

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Gambaran Umum**

Jalur Non-Reguler merupakan skema kelulusan ekuivalen skripsi yang ditawarkan oleh Fakultas Ilmu Komputer Universitas Amikom Yogyakarta untuk mengakomodasi luaran karya teknis mahasiswa yang memiliki nilai implementatif dan profesional tinggi. Pada penyusunan laporan ini, saya menempuh jalur Profesional IT melalui skema Magang Tridharma (Penelitian). Pelaksanaan skema ini diwujudkan dalam bentuk riset kolaboratif interdisipliner antara Universitas Amikom Yogyakarta dan Universitas Muhammadiyah Yogyakarta (UMY). Secara spesifik, penelitian eksperimental ini bertempat di Laboratorium Struktur Teknik Sipil UMY di bawah supervisi Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. Kolaborasi lintas disiplin ini mengeksplorasi pengembangan sistem instrumentasi digital terotomatisasi untuk mengukur laju degradasi material struktur secara elektrokimia.

Dalam struktur organisasi riset kolaboratif tersebut, saya mengemban tanggung jawab sentral sebagai Lead Fullstack IoT Engineer. Proyek ini menempatkan saya sebagai praktisi rekayasa IT yang dituntut memberikan solusi komputasional nyata atas kebuntuan metodologi akuisisi data manual di ranah rekayasa sipil. Ruang lingkup pekerjaan ini mencakup empat pilar teknologi secara end-to-end (System Development Life Cycle). Pertama, pada ranah Hardware Engineering, saya merancang skematik sirkuit presisi tinggi yang memadukan mikrokontroler ESP32 Dual-Core [1] dengan modul Analog-to-Digital Converter (ADC) 16-bit eksternal ADS1115 untuk mengekstraksi fluktuasi sinyal mikro-volt [2]. Kedua, pada ranah Embedded Firmware, saya merancang logika state machine berarsitektur non-blocking untuk mengeksekusi metode Instant-Off serta membangun antarmuka lokal (OLED) dan mekanisme Self-Healing Network [3], [4]. Ketiga, pada ranah Cloud Architecture, saya mendesain struktur Distributed NoSQL JSON Tree pada Firebase untuk menangani aliran data berlatensi rendah [5]. Keempat, pada ranah Frontend, saya membangun Single Page Application

(SPA) React.js yang mengeksekusi komputasi kalkulasi elektrokimia secara on-the-fly di sisi klien [6], [7].

Melihat konteks makronya, degradasi struktur beton akibat reaksi elektrokimia korosi baja tulangan merupakan krisis infrastruktur global yang menuntut biaya rehabilitasi masif [1], [2]. Sebagai respons taktis, riset ini mengimplementasikan metode mutakhir Smart Patch Repair Cathodic Protection (SPRCP) yang secara teoretis menekan beda potensial anodik guna memperlambat laju oksidasi [8]. Namun, validasi metode SPRCP di laboratorium selalu terhambat oleh instrumen manual (seperti Half-Cell Potential Meter). Pengukuran manual sangat rentan terhadap kesalahan paralaks, inkonsistensi waktu, dan kegagalan kompensasi fluktuasi suhu lingkungan secara seketika [9], [10].

Batasan paling fatal dari instrumentasi manual adalah ketidakmampuannya mengeksekusi mekanisme pemutusan arus sesaat (Instant-Off) dalam orde milidetik, yang diwajibkan oleh standar internasional ASTM C876 [11], [12]. Tanpa presisi Instant-Off, data yang ditangkap hanyalah tegangan bias yang terdistorsi oleh hambatan resistansi ohmik bawaan beton (IR Drop), sehingga mencederai validitas analisis elektrokimia [3]. Selain itu, operasional instrumen digital rentan terhadap defisit daya sesaat (brownout / WiFi Zombie) yang menyebabkan sistem mati suri di tengah pengawasan 24 jam.

Mengintervensi celah kelemahan metodologis sipil dan kerentanan kelistrikan tersebut, saya merancang solusi komprehensif mengadopsi paradigma Cyber-Physical Systems (CPS) [13]. Infrastruktur sistem otomasi ini secara radikal mentransformasi proses pengukuran korosi dari pencatatan klerikal yang penuh galat menjadi sistem digital berkeandalan tinggi, menjamin integritas data (data integrity) sebagai tulang punggung hipotesis sains [14]. Keberhasilan operasional alat ini di Laboratorium UMY memvalidasi peranan esensial rekayasa Informatika dalam mendisrupsi dan meningkatkan tingkat kepresisian metodologi riset ilmu teknik sipil.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan pemaparan kompleksitas teknis dan celah metodologis di atas, permasalahan utama dalam penelitian ini berpusat pada kegagalan instrumen konvensional dan kerentanan sistem tertanam dasar dalam menyediakan data yang valid. Sebagai Lead Fullstack IoT Engineer, saya merumuskan tantangan rekayasa tersebut ke dalam tiga pertanyaan mendasar :

1. **Bagaimana merancang arsitektur perangkat keras berfidellitas tinggi (High-Fidelity Hardware) yang mampu memecahkan masalah distorsi IR Drop dan memfasilitasi kendall pengujian di area laboratorium yang basah?**

Pengukuran korosi menuntut penangkapan fase relaksasi tegangan tanpa bias resistansi ohmik (IR Drop). Rumusan ini menuntut investigasi pemanfaatan ADC eksternal 16-bit (ADS1115) [15] dan sirkuit multiplexer untuk membaca puluhan titik ukur benda uji. Selain itu, masalah fleksibilitas setup di area basah memunculkan tantangan untuk merancang Local UI (layar OLED dan navigasi tombol fisik) agar peneliti dapat menginisiasi parameter riset tanpa ketergantungan pada perangkat laptop.

2. **Bagaimana mengImplementasikan arsitektur firmware cerdas untuk mencegah sindrom WIFI Zomble dan menjamin stabilitas otonom (zero-downtime) selama operasional 24/7?**

Perangkat IoT rentan terhadap tumpukan memori penuh dan defisit tegangan transmisi yang menyebabkan sistem hang. Tantangan ini membedah penerapan desain kelistrikan penyaring noise (kapasitor ganda) [9] serta teknik pemrograman multitasking arsitektur Dual-Core ESP32 dengan logika non-blocking [16]. Lebih jauh, perumusan ini menguji efektivitas interupsi Watchdog Timer untuk mendeteksi anomali transmisi dan melakukan eksekusi hard reboot secara mandiri guna memulihkan koneksi tanpa merusak siklus data eksperimental.

### 3. Bagaimana mengoptimasi arsitektur data Distributed NoSQL dan memindahkan beban komputasi analitik ke sisi antarmuka klien (Client-Side Rendering)?

Manajemen ribuan baris log data time-series membutuhkan latensi rendah yang tidak dapat dipenuhi oleh sistem relasional kaku. Fokus ini mengevaluasi struktur hierarki 6 node JSON Tree pada Firebase [17]. Di sisi visualisasi, tantangannya adalah bagaimana platform Web Dashboard React.js dapat langsung menyerap data mentah dan mengeksekusi komputasi berat secara on-the-fly (seperti konversi standar CSE berbasis kompensasi suhu dengan rumus Nernst) di peramban pengguna [18], serta memfasilitasi birokrasi ekstraksi data melalui luaran fail spreadsheet seketika [19].

#### 1.3. Batasan Masalah

Batasan masalah dirumuskan untuk mendelineasi ruang lingkup pengembangan sistem, memastikan laporan non-reguler ini tetap terfokus pada kompetensi rekayasa Informatika. Untuk menghindari perluasan cakupan yang tidak relevan, ruang lingkup penelitian dibatasi pada parameter teknis berikut :

1. **Arsitektur Perangkat Keras (High-Fidelity Hardware):** Pengembangan dibatasi pada penggunaan mikrokontroler ESP32 DevKit V1 [20], modul ADC eksternal ADS1115 16-bit [15], sirkuit multiplexer untuk ekspansi kanal, dan jaringan filter daya kapasitor ganda [9]. Penulisan ini tidak mengkaji penggunaan ADC internal ESP32 maupun perbandingan dengan board mikrokontroler lain.
2. **Lingkungan Firmware dan Antarmuka Lokal:** Pengembangan perangkat lunak tertanam difokuskan pada penggunaan FreeRTOS untuk multitasking [21], logika non-blocking berbasis millis() [16], dan penyediaan antarmuka lokal (Local UI) menggunakan layar OLED 0.96 inci. Sistem otonom dibatasi pada penggunaan Watchdog Timer dan sinkronisasi NTP Server. Pengembangan aplikasi mobile native berada di luar cakupan riset ini.

3. **Infrastruktur Data dan Cloud:** Manajemen aliran informasi dibatasi pada ekosistem Firebase Realtime Database dengan struktur NoSQL JSON Tree [17]. Laporan ini mengeksklusi perbandingan performa dengan RDBMS seperti MySQL atau PostgreSQL.
4. **Platform Analitik dan Komputasi:** Perancangan platform analitik dibatasi pada Web Dashboard React.js berbasis Single Page Application (SPA) [5]. Komputasi dibatasi pada metode Client-Side Rendering (CSR) untuk kalkulasi rumus Nernst, densitas arus, dan ekspor data via SheetJS [18], [19].
5. **Delineasi Domain IT vs. Teknik Sipil:** Laporan ini murni mengevaluasi infrastruktur IT secara end-to-end. Laporan tidak melakukan analisis terkait ilmu material sipil seperti perancangan campuran beton (mix design), validasi kekuatan mekanik, maupun interpretasi kimiawi mendalam terhadap laju korosi [10], [22].

#### 1.4. Tujuan

Sejalan dengan rumusan masalah yang ditetapkan, pengembangan sistem pemantauan korosi berbasis arsitektur Cyber-Physical Systems (CPS) ini bertujuan untuk :

1. **Merancang arsitektur perangkat keras berfidelitas tinggi** yang mampu mengotomatisasi pemutusan arus Instant-Off guna mengeliminasi bias IR Drop secara presisi [11], sekaligus menyediakan antarmuka lokal (Local UI) berbasis OLED untuk mempermudah peneliti melakukan setup parameter riset langsung di lokasi pengujian.
2. **Mengembangkan logika firmware tertanam berbasis state machine** yang dilengkapi mekanisme Self-Healing Network guna menjamin stabilitas operasional ( zero-downtime) dan mencegah sindrom WiFi Zombie melalui algoritma interupsi Watchdog Timer selama operasional 24 jam penuh di laboratorium.

3. **Membangun infrastruktur sinkronisasi data terdistribusi dan platform Web Dashboard SPA** yang mampu mengeksekusi komputasi analitik di sisi klien untuk mentransformasi data mentah menjadi nilai standar internasional Copper-Copper Sulfate Electrode (CSE) secara instan, serta memvisualisasikan grafik time-series yang interaktif [6], [7].

