, belum banyak penelitian yang mengintegrasikan ketiga jenis sensor ini dalam satu sistem terpadu berbasis arsitektur multi-mikrokontroler yang ditujukan khusus untuk mendukung proses triage medis.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini mengusulkan perancangan dan pengembangan perangkat Triavital dengan arsitektur multi-mikrokontroler: dua unit Arduino

Nano yang masing-masing bertugas sebagai modul akuisisi data sensor secara dedicated, dikombinasikan dengan Raspberry Pi 5 sebagai unit pemrosesan dan antarmuka utama melalui LCD touchscreen 7 inci. Validasi akurasi sensor Triavital dilaporkan secara terpisah dalam penelitian lanjutan [9].

2. METODOLOGI

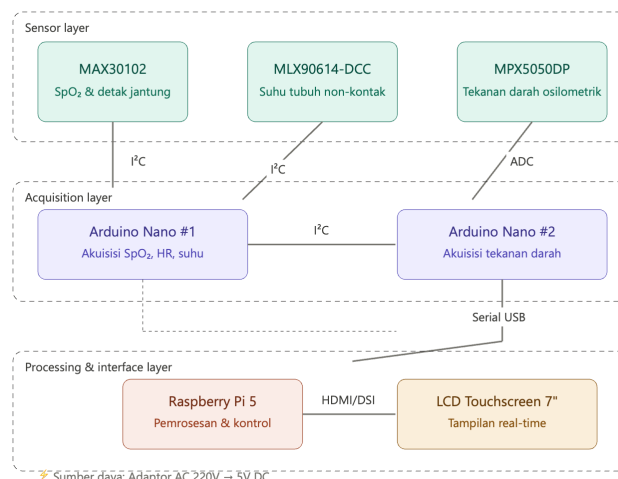
Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan prototipe iteratif. Tahapan penelitian meliputi: (1) analisis kebutuhan sistem, (2) perancangan arsitektur perangkat keras dan perangkat lunak, (3) implementasi dan integrasi komponen, serta (4) pengujian fungsional sistem.

2.1 Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan dilakukan melalui studi literatur dan observasi alur kerja triage di fasilitas kesehatan. Dari analisis tersebut ditetapkan kebutuhan fungsional perangkat Triavital: (a) mampu mengukur SpO₂ dan detak jantung menggunakan sensor MAX30102, (b) mampu mengukur suhu tubuh non-kontak menggunakan sensor MLX90614-DCC, (c) mampu mengukur tekanan darah secara osilometrik menggunakan sensor MPX5050DP, (d) mengintegrasikan seluruh data pengukuran pada unit pemrosesan tunggal (Raspberry Pi 5), (e) menampilkan hasil secara real-time pada LCD touchscreen 7 inci, dan (f) menyelesaikan satu siklus pengukuran lengkap dalam waktu kurang dari 60 detik.

2.2 Arsitektur Sistem

Sistem Triavital dirancang menggunakan arsitektur multi-mikrokontroler tiga lapisan. Lapisan pertama (sensor layer) terdiri dari tiga sensor biomedis: MAX30102 dan MLX90614-DCC yang terhubung ke Arduino Nano #1, serta MPX5050DP yang terhubung ke Arduino Nano #2. Lapisan kedua (acquisition layer) terdiri dari dua unit Arduino Nano yang bertugas secara dedicated: Arduino Nano #1 membaca data SpO₂, detak jantung, dan suhu tubuh, kemudian mengirimkan data tersebut ke Arduino Nano #2 melalui protokol I²C. Arduino Nano #2 mengintegrasikan data dari Arduino Nano #1 dengan data tekanan darah dari MPX5050DP, lalu mengirimkan seluruh data ke Raspberry Pi 5 melalui komunikasi Serial USB. Lapisan ketiga (processing and interface layer) adalah Raspberry Pi 5 yang menerima, memproses, dan menampilkan seluruh data tanda vital secara real-time pada LCD touchscreen 7 inci.



Gambar 1. Diagram blok arsitektur sistem Triavital

2.3 Spesifikasi Komponen

Komponen-komponen yang digunakan dalam perangkat Triavital beserta fungsi, peran dalam sistem, dan spesifikasi utamanya disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Komponen Perangkat Triavital

N o	Komponen	Fungsi	Peran dalam Sistem	Spesifikasi Utama
1	Raspberry Pi 5	Unit pemrosesan utama & antarmuka	Menerima data dari kedua Arduino via Serial USB, menampilkan ke LCD	Quad-core ARM Cortex-A76, 4/8GB RAM, USB 3.0, OS Linux
2	Arduino Nano #1	Akuisisi data SpO ₂ , HR, suhu	Membaca MAX30102 & MLX90614-DCC, kirim ke Arduino #2 via I ² C	ATmega328P, 16 MHz, 32KB Flash, antarmuka I ² C & Serial
3	Arduino Nano #2	Akuisisi data tekanan darah	Membaca MPX5050DP, kirim ke Raspberry Pi 5 via Serial USB	ATmega328P, 16 MHz, 32KB Flash, antarmuka ADC & Serial USB
4	Sensor MAX30102	Pengukuran SpO ₂ dan detak jantung	Terhubung ke Arduino Nano #1 via I ² C	Fotopletismografi (PPG), SpO ₂ 0–100%, HR 0–300 bpm, 3,3V
5	Sensor MLX90614-DCC	Pengukuran suhu tubuh non-kontak	Terhubung ke Arduino Nano #1 via I ² C	Inframerah, rentang -40 s.d. 125°C, akurasi ±0,5°C, I ² C
6	Sensor MPX5050DP	Pengukuran tekanan darah osilometrik	Terhubung ke Arduino Nano #2 via ADC	Piezoresistif, 0–50 kPa (0–375 mmHg), output analog 0–5V
7	LCD Touchscreen 7"	Antarmuka visual interaktif	Terhubung ke Raspberry Pi 5 (HDMI/DSI), tampil semua parameter	Resolusi 1024x600 piksel, kapasitif multi-touch, 7 inci
8	Adaptor AC	Sumber daya sistem	Menyuplai daya ke Raspberry Pi 5 dan kedua Arduino Nano	Input 220V AC, Output 5V DC, arus minimal 3A

2.4 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras Triavital mengikuti topologi arsitektur multi-mikrokontroler yang telah ditetapkan. Sensor MAX30102 ditempatkan pada bagian yang bersentuhan langsung dengan ujung jari pasien untuk akuisisi sinyal PPG. Sensor MLX90614-DCC dipasang pada sudut optimal dengan jarak 3–5 cm dari permukaan kulit untuk pengukuran suhu non-kontak. Kedua sensor ini dihubungkan ke Arduino Nano #1 melalui bus I²C pada pin SDA dan SCL.

Sensor MPX5050DP dihubungkan ke pin ADC pada Arduino Nano #2. Sensor ini merupakan sensor tekanan piezoresistif yang menghasilkan tegangan output analog proporsional terhadap tekanan yang dideteksi, sehingga dapat digunakan untuk metode pengukuran tekanan darah osilometrik melalui manset pneumatik. Arduino Nano #1 terhubung ke Arduino Nano #2

melalui I²C, di mana Arduino Nano #2 berperan sebagai I²C master. Selanjutnya, Arduino Nano #2 terhubung ke Raspberry Pi 5 melalui kabel Serial USB. Raspberry Pi 5 menampilkan data pada LCD touchscreen 7 inci yang terhubung melalui antarmuka HDMI atau DSI. Seluruh sistem disuplai oleh adaptor AC 5V/3A.

2.5 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak Triavital terdiri dari tiga bagian yang berjalan secara bersamaan. Firmware Arduino Nano #1 dikembangkan menggunakan Arduino IDE (C/C++) untuk membaca data dari sensor MAX30102 menggunakan algoritma deteksi puncak sinyal PPG dan dari sensor MLX90614-DCC melalui protokol I²C, kemudian mengirimkan data tersebut ke Arduino Nano #2 melalui I²C. Firmware Arduino Nano #2 membaca data tekanan dari MPX5050DP melalui ADC, menerima data dari Arduino Nano #1 melalui I²C, lalu mengintegrasikan dan mengirimkan seluruh data ke Raspberry Pi 5 melalui Serial USB. Aplikasi pada Raspberry Pi 5 dikembangkan menggunakan Python untuk menerima data serial, memproses data, dan menampilkan antarmuka visual real-time pada LCD touchscreen 7 inci.

Berikut adalah pseudocode alur kerja firmware dan aplikasi Triavital:

```
=== Arduino Nano #1 (Sensor SpO2, HR, Suhu) ===  
LOOP:  
  spo2, hr <- baca_MAX30102() via I2C (PPG peak detection)  
  suhu <- baca_MLX90614DCC() via I2C  
  kirim(spo2, hr, suhu) ke Arduino #2 via I2C slave  
  
=== Arduino Nano #2 (Sensor Tekanan Darah + Master I2C) ===  
LOOP:  
  tekanan_raw <- baca_MPX5050DP() via ADC  
  sistolik, diastolik <- proses_osilometrik(tekanan_raw)  
  {spo2, hr, suhu} <- terima dari Arduino #1 via I2C master  
  kirim(spo2, hr, suhu, sistolik, diastolik) ke RasPi5 via Serial USB  
  
=== Raspberry Pi 5 (Pemrosesan & Tampilan) ===  
LOOP:  
  data <- baca_serial_usb()  
  parse(spo2, hr, suhu, sistolik, diastolik)  
  tampilkan_LCD(semua_parameter, real_time)
```

2.6 Prosedur Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah pengujian fungsional untuk memverifikasi bahwa setiap komponen, jalur komunikasi, dan antarmuka perangkat Triavital berfungsi sesuai spesifikasi yang direncanakan. Pengujian dilakukan pada lima responden dewasa sehat dengan mengamati konsistensi pembacaan data di setiap node komunikasi (sensor → Arduino → Raspberry Pi → LCD). Tahap kedua adalah pengujian performa waktu, yaitu mengukur total waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus pengukuran lengkap (keempat parameter) dan membandingkannya dengan waktu pengukuran konvensional.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perancangan Prototipe



Gambar 2. Foto prototipe fisik Triavital

Perangkat Triavital berhasil diwujudkan sebagai prototipe fungsional dengan arsitektur multi-mikrokontroler yang terdiri dari dua unit Arduino Nano dan satu unit Raspberry Pi 5. Sensor MAX30102 dan MLX90614-DCC berhasil dihubungkan ke Arduino Nano #1 melalui bus I²C dengan alamat yang berbeda (MAX30102: 0x57, MLX90614-DCC: 0x5A) tanpa konflik. Sensor MPX5050DP berhasil dihubungkan ke pin ADC Arduino Nano #2 dan menghasilkan sinyal tegangan analog yang proporsional terhadap tekanan.

Komunikasi I²C antara Arduino Nano #1 (slave) dan Arduino Nano #2 (master) berjalan stabil dengan latensi pengiriman data kurang dari 10 ms. Transmisi data dari Arduino Nano #2 ke Raspberry Pi 5 melalui Serial USB berhasil dilakukan dengan baud rate 9600 bps secara konsisten. Raspberry Pi 5 berhasil menerima, mem-parsing, dan menampilkan seluruh data tanda vital secara real-time pada LCD touchscreen 7 inci dengan antarmuka yang jelas dan mudah dibaca.

3.2 Hasil Pengujian Fungsional

Pengujian fungsional dilakukan untuk memverifikasi kinerja setiap komponen dan jalur komunikasi dalam sistem. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Fungsional Perangkat Triavital

No	Parameter Uji	Hasil Pengukuran	Status	Keterangan
1	Pembacaan SpO ₂ (MAX30102 → Arduino #1)	95–99% (rentang normal dewasa)	Berhasil	Stabil, refresh < 1 detik
2	Pembacaan Detak Jantung (MAX30102 → Arduino #1)	68–88 bpm (rentang normal)	Berhasil	Responsif pada ujung jari
3	Pengukuran Suhu Tubuh (MLX90614-DCC → Arduino #1)	36,1–37,2°C	Berhasil	Non-kontak, jarak 3–5 cm
4	Komunikasi Arduino #1 → Arduino #2 (I ² C)	Data SpO ₂ , HR, suhu diterima	Berhasil	Latensi < 10 ms
5	Pengukuran Tekanan Darah (MPX5050DP → Arduino #2)	Sistolik 110–130 mmHg, Diastolik 70–85 mmHg	Berhasil	Metode osilometrik

6	Komunikasi Arduino #2 → Raspberry Pi 5 (Serial USB)	Semua data diterima lengkap	Berhasil	Baud rate 9600 bps, stabil
7	Tampilan LCD Touchscreen 7" (Raspberry Pi 5)	Semua parameter tampil real-time	Berhasil	Tampilan jelas, responsif
8	Waktu satu siklus pengukuran lengkap	< 60 detik per pasien	Berhasil	Efisien untuk proses triage

Berdasarkan Tabel 2, seluruh delapan parameter pengujian menunjukkan status berhasil. Sensor MAX30102 pada Arduino Nano #1 menghasilkan nilai SpO₂ dan detak jantung yang stabil dengan refresh rate di bawah 1 detik. Sensor MLX90614-DCC menunjukkan respons yang cepat dan konsisten untuk pengukuran suhu non-kontak pada jarak 3–5 cm. Jalur komunikasi I²C antara kedua Arduino berjalan dengan latensi yang sangat rendah (< 10 ms), memastikan sinkronisasi data antar modul akuisisi tidak menimbulkan penundaan yang berarti.

Sensor MPX5050DP pada Arduino Nano #2 berhasil menghasilkan data osilasi tekanan yang cukup untuk proses deteksi nilai sistolik dan diastolik. Total waktu siklus pengukuran kurang dari 60 detik dicapai, di mana proses pengukuran tekanan darah memerlukan waktu terlalu lama (sekitar 45 detik untuk satu siklus osilometrik penuh), sementara SpO₂, detak jantung, dan suhu tubuh masing-masing memerlukan waktu kurang dari 5 detik. Antarmuka LCD touchscreen 7 inci pada Raspberry Pi 5 berhasil menampilkan seluruh parameter secara real-time dengan tampilan yang informatif dan responsif.

3.3 Perbandingan Efisiensi dengan Metode Konvensional

Perbandingan antara sistem Triavital dengan metode pengukuran tanda vital konvensional menggunakan perangkat terpisah disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan Triavital dengan Metode Pengukuran Konvensional

Aspek Perbandingan	Konvensional (Perangkat Terpisah)	Triavital (Terintegrasi)
Jumlah perangkat	3–4 alat berbeda	1 sistem terintegrasi
Waktu pengukuran keseluruhan	3–5 menit	< 60 detik
Pencatatan hasil	Manual (tuliskan tangan)	Otomatis (tampil LCD)
Antarmuka pengguna	Layar kecil tiap alat	LCD touchscreen 7 inci terpusat
Pemrosesan data	Terpisah per alat	Terpusat di Raspberry Pi 5
Potensi kesalahan pencatatan	Tinggi (manual)	Rendah (digital terintegrasi)

Triavital menunjukkan keunggulan signifikan dalam efisiensi waktu pengukuran dan kemudahan penggunaan. Pengurangan waktu dari 3–5 menit menjadi kurang dari 60 detik berpotensi meningkatkan kapasitas pemeriksaan triage, terutama pada kondisi IGD yang padat. Penggunaan antarmuka LCD touchscreen 7 inci yang terpusat pada Raspberry Pi 5 memungkinkan semua parameter ditampilkan sekaligus dalam satu layar, menghilangkan kebutuhan untuk membaca hasil dari beberapa alat berbeda dan mengurangi potensi kesalahan pencatatan manual.

3.4 Diskusi dan Keterbatasan

Arsitektur multi-mikrokontroler yang diterapkan pada Triavital memberikan keuntungan berupa pembagian beban kerja yang jelas antar modul, sehingga setiap Arduino Nano dapat fokus pada tugas akuisisi sensor yang spesifik tanpa mengganggu kinerja modul lainnya. Penggunaan Raspberry Pi 5 sebagai unit pemrosesan pusat membuka peluang pengembangan lebih lanjut, termasuk penyimpanan data ke basis data lokal, transmisi data ke sistem rekam medis elektronik (RME) melalui jaringan, atau penerapan algoritma kecerdasan buatan untuk analisis kondisi pasien.

Keterbatasan utama sistem saat ini adalah ketergantungan pada sumber daya AC melalui adaptor, yang membatasi portabilitas perangkat untuk digunakan di luar ruangan atau dalam kondisi darurat tanpa akses listrik. Selain itu, akurasi sensor-sensor yang digunakan perlu divalidasi secara sistematis terhadap alat medis standar, yang dilaporkan secara terpisah pada penelitian lanjutan [9]. Pengembangan ke arah sistem berbasis baterai atau UPS dapat meningkatkan fleksibilitas penggunaan perangkat di berbagai skenario klinis.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengembangkan perangkat Triavital sebagai sistem pemantauan tanda vital terintegrasi berbasis arsitektur multi-mikrokontroler embedded system. Sistem mengintegrasikan sensor MAX30102 (SpO₂ dan detak jantung) dan MLX90614-DCC (suhu tubuh non-kontak) pada Arduino Nano #1, serta sensor MPX5050DP (tekanan darah osilometrik) pada Arduino Nano #2, dengan Raspberry Pi 5 sebagai unit pemrosesan pusat yang menampilkan data melalui LCD touchscreen 7 inci. Komunikasi antar modul menggunakan protokol I²C (antar Arduino) dan Serial USB (Arduino ke Raspberry Pi 5).

Hasil pengujian fungsional menunjukkan bahwa seluruh komponen dan jalur komunikasi sistem bekerja sesuai spesifikasi, dengan waktu pengukuran total kurang dari 60 detik per pasien. Dibandingkan dengan metode konvensional, Triavital mampu menyederhanakan proses pengukuran tanda vital dari penggunaan 3–4 perangkat terpisah menjadi satu sistem terintegrasi dengan antarmuka terpusat, berpotensi meningkatkan efisiensi dan akurasi proses triage medis.

Untuk pengembangan selanjutnya disarankan: (1) penambahan modul daya baterai atau UPS untuk meningkatkan portabilitas; (2) pengembangan antarmuka aplikasi yang lebih komprehensif pada Raspberry Pi 5 termasuk penyimpanan riwayat data pasien; (3) integrasi konektivitas jaringan untuk transmisi data ke sistem RME; serta (4) pengujian klinis dengan jumlah responden yang lebih besar dan bervariasi kondisi kesehatannya.

5. DAFTAR RUJUKAN

- [1] R. Farrohknia et al., "Emergency department triage scales and their components: a systematic review of the scientific evidence," *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, vol. 19, no. 1, p. 42, 2011.
- [2] T. Aiken dan S. Bhardwaj, "Vital signs monitoring in the emergency department: current practices and future directions," *Journal of Emergency Medicine*, vol. 58, no. 3, pp. 410–419, 2020.
- [3] S. Majumder, T. Mondal, dan M. J. Deen, "Wearable sensors for remote health monitoring," *Sensors*, vol. 17, no. 1, p. 130, 2017.

- [4] A. Pratama dan B. Santoso, "Rancang Bangun Alat Monitoring Tanda Vital Berbasis Arduino untuk Aplikasi Medis Sederhana," *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, vol. 22, no. 1, hal. 45–52, 2022.
- [5] M. Yohannes dan B. Tadesse, "Raspberry Pi-based multi-parameter patient monitoring system for remote healthcare," *IEEE Access*, vol. 9, pp. 78420–78431, 2021.
- [6] J. Allen, "Photoplethysmography and its application in clinical physiological measurement," *Physiological Measurement*, vol. 28, no. 3, pp. R1–R39, 2007.
- [7] D. Kurniawan et al., "Pengembangan Sistem Pengukuran Suhu Tubuh Non-Kontak Berbasis MLX90614 untuk Skrining Kesehatan," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 14, no. 3, hal. 88–95, 2023.
- [8] NXP Semiconductors, "MPX5050 Series: Integrated Silicon Pressure Sensor, Datasheet," NXP Semiconductors, 2022. [Online]. Available: <https://www.nxp.com/docs/en/data-sheet/MPX5050.pdf>.
- [9] A. Grossmann et al., "Accuracy requirements for vital sign measurements in clinical practice: a systematic review," *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, vol. 35, no. 2, pp. 289–301, 2021.
- [10] W. Hendarto dan A. Mubarak, "Sistem Monitoring Tanda Vital Pasien Berbasis IoT untuk Mendukung Layanan Telemedicine," *Jurnal Teknologi Kesehatan*, vol. 8, no. 2, hal. 112–120, 2022.