

SINKRONISASI DATA SISTEM MONITORING SKOLIOSIS IOT BERBASIS RESTFUL API LARAVEL MENGGUNAKAN METODE HTTP POLLING

Dominic Dinand Aristo^{1*}, Bagus Adhi Kusuma², Pungkas Subarkah³

^{1,2,3} Fakultas Ilmu Komputer ; Universitas Amikom Purwokerto, Jalan Letjend Pol. Soemarto No. 127, Watumas, Purwanegara, Kecamatan Purwokerto Utara, Kabupaten Banyumas, Jawa Tengah 53127

Keywords:

IoT, Laravel, HTTP Polling, RESTful API

Correspondent Email:

dinandaristo16@gmail.com

Abstrak. Skoliosis merupakan kelainan tulang belakang yang memerlukan deteksi dini secara akurat. Pengukuran manual menggunakan scolimeter konvensional sering kali terkendala dalam dokumentasi data yang terfragmentasi. Penelitian ini bertujuan untuk membangun infrastruktur sistem monitoring skoliosis yang mengintegrasikan perangkat keras IoT dengan platform berbasis web untuk sinkronisasi data hasil pengukuran secara otomatis. Metode: Sistem dikembangkan menggunakan arsitektur RESTful API dengan framework Laravel dan Inertia.js. Proses sinkronisasi data dilakukan melalui metode HTTP Polling dengan interval tiga detik untuk memastikan data dari sensor digital scolimeter terkirim ke database MySQL dan tersaji secara real-time pada antarmuka pengguna tanpa membebani performa server. Hasil pengujian menunjukkan bahwa infrastruktur sistem mampu melakukan sinkronisasi data dengan tingkat keberhasilan 100% dan rata-rata waktu latensi di bawah 1 detik pada jaringan lokal. Fitur automatic polling berhasil memperbarui informasi klinis pasien dan riwayat pengukuran sudut Atr Angle (ATR) secara konsisten. Kesimpulan: Integrasi teknologi IoT dan arsitektur web yang dibangun memberikan solusi efektif dalam digitalisasi data pemeriksaan skoliosis. Sistem ini mempermudah tenaga medis dalam memantau perkembangan pasien melalui manajemen data yang terpusat dan sinkron.



Copyright © 2026 The Author(s), Published by Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0).

Abstract. Scoliosis is a spinal deformity that requires accurate early detection. Manual measurement using conventional scolimeters is often hindered by fragmented data documentation. This research aims to build a scoliosis monitoring system infrastructure that integrates IoT hardware with a web-based platform for automatic data synchronization. Methods: The system was developed using a RESTful API architecture with Laravel and Inertia.js frameworks. The data synchronization process is carried out through the HTTP Polling method with a three-second interval to ensure data from the digital scolimeter sensor is sent to the MySQL database and presented in real-time on the user interface without overloading the server performance. Results: The test results show that the system infrastructure is capable of synchronizing data with a 100% success rate and an average latency time of under 1 second on the local network. The automatic polling feature successfully updates patient clinical information and Atr Angle (ATR) measurement history consistently. Conclusion: The integration of IoT technology and web architecture provides an effective solution in digitizing scoliosis examination data. This system assists medical personnel in monitoring patient progress through centralized and synchronous data management.

1. PENDAHULUAN

Skoliosis merupakan kelainan struktur tulang belakang yang ditandai dengan kelengkungan lateral secara abnormal pada bidang koronal. Jika tidak terdeteksi secara dini, kondisi ini dapat berkembang menjadi deformitas yang parah, menyebabkan gangguan fungsi kardiorespirasi, nyeri kronis, hingga penurunan kualitas hidup pasien secara signifikan. Metode standar yang umum digunakan dalam skrining awal skala besar adalah *Adams Forward Bend Test* dengan bantuan alat ukur manual bernama *scoliometer* untuk menentukan *Angle of Trunk Rotation* (ATR). Namun, penggunaan *scoliometer* konvensional di lapangan memiliki keterbatasan yang berpusat pada subjektivitas pembacaan sudut secara visual oleh operator (*inter-observer variability*) dan tidak adanya manajemen data yang terintegrasi. Pencatatan hasil skrining yang masih dilakukan secara manual pada rekam medis kertas memicu risiko tinggi terjadinya kesalahan input (*human error*) serta fragmentasi data, sehingga mempersulit klinisi dalam memantau perkembangan kurvatura pasien secara berkelanjutan (*longitudinal tracking*).

Beberapa penelitian terdahulu telah berupaya mendigitalisasi proses skrining skoliosis memanfaatkan perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) dan sensor pintar. Penggunaan sensor akselerometer dan giroskop telah dieksplorasi untuk mengukur tingkat kemiringan trunkus secara digital dengan akurasi yang lebih baik daripada alat manual. Selain itu, pemanfaatan aplikasi berbasis *smartphone* yang memanfaatkan sensor internal telepon genggam juga mulai dikembangkan untuk mendeteksi ATR. Meskipun perangkat keras dan sensor pendeteksi kelengkungan telah banyak diteliti, sebagian besar penelitian tersebut masih bersifat *stand-alone* atau hanya berfokus pada akurasi pembacaan sensor di sisi perangkat (*endpoint*).

Di sinilah letak kesenjangan penelitian (*gap analysis*) yang ada saat ini. Masih sangat sedikit penelitian yang secara komprehensif memecahkan masalah sinkronisasi data dari perangkat IoT ke dalam sebuah arsitektur web klinis yang andal, aman, dan siap pakai untuk manajemen data pasien. Sebagian besar sistem IoT medis yang ada belum mengintegrasikan

hasil pengukuran secara berkala ke sistem basis data terpusat yang memiliki performa tinggi di sisi *backend*. Akibatnya, potensi data digital yang dihasilkan oleh sensor IoT tetap terisolasi di perangkat lokal dan belum optimal dalam mendukung alur kerja klinis yang integratif, terutama dalam memetakan antrian pemeriksaan pasien dan otomatisasi label status klinis.

Untuk mengatasi kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan (*novelty*) berupa rancang bangun infrastruktur *backend* berbasis *framework* Laravel yang diintegrasikan secara khusus dengan perangkat IoT *scoliometer* digital melalui metode *HTTP Polling* sebagai jembatan komunikasi data RESTful API. Kebaruan penelitian ini terletak pada pemodelan arsitektur *backend* yang tidak hanya mampu melakukan *data ingestion* dari perangkat IoT secara otomatis tanpa intervensi manual tenaga medis, melainkan juga menyediakan manajemen antrian pemeriksaan (*measurement queue*), visualisasi grafik fluktuasi sudut ATR secara dinamis, serta optimalisasi latensi pengiriman data di bawah satu detik demi menjaga konsistensi data antara sensor dan antarmuka web.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah merancang, mengimplementasikan, dan menguji keandalan infrastruktur *backend* serta integrasi IoT pada sistem monitoring skoliosis berbasis web. Pertanyaan penelitian yang ingin dijawab adalah bagaimana performa arsitektur *backend* Laravel dengan metode *HTTP Polling* dalam menjaga presisi dokumentasi data pemeriksaan, efisiensi waktu respon (latensi), dan mengurangi risiko kesalahan input manual oleh tenaga medis. Melalui pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan landasan ilmiah dan teknis yang kuat bagi pengembangan alat bantu medis digital yang responsif, presisi, dan terintegrasi di masa depan.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Skoliosis dan Metode Skrining Konvensional

Skoliosis didefinisikan sebagai kelengkungan lateral tulang belakang sebesar 10° atau lebih yang diukur melalui metode Cobb Angle pada hasil rontgen. Dalam fase skrining awal, *Adams Forward Bend Test* merupakan standar emas non-invasif yang

digunakan secara luas. Selama tes ini, pasien membungkuk ke depan dan pemeriksa menggunakan scoliometer manual yang diletakkan di atas punggung pasien untuk mengukur Angle of Trunk Rotation (ATR).

Meskipun efektif, penelitian oleh [1] dan [2] menunjukkan bahwa scoliometer analog rentan terhadap inter-observer variability (perbedaan hasil antar pemeriksa) berkisar antara 5° hingga 8°. Selain itu, dokumentasi hasil ATR yang masih berbasis kertas sering kali menyebabkan hilangnya data atau kesulitan dalam melakukan analisis tren perkembangan penyakit secara jangka panjang (longitudinal analysis) [3]. Oleh karena itu, digitalisasi alat ukur dan sistem pencatatan menjadi kebutuhan krusial dalam manajemen klinis modern.

2.2. Penerapan IoT dan Sensor Akselerometer dalam Medis

Teknologi Internet of Things (IoT) dalam bidang kesehatan (Internet of Medical Things / IoMT) telah membuka peluang besar untuk pemantauan pasien secara objektif. Sensor Inertial Measurement Unit (IMU) yang menggabungkan akselerometer dan giroskop (seperti MPU6050 atau ADXL345) banyak diaplikasikan untuk mengukur orientasi dan sudut kemiringan anatomis tubuh dengan presisi tinggi.

Penelitian terdahulu oleh [4] berhasil memanfaatkan sensor akselerometer eksternal untuk mengukur kelengkungan tulang belakang dengan tingkat kesalahan kurang dari 0.5°. Namun, sistem yang dikembangkan oleh [4] dan [5] sebagian besar masih bersifat stand-alone, di mana data pengukuran hanya ditampilkan pada layar LCD lokal di perangkat atau dikirimkan terbatas via Bluetooth ke aplikasi smartphone milik pasien. Keterbatasan ini menyebabkan data hasil skrining tidak tersinkronisasi langsung ke sistem informasi rumah sakit atau klinik tempat dokter spesialis bekerja.

2.3. Arsitektur Backend dan RESTful API menggunakan Laravel

Backend merupakan komponen inti dari sistem informasi yang bertanggung jawab atas logika bisnis, pemrosesan data, keamanan, dan manajemen basis data. Dalam arsitektur

web modern, Representational State Transfer (REST) merupakan gaya arsitektur yang dominan digunakan untuk membangun API (Application Programming Interface) karena sifatnya yang stateless dan ringan.

Laravel, sebagai framework PHP berbasis MVC (Model-View-Controller), menawarkan berbagai fitur superior untuk pengembangan backend medis, termasuk sistem keamanan enkripsi data, Eloquent ORM untuk manajemen basis data yang efisien, serta fitur routing yang dioptimalkan untuk RESTful API. Menurut studi komparasi oleh [6], Laravel menunjukkan performa yang stabil dan aman dalam menangani request data dalam jumlah besar dibandingkan dengan framework tradisional. Dalam penelitian ini, Laravel digunakan untuk membangun fondasi arsitektur yang menerima data mentah dari IoT, memvalidasinya, dan menyimpannya ke dalam basis data relasional secara terstruktur.

2.4. Metode Sinkronisasi Data dengan HTTP Polling

Komunikasi data antara perangkat hardware IoT dan server backend memerlukan protokol yang andal. HTTP Polling adalah metode komunikasi di mana klien (dalam hal ini, perangkat skoliometer IoT atau antarmuka pengguna) secara berkala mengirimkan permintaan (request) HTTP ke server untuk memeriksa apakah ada data baru atau untuk mengirimkan data hasil pengukuran yang baru saja diambil.

Meskipun terdapat protokol lain seperti WebSockets atau MQTT yang bersifat bi-directional real-time, metode HTTP Polling (khususnya Short Polling atau Long Polling) dipilih dalam skenario tertentu karena kesederhanaan implementasinya pada mikrokontroler berspesifikasi rendah, konsumsi daya yang dapat diprediksi, serta kompatibilitas yang sangat tinggi dengan arsitektur web standar berbasis HTTP/HTTPS tanpa memerlukan resource server yang kompleks [7]. Penelitian ini menguji efektivitas metode ini dalam konteks transmisi data ATR dari sensor ke database klinis.

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan kombinasi metode rekayasa teknologi dan analisis eksperimental untuk menghasilkan serta menguji sistem monitoring skoliosis yang andal. Peta jalan pemecahan masalah dirancang secara terstruktur, mulai dari fase identifikasi kebutuhan klinis, perancangan arsitektur *backend* berbasis Laravel, hingga tahap implementasi integrasi perangkat keras *Internet of Things* (IoT). Untuk memastikan keandalan sistem yang dikembangkan, metodologi penelitian ini disusun berdasarkan kombinasi pendekatan kuantitatif guna mengukur metrik performa teknis, serta metode *Research and Development* (R&D) untuk memvalidasi efektivitas luaran sistem dalam alur kerja medis yang sesungguhnya.

3.1. Pendekatan dan Rancangan Penelitian

3.1.1. Pendekatan Kuantitatif

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yaitu metode yang berfokus pada pengumpulan data numerik yang dapat diukur secara objektif [8]. Dalam sistem monitoring ini, pendekatan kuantitatif diterapkan untuk:

- Akurasi Data: Mengukur presisi derajat kemiringan yang dihasilkan oleh sensor MPU6050 dibandingkan dengan alat ukur standar manual.
- Performa Sistem: Menganalisis parameter teknis seperti *latency* (kecepatan pengiriman data dari perangkat ke web) dan stabilitas koneksi jaringan dalam satuan waktu (detik/milidetik).
- Statistik Pengukuran: Mengolah data riwayat pasien untuk menentukan tren perkembangan kondisi skoliosis secara matematis.

3.1.2. Metode Research and Development

Jika Metode Research and Development (R&D) dipilih untuk menghasilkan produk teknologi tertentu dan menguji keefektifannya [9]. Penelitian ini tidak hanya berhenti pada prototipe, melainkan melalui siklus validasi medis menggunakan standar *Adams Forward Bend Test* untuk memastikan klasifikasi klinis (Normal, Observasi, Rujukan) yang dihasilkan oleh

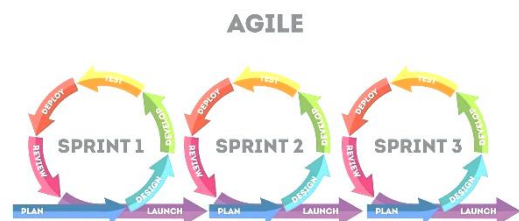
algoritma sistem memiliki tingkat akurasi yang dapat dipertanggungjawabkan.

- Penelitian (Research): Studi terhadap standar medis *Adams Forward Bend Test* untuk menentukan rentang nilai Normal, Observasi, dan Rujukan.
- Pengembangan (Development): Proses perakitan *hardware* (ESP32) dan pembangunan platform digital (Laravel & React).

Validasi: Pengujian produk di lingkungan terkontrol untuk memastikan bahwa sistem layak digunakan sebagai alat bantu skrining medis

3.1.3. Alur Pengembangan (Agile/Scrum)

Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan perangkat lunak model Agile / Scrum. Pemilihan Scrum didasari oleh kompleksitas integrasi IoT yang memerlukan fleksibilitas tinggi terhadap perubahan teknis [10]. Pengembangan dilakukan dalam siklus pendek yang disebut **Sprint**.



Gambar 1. Alur Pengembangan Scrum

Pada Gambar 1 terlihat tahapan dalam siklus metode Agile / Scrum yaitu :

- **Plan (Perencanaan)** : Tahap ini berfokus pada penentuan fitur prioritas berdasarkan *product backlog*. Dalam penelitian ini, perencanaan mencakup identifikasi kebutuhan sistem monitoring skoliosis, seperti target pengukuran sudut dan stabilitas koneksi antara perangkat IoT dan server. Tujuannya adalah memastikan setiap Sprint memiliki sasaran yang jelas, terukur, dan realistis.
- **Design (Perancangan)** : Tahap perancangan meliputi penyusunan arsitektur sistem, desain basis data MySQL, serta perancangan antarmuka berbasis React. Rancangan ini menjadi acuan utama agar alur integrasi data

sensor hingga tampilan web berjalan secara logis dan mudah dipahami oleh pengguna.

- **Develop (Pengembangan):** Pada tahap ini dilakukan implementasi sistem, meliputi pengembangan firmware ESP32 menggunakan C++ untuk pengolahan data sensor MPU6050, serta pembangunan backend menggunakan Laravel 11 untuk pengelolaan data dan API.
- **Test (Pengujian):** Pengujian difokuskan pada keakuratan dan konsistensi data, yaitu memastikan hasil pengukuran yang dikirim perangkat sesuai dengan yang ditampilkan pada web. Selain itu, dilakukan pengujian latensi untuk memastikan mekanisme HTTP Polling berjalan stabil tanpa membebani sistem..
- **Deploy :** Tahap deploy dilakukan dengan mengintegrasikan sistem ke lingkungan nyata atau simulasi, termasuk pengunggahan ke server dan implementasi perangkat pada pengguna. Tujuannya adalah memastikan seluruh komponen sistem dapat berjalan secara terintegrasi dan stabil.
- **Review :** Tahap ini merupakan evaluasi terhadap hasil pengembangan, termasuk performa sensor dan kemudahan penggunaan antarmuka. Hasil pengukuran juga ditinjau untuk memastikan kesesuaian dengan standar diagnosis skoliosis.
- **Launch :** Tahap akhir dalam satu siklus menghasilkan versi sistem yang stabil dan siap digunakan sebagai dasar pengembangan berikutnya. Tahap ini menandai pencapaian iterasi, bukan akhir dari proses pengembangan.

3.2. Teknik Pengumpulan Data

3.2.1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung oleh peneliti dari sumber pertamanya melalui observasi, wawancara, atau eksperimen tanpa melalui perantara [11].

Dalam penelitian ini, data primer diperoleh melalui prosedur eksperimen sistemik. Proses ini melibatkan pengujian transmisi data secara langsung dari perangkat IoT (ESP32) ke *server* melalui protokol HTTP

untuk menguji integritas dan akurasi data sudut ATR (*Atr Angle*) dalam kondisi operasional nyata.

3.2.2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara atau sumber-sumber yang telah ada sebelumnya, seperti dokumen, laporan, atau literatur [12]. Data ini berfungsi sebagai pendukung dan pembanding untuk memperkuat analisis data primer.

Data sekunder dalam penelitian ini dikumpulkan melalui studi pustaka (*library research*) mengenai standar medis Adams Forward Bend Test. Referensi ini digunakan sebagai landasan ilmiah untuk menentukan parameter ambang batas (*threshold*) klasifikasi hasil pengukuran yang meliputi kategori Normal, Observasi, dan Rujukan .

3.3. Definisi Operasional Variabel

Definisi operasional dalam penelitian ini disusun untuk memberikan batasan yang jelas, terukur, dan objektif terhadap variabel yang diteliti. Variabel merupakan elemen krusial yang berfungsi sebagai objek pengamatan sekaligus pembeda antar unsur dalam suatu populasi [13]. Berikut adalah parameter yang digunakan:

3.3.1. Sudut Kemiringan Batang Tubuh (Angle of Trunk Rotation – ATR)

Variabel ini merupakan data numerik kontinu yang diperoleh melalui pembacaan sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU) pada perangkat IoT. ATR merepresentasikan derajat kemiringan punggung pasien saat melakukan posisi *Adam's Forward Bend Test*. Satuan yang digunakan adalah derajat ($^{\circ}$), di mana hasil pengukuran ini menjadi dasar utama bagi sistem untuk melakukan klasifikasi otomatis tingkat keparahan skoliosis.

3.3.2. Latensi Sinrkonisasi

Latensi didefinisikan sebagai durasi waktu (dalam satuan milidetik atau detik) yang dibutuhkan untuk mentransmisikan data dari saat sensor berhasil melakukan pengiriman (*HTTP POST*) hingga data tersebut terutilisasi dan tampil pada dasbor *real-time* melalui mekanisme *HTTP Polling*. Variabel ini

digunakan untuk mengukur performa efisiensi komunikasi data antara *node* sensor dengan sistem *server*.

3.3.3. Integritas Data

Integritas data merujuk pada validitas dan konsistensi informasi selama proses perpindahan dari perangkat IoT ke basis data MySQL. Variabel ini diukur dengan membandingkan nilai variabel *angle* yang dikirimkan oleh ESP32 melalui paket JSON dengan nilai yang tersimpan secara permanen di server. Kesesuaian 1:1 antara kedua nilai tersebut menjadi indikator keberhasilan sinkronisasi tanpa adanya degradasi atau kehilangan data (*data loss*).

3.4. Teknik Analisis Data

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif untuk mengevaluasi performa sistem monitoring skoliosis berbasis IoT. Analisis dilakukan terhadap tiga parameter utama, yaitu akurasi pengukuran, latensi sistem, dan integritas data.

3.4.1. Analisis Akurasi Pengukuran

Akurasi sistem dievaluasi dengan membandingkan nilai sudut ATR yang dihasilkan sensor MPU6050 dengan alat ukur standar (manual). Tingkat kesalahan dihitung menggunakan rumus *Mean Absolute Error (MAE)*:

$$MAE = \frac{1}{n} \sum |X_{sensor} - X_{manual}|$$

Semakin kecil nilai MAE, maka semakin tinggi tingkat akurasi sistem.

3.4.2. Analisis Akurasi Pengukuran

Latensi diukur berdasarkan selisih waktu antara data dikirim dari perangkat ESP32 hingga ditampilkan pada antarmuka web. Nilai rata-rata latensi dihitung untuk mengetahui kestabilan sistem dalam kondisi real-time.

3.4.3. Analisis Akurasi Pengukuran

Integritas data dianalisis dengan membandingkan jumlah data yang berhasil dikirim oleh perangkat dengan data yang berhasil tersimpan di database. Persentase keberhasilan dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Persentase Keberhasilan} = \frac{\text{Data Berhasil}}{\text{Total Data Dikirim}} \times 100\%$$

Sistem dinyatakan andal apabila tingkat kehilangan data (*packet loss*) berada di bawah 5%.

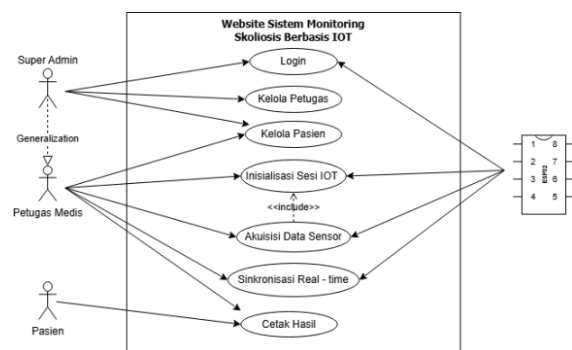
Parameter-parameter tersebut merupakan aspek penting dalam sistem monitoring kesehatan berbasis IoT karena berpengaruh langsung terhadap kualitas layanan dan pengambilan keputusan medis [14]. Selain itu, sistem monitoring kesehatan berbasis IoT juga harus mampu menangani data dalam jumlah besar secara real-time dengan tingkat keandalan tinggi agar dapat mendukung proses pemantauan pasien secara berkelanjutan [15].

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Desain Arsitektur Sistem

4.1.1. Use Case Diagram

Use Case Diagram digunakan untuk memodelkan fungsionalitas sistem dari sudut pandang pengguna dan mendefinisikan batasan antara sistem dengan lingkungan luar [16]. Melalui diagram ini, seluruh interaksi antara aktor manusia dan aktor sistem dapat dipetakan secara komprehensif guna memastikan kebutuhan fungsional terpenuhi sesuai dengan tujuan penelitian.



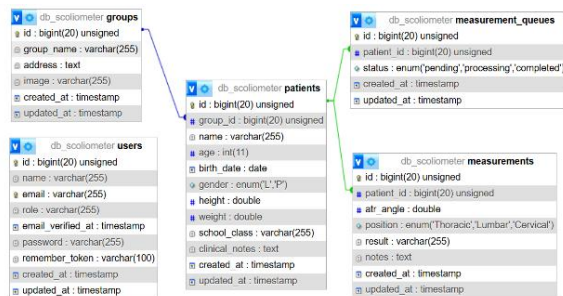
Gambar 2. Use Case Diagram

Pada gambar 2 di atas, terdapat empat aktor utama dengan hak akses yang berbeda. *Super Admin* memiliki kewenangan penuh, termasuk fitur "Kelola Petugas" untuk manajemen akun, sementara Petugas Medis fokus pada operasional klinis melalui "Kelola Pasien" dan "Inisialisasi Sesi IoT". Sistem IoT (ESP32) bertindak sebagai aktor sistem yang

menyuplai data sensor secara otomatis melalui relasi *include* pada proses akuisisi data, dan Pasien diposisikan sebagai aktor pasif yang menerima output berupa hasil cetak pemeriksaan

4.1.2. Desain Entity Relationship Diagram (ERD)

Entity Relationship Diagram (ERD) merupakan sebuah model konseptual yang digunakan untuk merancang struktur basis data relasional dengan mendefinisikan entitas serta hubungan antar entitas tersebut [17]. Dalam proyek ini, ERD dirancang untuk menjaga integritas data dan mencegah redundansi, terutama saat proses sinkronisasi data sensor berlangsung secara *real-time*.

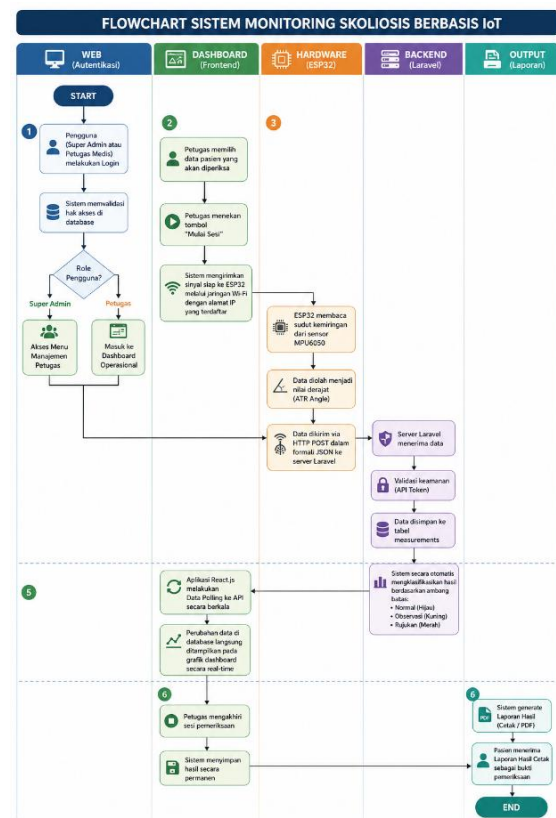


Gambar 3. Desain Entity Relationship Diagram

Berdasarkan gambar di atas, struktur basis data terdiri dari beberapa tabel inti yang saling berelasi. Tabel *users* menyimpan kredensial petugas berdasarkan *role*. Data hasil pengukuran tersimpan dalam tabel *measurements* yang mencatat nilai sudut ATR, posisi tulang belakang, dan catatan klinis. Hubungan ini memastikan bahwa setiap data pengukuran dapat dilacak kembali ke pasien dan petugas yang bertanggung jawab, guna menjamin validitas rekam medis digital.

4.1.3. Flowchart System

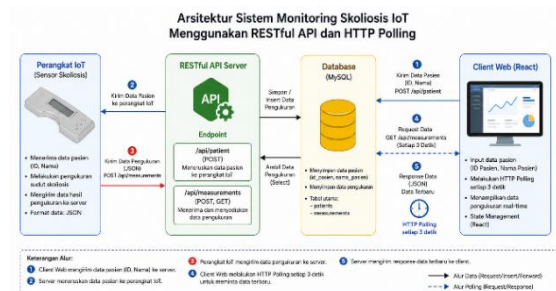
Flowchart atau bagan alir adalah representasi grafis dari langkah-langkah prosedural dalam suatu sistem yang menunjukkan urutan logika operasi dari awal hingga akhir [18]. Penggunaan *flowchart* dalam sistem ini bertujuan untuk menggambarkan bagaimana data mengalir dari perangkat IoT (ESP32) melalui jaringan hingga ditampilkan pada antarmuka web secara sinkron.



Gambar 4. Flowchart Sistem

Pada gambar di atas, alur kerja sistem dimulai dari proses autentikasi pengguna pada aplikasi web. Setelah petugas melakukan inisialisasi sesi, perangkat ESP32 akan mulai mengirimkan data sensor melalui protokol HTTP menuju server. Alur ini memperlihatkan mekanisme keputusan (*decision*) dalam validasi data serta siklus sinkronisasi *real-time* yang terus berjalan hingga petugas mengakhiri sesi pemeriksaan dan mencetak hasil akhir untuk pasien

4.1.4. *Prosedur Pelaksanaan dan Tahapan Pengembangan*



Gambar 5. Arsitektur Sistem

Tahapan pengembangan sistem dimulai dengan perancangan arsitektur berbasis

RESTful API sebagai gerbang utama dalam proses integrasi data antara perangkat IoT dan sistem server. Pendekatan ini dipilih karena REST API terbukti mampu mendukung komunikasi data secara real-time, aman, dan efisien pada sistem monitoring berbasis IoT [19].

Selanjutnya dilakukan konfigurasi *endpoint* /api/measurements yang berfungsi menerima data dalam format JSON dari perangkat IoT. Penggunaan format JSON dan mekanisme autentikasi pada REST API memungkinkan proses pertukaran data menjadi lebih terstruktur serta menjaga keamanan akses sistem [19].

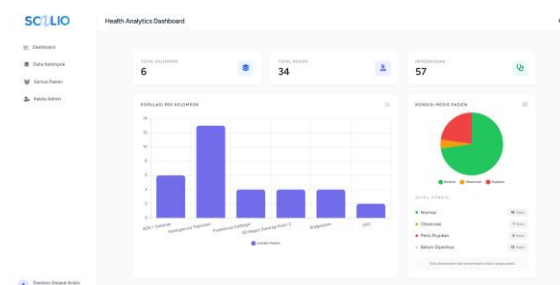
Pada sisi klien, diimplementasikan metode *HTTP Polling* dengan memanfaatkan *state management* pada framework React untuk melakukan pengambilan data secara berkala (setiap 3 detik). Pendekatan polling ini umum digunakan pada sistem telemonitoring IoT untuk memastikan ketersediaan data secara kontinu, terutama pada kondisi di mana komunikasi real-time berbasis push belum digunakan [20].

Dengan mekanisme ini, sinkronisasi data antara perangkat dan antarmuka web dapat berlangsung secara otomatis tanpa perlu melakukan *refresh* halaman, sehingga meningkatkan responsivitas sistem serta pengalaman pengguna dalam memantau data secara real-time.

4.2. Implementasi Antarmuka Pengguna

4.2.1. Tampilan Halaman Dashboard

Dashboard merupakan pusat informasi yang menyajikan visualisasi data secara real-time. Halaman ini memuat grafik fluktuasi sudut ATR yang ditarik langsung dari database melalui mekanisme polling.

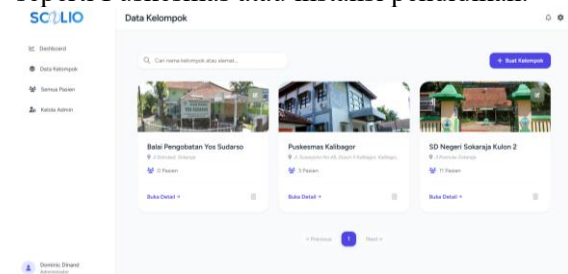


Gambar 6. Halaman Dashboard

Pada gambar di atas, terlihat komponen grafik dinamis yang diperbarui secara otomatis setiap 3 detik. Dashboard ini dirancang untuk memudahkan petugas medis dalam memantau tren kemiringan punggung pasien selama proses pemeriksaan berlangsung tanpa perlu melakukan interaksi manual pada browser.

4.2.2. Tampilan Halaman Manajemen Kelompok

Untuk efisiensi pemetaan data, sistem menyediakan fitur pengelompokan pasien berdasarkan instansi atau lokasi pemeriksaan, seperti Puskesmas atau instansi pendidikan.

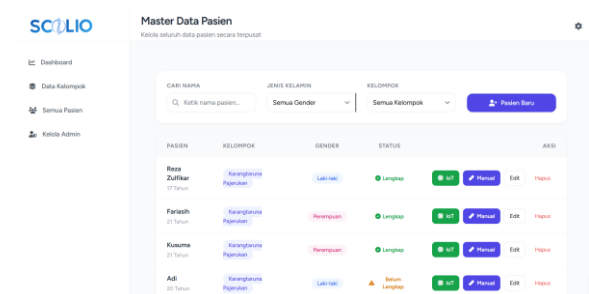


Gambar 7. Halaman Manajemen Kelompok

Fitur ini memungkinkan admin untuk mengorganisir data secara kolektif. Penjelasan pada gambar menunjukkan bagaimana entitas kelompok berelasi dengan data pasien, sehingga mempermudah proses audit medis dan pelaporan per wilayah kerja.

4.2.3. Tampilan Halaman Semua Pasien

Halaman ini menyajikan rekam medik digital seluruh pasien yang terdaftar dalam sistem, dilengkapi dengan fitur pencarian dan filtrasi yang responsif.



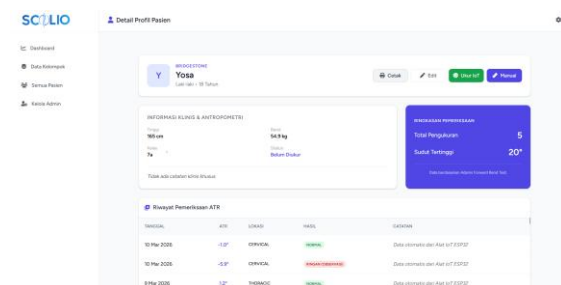
Gambar 8. Halaman Semua Pasien

Antarmuka di atas menggunakan state management untuk memastikan data yang ditampilkan selalu mutakhir. Petugas dapat

melihat status pemeriksaan terakhir setiap pasien secara cepat sebelum memulai sesi pengukuran baru

4.2.4. Tampilan Halaman Result Hasil Pengukuran

Halaman hasil menampilkan detail spesifik dari satu sesi pemeriksaan, termasuk nilai sudut puncak (peak angle) dan klasifikasi klinis otomatis.

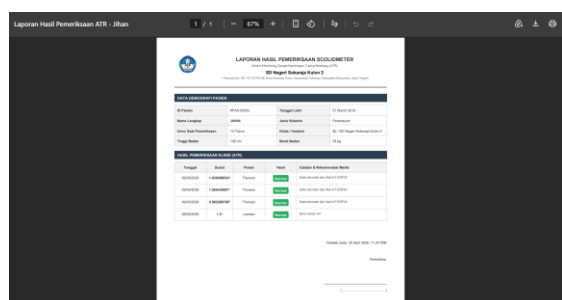


Gambar 9. Halaman Result Hasil Pengukuran

Berdasarkan gambar tersebut, sistem memberikan label status (Normal, Observasi, atau Rujukan) secara otomatis melalui algoritma di sisi backend yang membandingkan nilai sensor dengan standar medis Adams Forward Bend Test

4.2.5. Tampilan Cetak Hasil

Sistem menyediakan fungsi export data ke format PDF sebagai dokumen fisik rekam medis untuk diberikan kepada pasien.

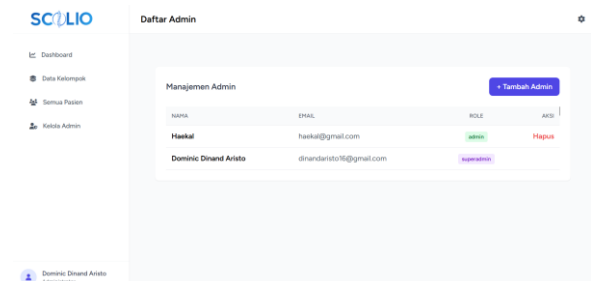


Gambar 10. Tampilan Cetak Hasil

Output PDF ini merepresentasikan integritas data sistem, di mana seluruh informasi mulai dari identitas pasien hingga grafik hasil pengukuran dikemas dalam format dokumen yang terstandarisasi dan siap cetak.

4.2.6. Tampilan Halaman Kelola Petugas

Halaman manajemen akun ini hanya dapat diakses oleh Super Admin untuk menjaga keamanan dan akuntabilitas sistem.



Gambar 11. Halaman Kelola Petugas

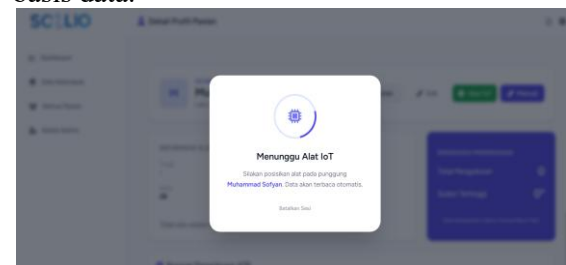
Gambar di atas menunjukkan modul CRUD (*Create, Read, Update, Delete*) untuk akun petugas. Hal ini menjamin bahwa akses ke data medis pasien yang sensitif hanya dapat dilakukan oleh personel yang memiliki otoritas resmi.

4.3. Bukti Integrasi Restful API

Integrasi antara antarmuka web dengan perangkat keras ESP32 dijumpai oleh endpoint API yang dibangun di atas arsitektur RESTful. Proses ini memastikan bahwa data pasien yang dipilih oleh petugas medis dapat disinkronkan secara tepat dengan hasil pengukuran sensor.

4.3.1. Inisialisasi Antrean Pengukuran

Pada Gambar 12, diperlihatkan modul di mana petugas medis memilih pasien tertentu (misal: Muhammad Sofyan) untuk dilakukan pengukuran sudut skoliosis. Saat tombol ukur ditekan, sistem memasukkan identitas pasien ke dalam tabel antrean (measurement_queue) di basis data.

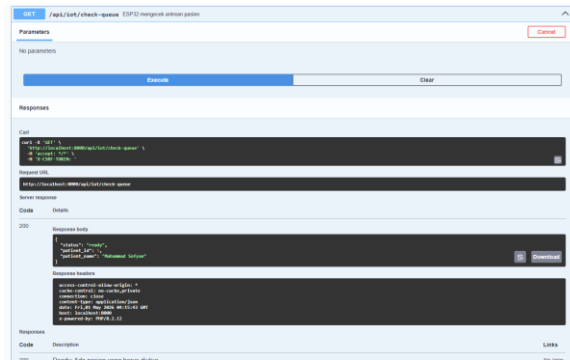


Gambar 12. Inisialisasi antrean pengukuran

4.3.2. Sinkronisasi Identitas (GET Request)

Perangkat ESP32 secara periodik melakukan permintaan ke endpoint `/api/iot/check-queue`. Seperti yang terlihat pada

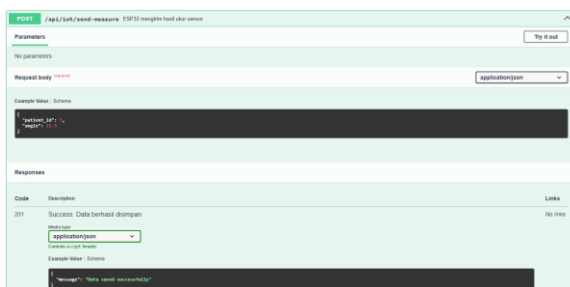
log Gambar 13, server memberikan respon JSON dengan status 200 OK yang berisi patient_id dan patient_name. Informasi ini digunakan oleh perangkat IoT untuk memastikan bahwa data yang akan dikirim nantinya melekat pada pasien yang benar.



Gambar 12. Tampilan GET Request Swagger

4.3.3. Transimisi Data Hasil Ukur (POST Request)

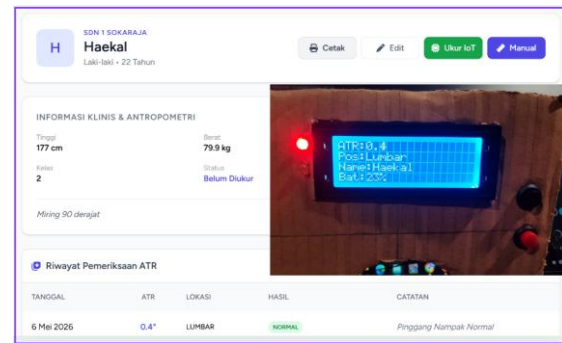
Setelah sensor melakukan pembacaan fisik, ESP32 mengirimkan paket data JSON melalui endpoint /api/iot/send-measure. Berdasarkan dokumentasi Swagger pada Gambar 14, pengujian dilakukan dengan mengirimkan objek data berupa patient_id: 5 dan angle: 15.5.



Gambar 13. Tampilan POST Request Swagger

Respon HTTP Status 201 Created dengan pesan "Data saved successfully" membuktikan bahwa server Laravel telah berhasil melakukan validasi skema data dan menyimpan hasil pengukuran ke dalam database MySQL secara presisi. Hal ini menjamin integritas data antara pembacaan alat di lapangan dengan informasi yang ditampilkan pada rekam medis digital pasien.

4.4. Hasil Pengujian Akurasi & Sinkronisasi



Gambar 14. Perbandingan Sudut yang Dikirim Oleh IOT dengan Antarmuka Web

Pada Gambar 15 terlihat bahwa perubahan nilai sudut yang dihasilkan oleh sensor langsung diperbarui pada tampilan web secara sinkron sesuai dengan interval polling yang telah ditentukan.

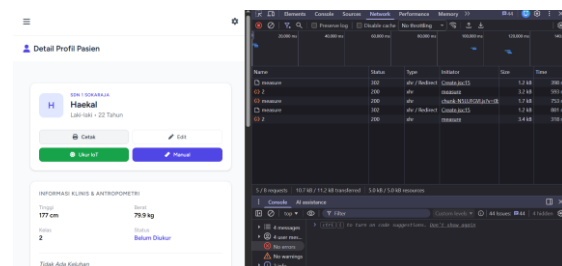
Pengujian dilakukan untuk memverifikasi konsistensi antara sudut fisik yang dibaca oleh sensor dengan angka yang muncul pada antarmuka web.

Tabel 1. Hasil Akurasi & Sinkronisasi Sudut

Sudut pada Web	Sudut Sensor	Selisih (°)
0.4	0.4	0
-1.6	-1.6	0
3.2	3.2	0

Berdasarkan Tabel 1 di atas, terlihat bahwa nilai sudut yang dikirimkan oleh perangkat IoT identik dengan nilai yang ditampilkan pada antarmuka web, dengan selisih sebesar 0°. Hal ini menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat konsistensi data yang sangat tinggi serta tidak mengalami distorsi selama proses transmisi.

4.5. Pengujian Latensi (Performance Analysis)



Gambar 15. Tampilan Pengujian Latensi Melalui Inspect Element di Tab Network

Sebagai inti dari sistem *real-time*, pengujian latensi dilakukan untuk mengukur kecepatan respon sistem menggunakan metode *HTTP Polling*.

Tabel 2 Hasil Pengujian Latensi

Nama Endpoint	Ukuran Data	Latensi (s)
POST /measure	1.2 kB	0.39 s
GET /check-queue	3.2 kB	0.59 s
POST /measure	1.7 kB	0.75 s
POST /measure	1.2 kB	0.88 s
GET /check-queue	3.4 kB	0.31 s
RATA RATA		0.58

Berdasarkan hasil uji pada tabel 2 dan gambar 16, rata-rata latensi yang dihasilkan berada pada angka 0.58 detik. Angka ini jauh di bawah ambang batas toleransi untuk kebutuhan klinis *real-time*. Penggunaan interval *polling* sebesar 3 detik terbukti efektif dalam memberikan keseimbangan optimal antara beban kerja server (*server load*) dan kecepatan pembaruan visual pada sisi pengguna (*client-side*). Hal ini memastikan petugas medis mendapatkan informasi diagnosa secara instan tanpa adanya jeda yang signifikan."

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan infrastruktur sistem monitoring skoliosis yang mengintegrasikan perangkat keras IoT dengan platform berbasis web melalui arsitektur RESTful API. Berdasarkan hasil pengujian, metode HTTP Polling dengan interval tiga detik terbukti efektif dalam menyinkronkan data sensor secara otomatis tanpa membebani performa server. Sistem menunjukkan tingkat konsistensi data yang sangat tinggi dengan tingkat keberhasilan sinkronisasi mencapai 100% dan rata-rata waktu latensi di bawah 1 detik pada jaringan lokal. Digitalisasi melalui fitur

automatic polling ini berhasil menghilangkan fragmentasi dokumentasi medis dengan cara memusatkan riwayat pengukuran sudut *Atr Angle* (ATR) ke dalam basis data MySQL secara real-time, sehingga memudahkan tenaga medis dalam memantau perkembangan klinis pasien secara akurat dan berkelanjutan.

Untuk pengembangan penelitian di masa mendatang, disarankan untuk melakukan pengujian sistem pada skala jaringan yang lebih luas (Cloud/Public Network) guna mengevaluasi performa latensi dalam kondisi trafik yang lebih padat. Selain itu, pengembangan antarmuka dapat ditingkatkan dengan menambahkan fitur notifikasi otomatis bagi tenaga medis jika hasil pengukuran pasien menunjukkan kategori rujukan. Integrasi algoritma *machine learning* untuk memprediksi tren kelengkungan tulang belakang berdasarkan data historis juga dapat menjadi nilai tambah yang signifikan bagi efektivitas diagnosis dini skoliosis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Amikom Purwokerto atas fasilitas sarana dan prasarana yang telah disediakan selama penelitian ini berlangsung. Apresiasi dan penghormatan setinggi-tingginya penulis sampaikan kepada dosen pembimbing serta seluruh anggota Kelompok Riset yang telah memberikan bimbingan, arahan teknis, dan ruang diskusi yang produktif di Ruang Riset dalam mewujudkan integrasi sistem monitoring skoliosis ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. S. A. T. I. D. L. N. A. J. P. L. Sinduja Suresh, "Development and validation of a digital twin for the analog scoliometer," *medRxiv*, pp. 1-26, 2023.
- [2] S.-g. K. K. K. Geum-Dong Shin, "Reliability and Validity of Angle of Trunk Rotation Measurement Using Smartphone and 3D Printing Technology in Scoliosis," *JKPT The Journal of Korean Physical Therapy*, vol. 34, p. 283, 2022.
- [3] K. Sykorova, A. Mathew, N. Pavel, P. Gazerani, T. Saidi, M. B. Johnsen and J. U. Lystad, "Exploring Stakeholders' Perceptions

- of Using Digital Health Technologies to Improve the Conservative Treatment of Adolescent Idiopathic Scoliosis: Qualitative Study,” *JMIR Publications*, vol. 25, pp. 1-16, 2025.
- [4] S. B. ., B. ., A. a. A. K. Samira Fazeli Veisari, “Wearable Devices in Scoliosis Treatment: A Scoping Review of Innovations and Challenges,” *MDPI Bioengineering*, vol. 12, pp. 1-40, 2025.
- [5] S. F. A. S. W. W. T. M. W. A. M. M. S. & H. H. Yazeed Yasin Ghadi, “Integration of wearable technology and artificial intelligence in digital health for remote patient care,” *Journal of Cloud Computing*, vol. 14, pp. 1-25, 2025.
- [6] L. S. Wira Hadinata, “ANALISIS PERBANDINGAN PERFORMA RESTFUL API ANTARA EXPRESS.JS DENGAN LARAVEL FRAMEWORKDENGAN JMETER,” *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, vol. 12, pp. 531 - 540, 2024.
- [7] A. S. W. S. P. W. Akhmad Baidowi, “PENGEMBANGAN SISTEM SMART ID TAG BERBASIS INTERNET DAN DATABASE UNTUK MANAJEMEN IDENTITAS CALON PASIEN RAWAT INAP,” *JITET (Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan)*, vol. 14, pp. 1-8, 2026.
- [8] F. W. Y. Y. M. R. N. F. P. S. I. T. P. W. D. W. N. M. A. S. M. D. S. B. Y. T. Ibrahim Bin Sa'id, KONSEP PENELITIAN KUANTITATIF, Kota Padang, Sumatera Barat : CV. PUSTAKA INSPIRASI MINANG, 2024.
- [9] K. H. S. D. A. A. H. S. Agus Rustamana, “Penelitian dan Pengembangan (Research & Development) dalam Pendidikan,” *Jurnal Bima: Pusat Publikasi Ilmu Pendidikan bahasa dan Sastra*, p. 61, 2024.
- [10] A. K. D. A. Meynar Dwi Anggraeny, “Tingkat Kematangan Implementasi Scrum Menggunakan Scrum Maturity Model Pada Direktorat TSI,” *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, p. 248, 2024.
- [11] E. F. P. L. Radiko Arvyanda, “Analisis Perbedaan Bahasa dalam Komunikasi Antarmahasiswa,” *JURNAL HARMONI NUSA BANGSA*, pp. 67 - 70, 2023.
- [12] M. M. Undari Sulung, “MEMAHAMI SUMBER DATA PENELITIAN : PRIMER, SEKUNDER, DAN TERSIER,” *EDU RESEARCH : Jurnal Penelitian Pendidikan*, p. 113, 2024.
- [13] I. N. R. H. H. Nurul Melani Haifa, “Identifikasi Variabel Penelitian, Jenis Sumber Data dalam Penelitian Pendidikan,” *Dinamika Pembelajaran : Jurnal Pendidikan dan bahasa*, pp. 256 -270, 2025.
- [14] H. Alasmay, “ScalableDigitalHealth (SDH): An IoT-Based Scalable Framework,” *Sensors*, pp. 1-14, 2024.
- [15] O. C. ., M. M. H. M. M. R. G. M. S. A. A. M. A. A. Y. M. S. H. Md. Harun-Ar-Rashid, “IoT-Based Medical Image Monitoring System Using HL7 in a Hospital Database,” *Healthcare*, p. 139, 2023.
- [16] W. Aliman, “PERANCANGAN PERANGKAT LUNAK UNTUK MENGGAMBAR DIAGRAM BERBASIS ANDROID,” *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, p. 3094, 2021.
- [17] R. F. ., L. N. G. N. F. Syahidannur Mukminah Pulungan, “Analisis Teknik Entity-Relationship Diagram Dalam Perancangan Database,” *Jurnal Ekonomika Manajemen Dan Bisnis*, pp. 100 - 101, 2022.
- [18] P. C. S. T. Musarurwa David Chinofunga, “How can procedural flowcharts support the development of mathematics problem-solving skills?,” *Mathematics Education Research Journal*, p. 90, 2024.
- [19] G. A. M. M. I. S. Rizki Ananta Dwiyanto, “Performance analysis of REST API in a real-time IoT-based,” *International Journal of Reconfigurable and Embedded Systems (IJRES)*, pp. 766-784, 2025.
- [20] W. K. R. Abdul Hanif Al Baaits, “Perancangan dan Simulasi Proses Antrean Data Multisensor Untuk Sistem Telemonitoring Multikontrol Berbasis Internet of Things,” *Teknika: Journal Information and Communication Technology*, pp. 53 -61, 2022.