

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Lingkungan kerja di sektor industri berisiko tinggi, seperti manufaktur, pertambangan, dan konstruksi, rentan terhadap paparan bahaya fisik berupa kebisingan dan getaran mekanis yang berlebihan [1]. Paparan kebisingan yang berlangsung terus-menerus di atas Nilai Ambang Batas (NAB) 85 dB(A) berpotensi menimbulkan *Noise-Induced Hearing Loss (NIHL)* yang bersifat permanen dan tergolong sebagai penyakit akibat kerja (PAK) yang umum [2]. Di sisi lain, paparan getaran, khususnya yang ditransmisikan melalui alat kerja genggam, dapat memicu *Hand-Arm Vibration Syndrome (HAVS)* serta gangguan *musculoskeletal* [3]. Dampak kumulatif dari kedua faktor tersebut meliputi penurunan konsentrasi, peningkatan kelelahan, dan risiko kecelakaan kerja yang lebih tinggi [4]. Permasalahan ini semakin kompleks karena metode pemantauan yang masih bersifat manual dan sporadis tidak mampu menyediakan data *real-time* yang akurat dan berkelanjutan [5]. Akibatnya, proses evaluasi serta pengendalian risiko menjadi kurang optimal dan tidak responsif terhadap dinamika bahaya di lapangan [6].

Kebutuhan terhadap sistem pemantauan yang konsisten dan berkelanjutan didorong oleh tuntutan kepatuhan terhadap standar keselamatan kerja nasional dan internasional [7]. Nilai Ambang Batas (NAB) kebisingan sebesar 85 dB(A) untuk durasi kerja 8 jam telah ditetapkan dalam

regulasi ketenagakerjaan di Indonesia serta diperkuat oleh standar internasional mengenai evaluasi kebisingan dan getaran [8]. Penilaian paparan getaran mengacu pada seri ISO 2631, khususnya ISO 2631-1:1997 dan ISO 2631-5:2018, yang menyediakan metode evaluasi risiko kesehatan dan tingkat ketidaknyamanan, termasuk konsep *Health Guidance Caution Zone (HGCZ)* [9]. Selain itu, standar kebisingan seperti ISO 1996-1:2016 menjadi acuan penting dalam proses karakterisasi tingkat tekanan bunyi [10]. Oleh sebab itu, sistem monitoring yang dikembangkan harus mampu menyediakan data akurat dan *real-time* berupa parameter seperti *Equivalent Continuous Sound Pressure Level (LAeq)* dan *Vibration Dose Value (VDV)* guna mendukung analisis paparan jangka panjang secara terstruktur dan terstandarisasi [11].

Meskipun esensial, metode pemantauan lingkungan kerja secara konvensional masih memiliki keterbatasan signifikan dalam merespons dinamika risiko industri. Keterbatasan utama terletak pada ketidakmampuannya menyediakan data secara *real-time*, sehingga respons terhadap potensi bahaya sering mengalami keterlambatan [12]. Proses pengukuran yang dilakukan secara berkala dan berpindah lokasi mengurangi efisiensi waktu serta cakupan pengamatan [13]. Selain itu, metode manual tidak mendukung *data logging* dan penyimpanan histori yang berkelanjutan, sehingga menghambat analisis tren dan evaluasi risiko jangka panjang [4]. Sistem ini juga rentan terhadap *human error* akibat ketergantungan pada kehadiran serta subjektivitas operator [12]. Kondisi tersebut menyebabkan

area kerja yang luas atau terpencil sulit dipantau secara optimal dari jarak jauh, sehingga meningkatkan potensi kecelakaan kerja [14].

Untuk mengatasi keterbatasan pemantauan manual, integrasi teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan pendekatan yang lebih adaptif melalui pengiriman data sensor secara otomatis dan nirkabel ke server atau *cloud platform* [15]. Perangkat *IoT* yang didukung modul *Wi-Fi*, seperti ESP32, memungkinkan akuisisi dan transmisi data lingkungan secara *real-time* [16]. Data yang diterima selanjutnya diproses, disimpan, dan divisualisasikan melalui *dashboard* berbasis web, seperti ThingSpeak, Grafana, atau *custom web server* [15], dalam bentuk grafik dan tabel. Visualisasi ini memudahkan analisis tren, pemantauan histori data, serta pemicu *warning alerts* secara otomatis ketika nilai ambang batas, seperti kebisingan  $>85$  dB atau getaran  $\geq 0,5$  m/s<sup>2</sup>, terlampaui [15]. Oleh karena itu, pengembangan sistem *multi-sensor* terintegrasi menjadi krusial untuk memantau risiko kebisingan dan getaran secara simultan guna meningkatkan efektivitas respons K3 yang proaktif [17].

Implementasi sistem *web server* melalui integrasi *Application Programming Interface* (API) menjadi komponen fundamental dalam proses transmisi, pengelolaan, dan sinkronisasi data sensor berbasis *IoT* ke dalam basis data *real-time* berbasis *cloud* untuk mendukung pemantauan yang akurat dan berkelanjutan [18]. Namun demikian, arsitektur sistem *cloud-centric* menghadapi berbagai tantangan teknis, seperti *latency* transmisi data, stabilitas konektivitas jaringan, serta beban komputasi server dalam

menangani sinkronisasi data secara simultan dari berbagai *node IoT* [19]. Selain itu, integrasi mekanisme notifikasi otomatis menjadi aspek krusial sebagai sistem peringatan dini ketika parameter operasional melebihi ambang batas yang telah ditentukan [20]. Oleh karena itu, pengembangan sistem monitoring berbasis *web* yang responsif dan adaptif menjadi kebutuhan mendesak guna mendukung proses pengambilan keputusan secara proaktif dalam memitigasi potensi bahaya pada lingkungan kerja berisiko tinggi [21].

Pengembangan sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis *IoT* saat ini semakin mengarah pada pemanfaatan platform *cloud* yang terintegrasi dengan teknologi *real-time database*, seperti *Firebase* atau platform sejenis, guna memastikan proses pemrosesan dan penyajian data berlangsung secara responsif dan berkelanjutan [22], [23]. Mekanisme transmisi data secara *streaming* dari *node IoT* menuju *web dashboard* memungkinkan visualisasi parameter kebisingan dan getaran secara langsung, yang selanjutnya dipadukan dengan sistem notifikasi otomatis berbasis *web* ketika nilai parameter melebihi ambang batas yang telah ditentukan [24], [25]. Meskipun demikian, implementasi sistem monitoring *real-time* berbasis *cloud* masih menghadapi sejumlah tantangan teknis, di antaranya sinkronisasi data *real-time* antar *node*, ketergantungan pada stabilitas koneksi jaringan *internet*, serta potensi penurunan performa sistem ketika menangani volume data yang besar secara simultan [26], [27]. Oleh karena itu, optimalisasi arsitektur jaringan, manajemen beban server, serta perancangan sistem *web* yang efisien

menjadi aspek krusial untuk menjamin keandalan sistem monitoring secara berkelanjutan pada lingkungan kerja berisiko tinggi [21], [28].

Selain aspek teknis pada arsitektur *cloud-centric*, efektivitas sistem monitoring berbasis *web* turut ditentukan oleh kualitas perancangan sistem sebagai pusat kendali pemantauan [29]. *Web server* tidak hanya berperan sebagai penerima data melalui *API*, tetapi juga sebagai media integrasi, pengolahan, dan visualisasi data secara *real-time* guna mendukung proses pengambilan keputusan berbasis data [21], [30]. Tantangan yang dihadapi tidak terbatas pada stabilitas transmisi dan sinkronisasi data, melainkan juga pada bagaimana antarmuka pengguna yang dirancang berdasarkan prinsip *User Interface/User Experience* (UI/UX) mampu menyajikan informasi kebisingan dan getaran secara akurat, informatif, serta mudah dipahami [23], [31]. Desain *dashboard* dan mekanisme notifikasi yang kurang optimal berpotensi menurunkan efektivitas respons pengguna terhadap potensi bahaya yang terdeteksi [15]. Berdasarkan uraian tersebut, pengembangan sistem monitoring berbasis *web* perlu mempertimbangkan integrasi antara keandalan teknis sistem dan kualitas interaksi pengguna secara komprehensif guna memastikan keberfungsian sistem dalam mendukung evaluasi risiko secara berkelanjutan.

Berdasarkan permasalahan dan kajian literatur yang telah diuraikan, penelitian ini mengembangkan sistem monitoring *real-time* kebisingan dan getaran berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan Firebase *Realtime Database* dan website berbasis framework Laravel.

Sistem yang diberi nama **VNTrax** ini dirancang untuk memantau kondisi lingkungan kerja secara berkelanjutan, menyimpan data historis sensor, serta menyajikan analisis tren kebisingan dan getaran berdasarkan standar ISO 1996-1:2016, ISO 9612:2009, dan ISO 2631-1:1997. Dengan adanya sistem ini, diharapkan Staff QSHE di PT Barata Indonesia Tegal dapat melakukan evaluasi risiko kerja secara lebih efisien, akurat, dan responsif sebagai upaya pencegahan penyakit akibat kerja serta peningkatan keselamatan dan kesehatan di lingkungan kerja.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan penentuan dari latar belakang di atas, maka dapat diambil rumusan masalah yaitu:

1. Bagaimana merancang arsitektur sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis *IoT* yang mampu mengirimkan data secara *real-time* dari *node sensor* berbasis ESP32 ke server berbasis *web* melalui mekanisme *API*?
2. Bagaimana mengimplementasikan sistem pengolahan dan penyimpanan data *real-time* berbasis *cloud* yang mampu menjaga sinkronisasi, stabilitas transmisi, serta keandalan data kebisingan dan getaran?
3. Bagaimana merancang *dashboard* monitoring berbasis *web* yang mampu memvisualisasikan data kebisingan dan getaran secara informatif, responsif, dan mudah dipahami berdasarkan prinsip *UI/UX*?
4. Bagaimana mengembangkan mekanisme notifikasi otomatis berbasis *web* yang mampu memberikan peringatan dini ketika nilai kebisingan dan getaran melebihi ambang batas yang ditentukan?

### 1.3 Batasan Masalah

Untuk menjaga agar penelitian ini tetap fokus, relevan dengan tujuan, dan tidak menyimpang dari ruang lingkup yang telah ditentukan, maka ditetapkan batasan-batasan masalah sebagai berikut:

1. Sistem yang dikembangkan hanya berfokus pada monitoring kebisingan dan getaran, dengan menggunakan sensor GY-MAX4466 untuk kebisingan dan sensor MPU6050 untuk getaran sebagai data utama.
2. Pengiriman data dari perangkat ke sistem monitoring dilakukan menggunakan koneksi *Wi-Fi*, dan sistem hanya dirancang untuk digunakan dalam lingkungan area kerja secara umum, tanpa difokuskan pada jenis industri tertentu

### 1.4 Tujuan dan Manfaat

Sejalan dengan rumusan masalah yang telah dirumuskan, tujuan penelitian ini ditetapkan untuk menjawab permasalahan penelitian secara sistematis, yaitu sebagai berikut:

1. Merancang arsitektur sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis *IoT* yang mampu mengirimkan data secara *real-time* dari *node sensor* berbasis ESP32 ke server berbasis *web* melalui mekanisme *API*.
2. Mengimplementasikan sistem pengolahan dan penyimpanan data berbasis *cloud* yang mendukung sinkronisasi data secara *real-time*, menjaga stabilitas transmisi, serta menjamin keandalan data kebisingan dan getaran.

3. Mengembangkan *dashboard* monitoring berbasis *web* yang mampu memvisualisasikan data kebisingan dan getaran secara informatif responsif, dan mudah dipahami sesuai prinsip *UI/UX*.
4. Mengembangkan mekanisme notifikasi otomatis berbasis *web* sebagai sistem peringatan dini ketika nilai kebisingan dan getaran melebihi ambang batas yang telah di tentukan, guna mendukung evaluasi risiko kerja secara proaktif

Adapun Manfaat dari pembuatan “Pengembangan Sistem Monitoring *Real-Time* Kebisingan dan Getaran Berbasis *IoT* untuk Evaluasi Risiko Kerja”

1. Bagi Mahasiswa
  - a. Memperluas wawasan dan keterampilan dalam merancang serta mengembangkan sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis *IoT* menggunakan mikrokontroler ESP32.
  - b. Memberikan pengalaman praktis kepada mahasiswa dalam menerapkan konsep pemrograman mikrokontroler, pengolahan data kebisingan dan getaran, serta visualisasi data secara *real-time* pada platform berbasis *web*.
2. Bagi Universitas Harkat Negeri
  - a. Menjadi salah satu contoh penerapan ilmu dan teknologi di bidang *IoT* yang dapat dikembangkan lebih lanjut dalam kegiatan pembelajaran maupun penelitian selanjutnya.

- b. Memberikan kontribusi akademik dan inovatif bagi Universitas Harkat Negeri melalui pengembangan sistem monitoring berbasis *IoT* yang dapat menjadi referensi penelitian lanjutan, mendukung penguatan kurikulum berbasis teknologi, serta membuka peluang kolaborasi riset dan pengabdian kepada masyarakat maupun industri di bidang sistem monitoring kebisingan dan getaran.
- 3. Bagi Masyarakat/Industri
  - a. Memberikan solusi teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk melakukan pemantauan kebisingan dan getaran secara *real-time* di berbagai lingkungan.
  - b. Meningkatkan pemahaman masyarakat mengenai pentingnya pemantauan tingkat kebisingan dan getaran sebagai bagian dari upaya menjaga kenyamanan dan kualitas lingkungan.
  - c. Mendukung industri dalam memperoleh data kebisingan dan getaran yang terukur dan berkelanjutan, sehingga proses evaluasi kondisi lingkungan dapat dilakukan secara lebih objektif dan terarah.

## 1.5 Sistematika Penulisan Laporan

Laporan Tugas Akhir ini diuraikan dalam 6 (enam) bab mengenai isi dari laporan yang terdiri dari:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini memberikan gambaran umum mengenai isi laporan, yang mencakup lima sub-bab, yaitu: latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini membahas penelitian yang berkaitan dengan sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis IoT, serta menyajikan berbagai referensi atau kajian pustaka dan dasar teori yang mendasari analisis dan proses penyusunan tugas akhir ini.

## **BAB III RINCIAN KEGIATAN**

Bab ini menguraikan berbagai tahapan perencanaan penelitian, meliputi prosedur penelitian dengan metode *Waterfall*, metode pengumpulan data, serta waktu dan tempat pelaksanaan penelitian.

## **BAB IV ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM**

Bab ini membahas mengenai analisis dan perancangan sistem, mencakup analisa permasalahan, identifikasi kebutuhan sistem baik dari segi perangkat keras maupun perangkat lunak, serta proses perancangan sistem yang meliputi *use case diagram*, *activity diagram*, *sequence diagram*, *class diagram*, hingga perancangan desain *input* dan *output*.

## **BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi penjelasan mengenai hasil implementasi sistem yang telah dirancang serta pembahasan terhadap hasil pengujian sistem. Pada bab ini dijelaskan juga proses penerapan sistem dan hasil pengujian yang dilakukan dengan metode *Black Box Testing*.

## **BAB VI SIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini menyajikan rangkuman simpulan dari pembahasan pada bab-bab sebelumnya serta memberikan saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.