

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Penelitian terdahulu yang relevan dengan sistem *monitoring* kebisingan dan getaran berbasis *IoT* dikaji untuk mengetahui pendekatan, teknologi, serta hasil yang telah dicapai. Kajian ini bertujuan mengidentifikasi keterbatasan penelitian sebelumnya sebagai dasar penelitian sebelumnya sebagai dasar penentuan celah penelitian dan penguatan kontribusi penelitian yang diusulkan. Ringkasan penelitian terkait disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Penelitian Terkait

Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Teknologi dan Sensor	Hasil Penelitian	Keterbatasan Penelitian Terdahulu
Ling-Jyh Chen et al. (2025) [34]	<i>Development and implementati on of EcoDecibel: A low-cost and IoT-based device for noise measurement</i>	Mikrokontr oler SAMD21, Raspberry Pi 3 B+, platform MQTT; Sensor MEMS Microphone (SPH0645).	Perangkat EcoDecibel terbukti memiliki korelasi tinggi ($R^2 = 0,983$) dengan alat ukur standar untuk pemantauan kebisingan berkelanjutan .	Sistem belum mendukung integrasi multi-sensor kebisingan dan getaran secara simultan untuk evaluasi risiko kerja.

Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Teknologi dan Sensor	Hasil Penelitian	Keterbasan Penelitian Terdahulu
M. Novan Zulkarna in et al. (2025) [35]	<i>SurvivorBox: Sistem Pemantauan dan Peringatan Pekerja Berbasis AIoT dengan Komunikasi LoRa untuk Mencegah Kecelakaan di Industri Pertambangan</i>	ESP32, LoRa, algoritma XGBoost; Sensor getaran SW-420 dan akselerometer MPU6050.	Implementasi AIoT mampu mengklasifikasi tingkat keparahan benturan dengan akurasi 92,5% dan latensi pengiriman data 1,2 detik.	Sistem belum secara eksplisit mengacu pada standar internasional kebisingan dan getaran (ISO 1996-2 dan ISO 2631-1).
Ali Iqbal et al. (2021) [36]	<i>Performance Evaluation of Low-Cost Vibration Sensors in Industrial IoT Applications</i>	Raspberry Pi 3A+, protokol I2C; Sensor MEMS ADXL355 (Akselerometer).	Penerapan pengolahan <i>multi-core</i> pada sistem akuisisi data berhasil meningkatkan <i>sampling rate</i> sebesar 159% untuk monitoring getaran presisi.	Monitoring masih terfokus pada parameter tunggal dan belum mendukung integrasi multi-sensor kebisingan secara simultan.

Peneliti dan Tahun	Judul Penelitian	Teknologi dan Sensor	Hasil Penelitian	Keterbasan Penelitian Terdahulu
Tran Ngoc Huy Thinh et al. (2023) [37]	<i>Transformer vibration and noise monitoring system using internet of things</i>	Arduino UNO, modul LoRa, LabVIEW; Sensor Piezoelectric Accelerometer dan sensor suara SKU DFR0034.	Sistem terintegrasi mampu mendeteksi anomali peralatan melalui pemantauan jarak jauh (1000m) menggunakan kombinasi sinyal suara dan getaran.	Penggunaan instrumen konvensional berbiaya tinggi dan platform LabVIEW membatasi aplikabilitas sistem sebagai solusi <i>low-cost</i> bagi industri menengah.
Tashfat Fatema et al. (2023) [38]	<i>IoT cloud based noise intensity monitoring system</i>	ESP8266 NodeMCU-12E, platform Arduino IoT Cloud; Sensor suara LM393.	Sistem berbasis <i>cloud</i> berhasil melakukan pemantauan intensitas kebisingan harian secara portabel dengan visualisasi data yang baik.	Sistem belum menerapkan pemantauan berbasis ambang batas (<i>threshold-based monitoring</i>) yang mendukung evaluasi risiko kerja dan deteksi dini bahaya K3.

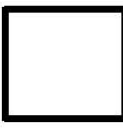
2.2 Landasan Teori

2.2.1 Flowchart

Diagram alir (*flowchart*) digunakan untuk merepresentasikan alur kerja sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis *IoT* dengan mikrokontroler *ESP32*, mulai dari akuisisi data sensor hingga transmisi data ke platform *IoT*. Rangkaian alur proses kerja sistem tersebut disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Flowchart

No.	Gambar	Simbol	Keterangan
1.		Proses/Langkah	Menyatakan Kegiatan yang akan ditampilkan dalam diagram alir.
2.		Titik Keputusan	Menunjukkan percabangan kondisi (Ya/Tidak) yang menentukan arah alur program selanjutnya berdasarkan logika tertentu.
3.		Masukkan/Keluaran Data	Digunakan mewakili data masuk atau keluar.
4.		Terminasi	Menunjukkan awalan atau akhiran sebuah proses.

No.	Gambar	Simbol	Keterangan
5.		Garis Aliran	Menunjukkan arah aliran proses.
6.		Kontrol/Inspeksi	Menunjukkan proses/langkah dimana ada inspeksi atau pengontrolan

2.2.2 Diagram Blok

Diagram blok adalah diagram yang menggambarkan proses dan fungsi setiap komponen dalam suatu sistem, di mana setiap komponen direpresentasikan sebagai blok persegi panjang yang dihubungkan tanda panah untuk menunjukkan arah aliran data. Diagram ini bertujuan menjelaskan alur sistem dari input, proses, hingga output, sehingga hubungan antar komponen lebih mudah dipahami.

2.2.3 ESP32

Mikrokontroler berbasis arsitektur Xtensa 32-bit dari Espressif yang banyak digunakan dalam pengembangan perangkat *IoT* Adalah ESP32. [39]. Keunggulan utama perangkat ini terletak pada dukungan prosessor dua inti serta kemampuan koneksi nirkabel berupa *Wi-Fi* dan *Bluetooth Low Energy (BLE)* yang telah terintegrasi secara langsung di dalamnya [40]. Dengan tegangan kerja 3,3V, ESP32 berfungsi sebagai unit pemroses pusat (MCU) yang mengumpulkan, memproses, dan meneruskan data ke *cloud* melalui jaringan Wi-Fi. [41]. Selain itu, ESP32 dilengkapi fitur *deep sleep* yang mampu meminimalkan konsumsi daya secara signifikan, sehingga cocok

digunakan untuk sistem pemantauan jangka panjang yang mengedepankan efisiensi energi. [42]. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 ESP32

2.2.4 Sensor Gyroscope MPU6050

Sensor MPU6050 adalah modul *IMU* berbasis teknologi *MEMS* yang menggabungkan *akselerometer* dan *gyroscope* tiga sumbu untuk mendeteksi gerakan serta orientasi objek secara presisi. [43] [44] [45]. Data output beresolusi 16-bit yang dihasilkan dikirimkan ke mikrokontroler melalui protokol komunikasi *I2C*. [46] [47]. Sebagaimana disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Sensor MPU6050

2.2.5 Sensor GY-MAX4466

Sensor GY-MAX4466 adalah modul mikrofon elektret yang menangkap gelombang suara dan mengonversinya menjadi sinyal elektrik [48]. Perangkat ini mendeteksi intensitas kebisingan di lingkungan sekitar, di mana sinyal suara yang ditangkap melewati tahap penguatan *pre-amplified* untuk meningkatkan sensitivitas dan akurasi pembacaan sinyal oleh mikrokontroler. [49]. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2. 3 Sensor GY-MAX4466

2.2.6 LCD

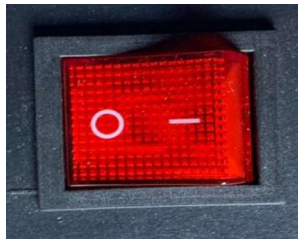
LCD adalah modul tampilan elektronik yang berfungsi menyajikan informasi visual berupa teks alfanumerik maupun grafik secara *real-time*. [50]. Dalam monitoring kebisingan dan getaran digunakan untuk menampilkan indikator status sensor. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 4 LCD

2.2.7 Saklar/Switch

Saklar adalah komponen elektronik untuk memutus atau menghubungkan arus listrik dalam suatu rangkaian. [51]. Saklar bekerja dengan menghubungkan arus listrik saat posisi *ON* dan memutusnya saat posisi *OFF*. Pada penelitian ini, saklar digunakan sebagai tombol daya utama untuk menyalakan dan mematikan sistem. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2. 5 Saklar/Switch

2.2.8 Buzzer

Buzzer adalah komponen elektronika yang mengubah sinyal listrik menjadi getaran suara sebagai alarm saat dialiri arus dari mikrokontroler. Pada penelitian ini, buzzer digunakan sebagai indikator peringatan yang aktif apabila pembacaan sensor melampaui *NAB* keselamatan kerja.



Gambar 2. 6 Buzzer

2.2.9 Charger 5V

Charger 5 Volt berfungsi sebagai sumber energi listrik untuk mengoperasikan seluruh komponen elektronik dalam sistem. Pada penelitian ini, *charger 5 Volt* dihubungkan ke *ESP32* melalui port *USB* sebagai sumber daya utama sistem, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2. 7 Charger 5 Volt

2.2.10 Arduino IDE

Arduino IDE adalah lingkungan pengembangan terintegrasi yang memfasilitasi penulisan dan eksekusi kode berbasis bahasa *C/C++* menggunakan pustaka *wiring* untuk mengoptimalkan operasi input/output mikrokontroler [52]. Aplikasi ini memfasilitasi proses penulisan, kompilasi, dan pengunggahan kode program ke papan *Arduino* maupun mikrokontroler kompatibel seperti *ESP32*. [53].

2.2.11 ISO 1996-2

ISO 1996-2 adalah standar internasional yang mengatur metode pengukuran tingkat kebisingan lingkungan menggunakan parameter *Equivalent Continuous Sound Level (LAeq)*, yaitu nilai rata-rata energi

kebisingan dalam rentang waktu tertentu. Nilai L_{Aeq} ini menjadi acuan penentuan zona kenyamanan kebisingan pada Tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Klasifikasi Zona Kenyamanan

No.	L_{Aeq} (dB)	Zona Kenyamanan
1.	≤ 55	Nyaman
2.	56 – 70	Sedikit Nyaman
3.	71 – 80	Tidak Nyaman
4.	81 – 90	Sangat Tidak Nyaman
5.	> 90	Bahaya

(Sumber : ISO 1996-2:2017)

2.2.12 ISO 2631-1

ISO 2631-1 adalah standar internasional untuk evaluasi paparan getaran mekanis terhadap tubuh manusia menggunakan parameter akselerasi RMS (m/s^2), yang menjadi acuan penentuan zona kenyamanan getaran pada Tabel 4.8.

Tabel 2. 4 Klasifikasi Zona Kenyamanan

No.	Akselerasi RMS (m/s^2)	Zona Kenyamanan
1.	≤ 0.315	Nyaman
2.	0.5 – 0.8	Agak Tidak Nyaman
3.	0.8 – 1.6	Tidak Nyaman
4.	1.6 – 2.5	Sangat Tidak Nyaman
5.	> 2.5	Amat Sangat Tidak Nyaman

(Sumber : ISO 2631-1:1997)