

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor industri berisiko tinggi seperti manufaktur, konstruksi, dan pertambangan tidak bisa lepas dari ancaman bahaya fisik, terutama paparan kebisingan dan getaran dan mekanis dari mesin-mesin berat [1]. Jika kebisingan ini terus-menerus melampaui Nilai Ambang Batas (NAB) 85 dB(A) dalam 8 jam kerja [2], dampaknya bukan hanya risiko *Noise-Induced Hearing Loss (NIHL)* [3], tapi juga memicu kelelahan, stress, hingga gangguan kesehatan non-auditori lainnya [4]. Selain suara, getaran pada alat kerja (*Hand-Arm Vibration/HAV*) juga sangat berbahaya karena bisa menyebabkan kerusakan saraf dan pembuluh darah permanen (*Hand-Arm Vibration Syndrome/HAVS*) [5]. Begitu pula dengan getaran pada lantai atau kursi (*Whole-Body Vibration*) yang sering menjadi penyebab utama nyeri punggung bawah (*Lower Back Pain/LBP*) dan gangguan tulang belakang pada pekerja [6], [7]. Melihat risiko yang fatal ini, kita butuh sistem pemantauan lingkungan kerja yang lebih responsif dan akurat agar keselamatan pekerja benar-benar terjamin [8].

Idealnya, evaluasi risiko ini harus mengikuti standar internasional seperti *ISO 1996-2:2017* untuk kebisingan dan *ISO 2631-1:1997* untuk getaran [9]. Standar ini penting agar data yang diambil valid dan bisa dibandingkan dengan ambang batas legal [10],[11]. Masalahnya, dilapangan,

penggunaan alat profesional seperti *Sound Level Meter (SLM)* atau *vibration analyzer* sangat terbatas karena harganya mahal dan butuh biaya kalibrasi rutin [12]. Akibatnya, banyak industri kecil dan menengah (UKM) yang mengabaikan pemantauan ini dan tanpa pemantauan yang kontinu dan *real-time*, risiko kesehatan pekerja sering kali baru terdeteksi setelah terjadi kerusakan fisik yang parah [13].

Selama ini, metode konvensional hanya bersifat *spot-check* pengukuran dilakukan di titik dan waktu tertentu saja dan alat yang digunakan memang akurat, tapi tidak dirancang untuk dipasang permanen atau memantau secara terus-menerus [14]. Pada area yang luas seperti Pelabuhan atau Pabrik besar, cara manual ini jelas tidak efektif dan pengawas tidak bisa mendapatkan gambaran risiko secara utuh selama 24 jam, sehingga tindakan pencegahan sering terlambat dilakukan [15]. Selain masalah teknis, kendala anggaran untuk pengadaan dan perawatan alat konvensional tetap jadi hambatan utama bagi perusahaan [16], [17].

Teknologi *IoT* hadir sebagai solusi untuk mengatasi keterbatasan tersebut dan dengan *IoT*, kita bisa membangun sistem yang bekerja secara otomatis, terus-menerus, dan bisa dipantau secara *real-time* [18]. Pendekatan ini memerlukan perancangan perangkat *multi-sensor* terintegrasi yang mampu merekam parameter kebisingan dan getaran secara simultan untuk mendukung evaluasi risiko yang lebih dinamis serta deteksi dini terhadap potensi bahaya [19]. Untuk membuat sistem yang terjangkau namun tetap handal, kita bisa menggunakan sensor suara *GY-MAX4466* dan modul

MPU6050 [20]. Dengan menggabungkan data dari kedua sensor ini (*data fusion*), evaluasi risiko kerja menjadi lebih komprehensif [23],[24]. Kita tidak lagi melihat kebisingan dan getaran sebagai parameter terpisah, melainkan sebagai satu kesatuan ancaman yang bisa dideteksi secara dini sebelum membahayakan pekerja [23].

Walaupun integrasi sistem *IoT low-cost* dan konsep *data fusion* menawarkan efisiensi dalam pengumpulan data, implementasinya dilapangan masih terbentur keterbatasan teknis perangkat keras [24]. Perangkat *IoT* umumnya memiliki kapasitas memori dan daya proses yang terbatas, serta sangat bergantung sumber energi yang tidak selalu tersedia di area industri [25]. Keterbatasan ini menjadi tantangan serius saat sistem harus mengolah data dari banyak sensor secara *real-time* dengan latensi serendah mungkin [26]. Belum lagi masalah stabilitas koneksi nirkabel lingkungan industri yang ekstrem, gangguan sinyal dapat menurunkan akurasi sistem dalam menangkap perubahan parameter kebisingan dan getaran secara mendadak [27], [28].

Di sisi lain, pemantauan berbasis ambang batas (*threshold-based monitoring*) menjadi bagian krusial dalam sistem keselamatan kerja sebagai alat perlindungan diri. Dengan merujuk pada standar paparan 85 dBA untuk 8 jam kerja, sistem ini berfungsi memitigasi risiko kesehatan jangka panjang seperti gangguan pendengaran (*NIHL*) dan masalah *kardiovaskular* [29]. Dalam operasional teknis yang berisiko tinggi, sistem pemantauan *real-time* yang menggunakan ambang batas memungkinkan pemicuan alarm

otomatis untuk memperingatkan pekerja saat intensitas getaran atau suara melampaui batas aman, sehingga tindakan korektif dapat segera diambil untuk mencegah kerusakan permanen [30]. Selain menjamin kepatuhan terhadap *Permissible Exposure Limits (PEL)*, transisi ke sistem digital berbasis *Industry 4.0* membuat identifikasi bahaya menjadi lebih proaktif, bukan sekadar evaluasi retrospektif yang dilakukan setelah kecelakaan terjadi [31], [32], [33].

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini merancang dan membangun sebuah sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis *IoT* menggunakan sensor *GY-MAX4466* dan *MPU6050* yang diintegrasikan dengan mikrokontroler *ESP32*. Sistem ini mampu mengukur parameter kebisingan dan getaran secara simultan dan kontinu, kemudian mengirimkan data secara nirkabel untuk divisualisasikan melalui dashboard berbasis website secara *real-time*. Dalam dashboard tersebut, data yang terukur ditampilkan beserta indikator status zona kebisingan dan getaran yang mengacu pada standar ISO, sehingga pengguna dapat langsung mengetahui apakah kondisi lingkungan kerja masih berada dalam batas aman atau telah memasuki zona yang membahayakan kesehatan pekerja. Sistem ini dirancang sebagai solusi pemantauan yang terjangkau, dan berkelanjutan untuk mendukung evaluasi Risiko kerja secara proaktif di lingkungan industri manufaktur, sekaligus menjadi Langkah nyata transisi menuju sistem keselamatan kerja berbasis *Industry 4.0*.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana merancang sistem *monitoring* kebisingan dan getaran yang memenuhi standar internasional *ISO 19966-2* dan *ISO 2631-1* agar data evaluasi risiko yang dihasilkan tetap valid?
2. Bagaimana proses integrasi sensor *GY-MAX4466* dan *MPU6050* pada mikrokontroler *ESP32* agar dapat bekerja secara sinkron sebagai satu kesatuan sistem?
3. Bagaimana mengoptimalkan kinerja sistem agar tetap stabil dan efisien di tengah keterbatasan sumber daya perangkat *IoT* saat diterapkan pada lingkungan industri?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan dalam penelitian ini tetap fokus dan tidak meluas, batasan masalah ditetapkan sebagai berikut:

1. Sistem *monitoring* yang dikembangkan hanya difokuskan pada pengukuran parameter kebisingan menggunakan sensor *GY-MAX4466* dan parameter getaran menggunakan sensor *MPU6050*.
2. Pengolahan data dan pengiriman melalui jaringan nirkabel dilakukan sepenuhnya menggunakan mikrokontroler *ESP32* dengan memanfaatkan konektivitas *Wi-Fi*.

3. Penyajian data hasil pemantauan secara *real-time* terbatas pada platform berbasis *website*.

1.4 Tujuan dan Manfaat

Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis *IoT* yang mampu memantau secara *real-time* dan berkelanjutan guna mendukung evaluasi risiko kerja di industri. Sistem ini mengintegrasikan sensor *GY-MAX4466* dan *MPU6050* dengan mikrokontroler *ESP32* sebagai unit pengolah data, sehingga menghasilkan solusi pemantauan yang efektif, aplikatif, dan berbiaya rendah (*low-cost*).

Adapun manfaat dari pembuatan “RANCANG BANGUN MONITORING KEBISINGAN DAN GETARAN BERBASIS IOT UNTUK EVALUASI RISIKO KERJA” adalah sebagai berikut :

1. Bagi Mahasiswa
 - a. Memperluas wawasan dan keterampilan dalam merancang dan mengembangkan sistem monitoring berbasis *IoT* menggunakan mikrokontroler.
 - b. Menerapkan pengetahuan mahasiswa selama kuliah tentang pemrograman mikrokontroler, akuisisi data sensor, dan visualisasi data real time.
2. Bagi Universitas Harkat Negeri
 - a. Menjadi salah satu wujud penerapan perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK) dalam penelitian mahasiswa.

- b. Memberikan kontribusi keilmuan di bidang sistem monitoring lingkungan kerja berbasis IoT untuk mendukung penerapan K3 secara lebih luas.
- 3. Bagi Masyarakat/Industri
 - a. Memberikan solusi praktis bagi perusahaan dan pekerja untuk memantau kebisingan dan getaran secara *real-time*, guna mendukung pencegahan risiko kerja.
 - b. Meningkatkan kesadaran pekerja industri akan pentingnya evaluasi kesehatan dan keselamatan kerja secara berkelanjutan.
 - c. Mendukung industri dalam menjaga kondisi lingkungan kerja yang aman melalui pemantauan kebisingan dan getaran secara *real-time*.

1.5 Sistematika Penulisan Laporan

Secara sistematis penulisan laporan memiliki tujuan untuk memahami urutan-urutan penelitian secara detail. Sistematika penulisan pada laporan ini Adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bagian ini menguraikan permasalahan utama terkait risiko kebisingan dan getaran di lingkungan kerja yang selama ini masih dipantau secara manual, sehingga mendasari urgensi dilakukannya penelitian ini. Selain itu, bab ini berisi batasan masalah, tujuan dan manfaat dan sistematika penulisan laporan penelitian

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi teori-teori yang mendukung penelitian, seperti konsep kebisingan dan getaran di lingkungan kerja, mikrokontroler ESP32, sensor suara GY-MAX4466, sensor getaran MPU6050, sistem *Internet of Things* (IoT), serta penelitian terdahulu yang relevan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini memaparkan tahapan perencanaan atau langkah-langkah dengan bantuan beberapa metode, teknik, alat yang digunakan seperti prosedur penelitian, metode pengumpulan data, serta waktu dan tempat pelaksanaan penelitian yang dilakukan.

BAB IV ANALISA DAN PERANCANGAN

Dalam bab ini dijelaskan tentang Analisis Permasalahan, Analisis kebutuhan hardware pada Rancang Bangun Monitoring Kebisingan dan Getaran Berbasis IoT Untuk Evaluasi Risiko Kerja.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini membahas tentang hasil yang diperoleh dari pengujian dan pembahasan dari penelitian yang diperoleh

BAB VI SIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini terdiri dari Kesimpulan terkait penelitian Rancang Bangun Monitoring Kebisingan dan Getaran Berbasis IoT Untuk Evaluasi Risiko Kerja dan saran yang bisa dijadikan pengembangan untuk penelitian selanjutnya.