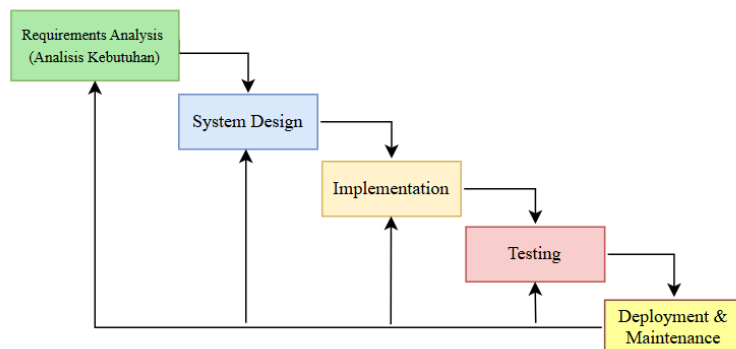


BAB III

RINCIAN KEGIATAN

3.1 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini, metode pengembangan perangkat lunak yang digunakan adalah Software Development Life Cycle (SDLC) dengan model Waterfall. Model ini dipilih karena memiliki tahapan yang sistematis, terstruktur, dan dilakukan secara berurutan, sehingga sesuai untuk pengembangan sistem dashboard monitoring yang memerlukan definisi kebutuhan yang jelas sejak tahap awal. Melalui pendekatan ini, proses pengembangan sistem dilaksanakan secara bertahap mulai dari analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, pengujian, hingga tahap deployment dan maintenance, di mana setiap tahapan menjadi dasar bagi tahapan selanjutnya untuk memastikan hasil yang optimal dan terkontrol. Adapun alur tahapan mode waterfall yang digunakan dalam penelitian ini disajikan pada Gambar 3.1



Gambar 3. 1 Alur Metode Penelitian

3.1.1 *Requirements Gathering and Analysis (Analisis Kebutuhan)*

Tahap ini berfokus pada proses identifikasi kebutuhan sistem secara menyeluruh, baik kebutuhan fungsional maupun non-fungsional. Pada tahap ini dikumpulkan kebutuhan terkait mekanisme penerimaan data sensor dari ESP32 melalui *API*, kebutuhan struktur *database* untuk penyimpanan histori kebisingan dan getaran, serta kebutuhan pengguna terkait tampilan *dashboard* monitoring *real-time*. Selain itu, dianalisis pula alur komunikasi dari perangkat IoT menuju *web server* untuk memastikan proses transmisi data berlangsung stabil dan akurat.

3.1.2 *System Design (Perancangan Sistem)*

Pada tahap ini dilakukan perancangan arsitektur sistem yang mencakup desain *API*, rancangan basis data, diagram alur data (*data flow*), serta perancangan antarmuka pengguna berbasis *UI/UX*. Perancangan ini meliputi pembuatan *wireframe* dashboard, struktur halaman *web*, serta skema proses mulai dari data diterima *web server* hingga divisualisasikan dalam bentuk grafik *real-time*. Tahap ini memastikan sistem memiliki struktur teknis yang jelas sebelum implementasi dilakukan.

3.1.3 *Implementation (implementasi)*

Tahap implementasi dilakukan dengan membangun komponen perangkat lunak berdasarkan hasil perancangan. Proses ini mencakup

pembuatan *API endpoint* untuk menerima data dari ESP32, pengembangan *dashboard web* (misalnya menggunakan Laravel), serta koneksi data dari *API* ke *database*. Pada tahap ini sistem mulai diuji dengan perangkat IoT secara langsung untuk memastikan nilai kebisingan dan getaran dapat muncul pada dashboard secara *real-time*.

3.1.4 Testing (Pengujian Sistem)

Tahap pengujian dilakukan untuk memastikan seluruh fungsi berjalan sesuai kebutuhan. Pengujian meliputi *functional testing* pada fitur *dashboard*, *integration testing* antara perangkat IoT dan *web server*, serta validasi konsistensi data sensor yang diterima melalui API. Tahap ini bertujuan memastikan bahwa proses pengiriman, penyimpanan, dan visualisasi data bekerja tanpa error dan memiliki tingkat akurasi yang memadai.

3.1.5 Deployment & Maintenance (Implementasi dan Pemeliharaan)

Tahap terakhir mencakup proses penerapan aplikasi ke lingkungan operasional, seperti *server hosting* atau jaringan lokal. Setelah sistem berjalan, dilakukan pemeliharaan untuk memastikan kestabilan sistem ketika menerima data sensor secara berkelanjutan. Pemeliharaan juga mencakup perbaikan bug, pembaruan fitur, serta peningkatan performa jika diperlukan.

3.2 Metode Pengumpulan Data

3.2.1 Observasi

Observasi dilakukan secara langsung di area *workshop* PT. Barata Indonesia untuk mengidentifikasi kondisi lingkungan kerja yang berkaitan dengan tingkat kebisingan dan getaran selama aktivitas operasional berlangsung. Kegiatan ini bertujuan untuk memperoleh data serta memahami pola perubahan intensitas kebisingan dan getaran pada berbagai area kerja selama jam operasional. Hasil observasi digunakan sebagai dasar penyesuaian kebutuhan sistem dengan kondisi lingkungan di lapangan.

3.2.2 Wawancara

Wawancara dilakukan dengan pihak bagian QSHE PT. Barata Indonesia untuk memperoleh informasi terkait data kebisingan dan getaran pada area *workshop* yang diperoleh melalui kegiatan inspeksi rutin. Data yang dikumpulkan meliputi kondisi lingkungan kerja, tingkat kebisingan dan getaran pada area tertentu, serta informasi pendukung lainnya yang berkaitan dengan proses monitoring lingkungan kerja. Informasi tersebut digunakan sebagai bahan pendukung dalam menyesuaikan kebutuhan dan pengembangan sistem monitoring yang dirancang.

3.2.3 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan menelusuri artikel ilmiah penelitian terdahulu dari tahun 2021 - 2026 terkait teknologi *IoT*, sensor kebisingan, dan sensor getaran, datasheet sensor. Studi literatur ini bertujuan untuk memperkuat landasan teori, membandingkan, menentukan metode pengukuran yang relevan, serta memahami standar ambang batas kebisingan dan getaran yang berlaku di industri.

3.2.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu : 27 Mei 2026 – 15 Mei 2026

Tempat Penelitian : PT Barata Indonesia

BAB IV

ANALISA DAN PERANCANGAN SISTEM

4.1 Analisa Permasalahan

Kegiatan pemantauan intensitas kebisingan dan getaran di area *workshop* PT.Barata Indonesia saat ini masih dilakukan secara manual menggunakan alat ukur *Sound Level Meter* Extech EN300, yakni perangkat pengukur lingkungan 5-in-1 yang bersifat *handheld* dan dioperasikan oleh petugas QSHE pada setiap jalur kerja. Hasil pengukuran dari masing-masing jalur kemudian dicatat ke dalam formulir kertas yang memuat informasi hasil pengukuran dalam satuan decibel, Nilai Ambang Batas (NAB), serta keterangan kondisi per periode. Namun demikian, pendekatan ini memiliki keterbatasan yang cukup signifikan, diantaranya data yang diperoleh tidak bersifat *real-time*, tidak tersedia rekam jejak digital yang terstruktur untuk keperluan analisis historis dan tren antar periode, serta proses pencatatan manual yang rentan terhadap kesalahan dan kehilangan dokumen. Di sisi lain, pemantauan getaran pada kendaraan operasional seperti forklift yang berpotensi memaparkan operator pada *Whole body Vibration* (WBV) juga belum dilakukan secara rutin dan terukur. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem monitoring berbasis IoT yang mampu mengakuisisi data kebisingan dan getaran secara otomatis dan berkelanjutan, menyimpan histori data secara digital, serta menampilkan informasi secara *real-time* melalui *dashboard* berbasis *web* yang dapat diakses kapan saja.

4.2 Analisa Kebutuhan Sistem

Kebutuhan sistem yang diperlukan dalam perancangan dan pengembangan sistem monitoring *real-time* kebisingan dan getaran berbasis IoT untuk evaluasi risiko kerja mencakup dua komponen utama, yaitu perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*).

4.2.1 Kebutuhan Perangkat Keras (*Hardware*)

Perangkat keras, juga dikenal sebagai *Hardware*, adalah salah satu komponen computer yang sifatnya dapat dilihat dan diraba secara langsung atau yang berbentuk nyata, dan berfungsi untuk mendukung proses komputerisasi. Perangkat keras yang diperlukan pengembangan sistem monitoring *real-time* kebisingan dan getaran berbasis IoT untuk evaluasi risiko kerja :

1. LAPTOP IdeaPad 3 14IGL05
2. Intel Celeron N4020
3. RAM 4,00 GB

4.2.2 Kebutuhan Perangkat Lunak (*Software*)

Dalam Pembuatan sistem monitoring *real-time* kebisingan dan getaran berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32, terdapat perangkat lunak (*software*) yang digunakan yaitu sebagai berikut:

1. Sistem Operasi Windows 11
2. Visual Studio Code

3. Framework Laravel 13
4. Bahasa Pemrograman PHP v8.3
5. Database MySQL
6. Laragon
7. Firebase
8. Web Browser Microsoft edge
9. MQTT Mosquitto

4.3 Perancangan Sistem

4.3.1 Use case Diagram

1. Identifikasi Aktor

Tabel 4. 1 Identifikasi User

No	Aktor	Deksripsi
1.	Staff QSHE	Petugas Quality, Saftey, Healty & Environment yang mengakses sistem VN Trax melalui antarmuka web untuk memantau kondisi kebisingan dan getaran di lingkungan kerja, melihat riwayat data, menganalisis laporan, serta menggunakan kalkulator ISO
2.	ESP32	Perangkat keras IoT berbasis ESP32 yang terhubung ke sensor kebisingan dan

		getaran, mengirimkan data secara otomatis ke sistem melalui protocol MQTT
--	--	---

2. Identifikasi Use case

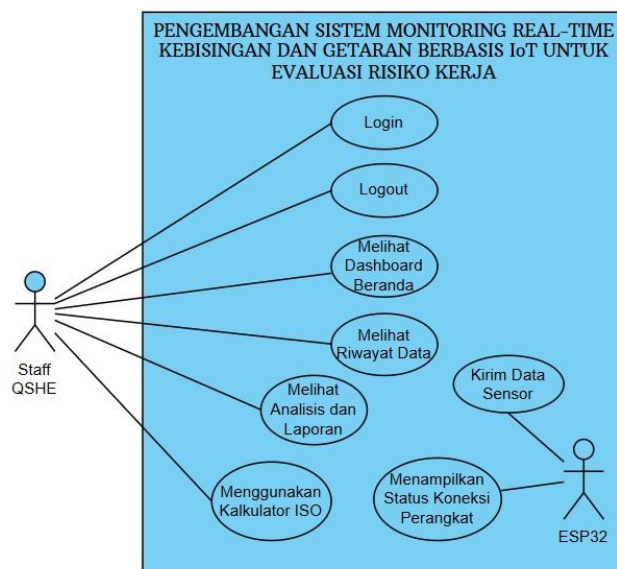
Tabel 4. 2 Identifikasi Use Case

No	Use case	Deksripsi
1.	Login	Staff QSHE melakukan autentifikasi untuk masuk ke dalam sistem VN Trax menggunakan akun yang terdaftar
2.	Logout	Staff QSHE mengakhiri sesi aktif dan keluar dari sistem
3.	Melihat dashboard beranda	Staff QSHE melihat ringkasan data terkini kebisingan dan getaran, status siste, cona kenyamanan, serta referensi standar ISO pada halaman utama
4.	Monitoring real-time	Staff QSHE memantau nilai kebisingan (LAeq) dan getaran (WBV) secara langsung dalam bentuk grafik yang diperbarui otomatis setiap 1 detik via koneksi MQTT
5.	Melihat riwayat data	Staff QSHE melihat data historis sensor dalam bentuk tabel, lengkap dengan

		informasi zona bising dan zona getar setiap pembacaan
6.	Filter Riwayat data	Staff QSHE memfilter data historis berdasarkan rentang tanggal dan kategori zona. (include dari melihat riwayat data)
7.	Ekspor data CSV	Staff QSHE mengunduh data historis sensor dalam format CSV untuk keperluan laporan atau analisis laporan. (include dari melihat riwayat data)
8.	Cetak Laporan	Staff QSHE mencetak laporam atau menyimpan data historis dalam format cetak. (include dari melihat riwayat data)
9.	Melihat analisis & laporan	Staff QSHE melihat tren kebisingan dan getaran. Jumlah kejadian bahaya, total jam paparan, serta ringkasan statistik periode pengukuran
10.	Menggunakan kalkulator ISO	Staff QSHE memasukan nilai LAeq atau AW secara manual melalui slider untuk menghitung zona kenyamanan sesuai standar ISO 1996-1:2016 dan 2631:1:1997

11.	Mengaktifkan mode gelap	Staff QSHE mengaktifkan atau menonaktifkan tampilan mode gelap pada antarmuka sistem
12.	Kirim data sensor	Perangkat ESP32 mengirimkan data kebisingan dan getaran secara berkala ke sistem melalui protocol MQTT
13.	Menampilkan status koneksi perangkat	Sisitem menampilkan status koneksi ESP32 (Online/Offline/Timeout) secara otomatis setelah ESP32 mengirim atau berhenti mengirim data

3. Use case



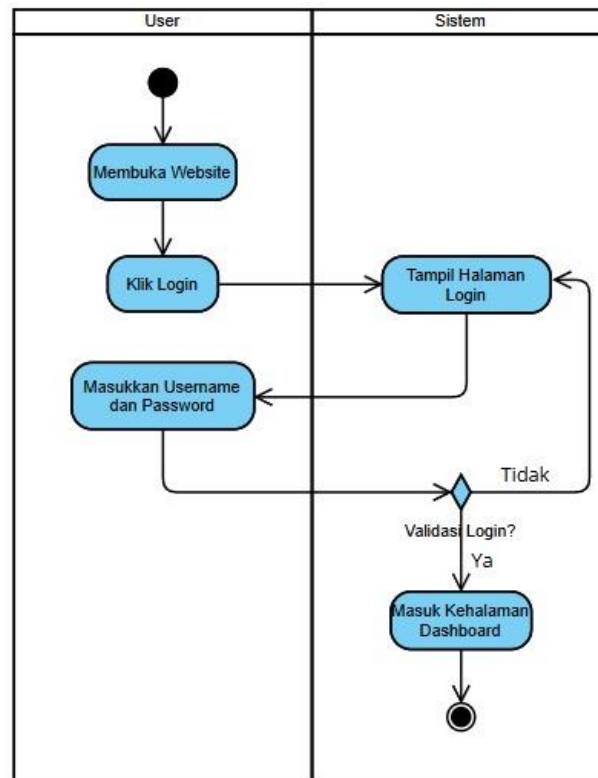
Gambar 4. 1 Use Case Diagram

4.3.2 Activity Diagram

Activity diagram merupakan salah satu diagram dalam UML yang digunakan untuk menggambarkan alur aktivitas atau proses yang terjadi dalam sebuah sistem secara berurutan. Diagram ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan oleh actor maupun sistem dari awal hingga suatu proses, termasuk percabangan Keputusan (*decision*) dan perulangan yang mungkin terjadi.

1. Activity Diagram Login

Activity diagram login menggambarkan proses autentikasi pengguna pada sistem. Proses diawali ketika pengguna membuka *website*, kemudian sistem secara otomatis menampilkan halaman login. Pengguna selanjutnya mengklik tombol login dan diarahkan untuk memasukkan *username* serta *password*. Setelah data diinputkan, sistem akan melakukan validasi kredensial yang telah dimasukkan. Apabila validasi berhasil, pengguna akan diarahkan langsung ke halaman *dashboard* utama. Namun apabila validasi gagal, sistem akan mengembalikan pengguna ke halaman login untuk memasukkan Kembali informasi akun yang benar. Proses login pada sistem ini akan di tampilkan pada Gambar 4.2



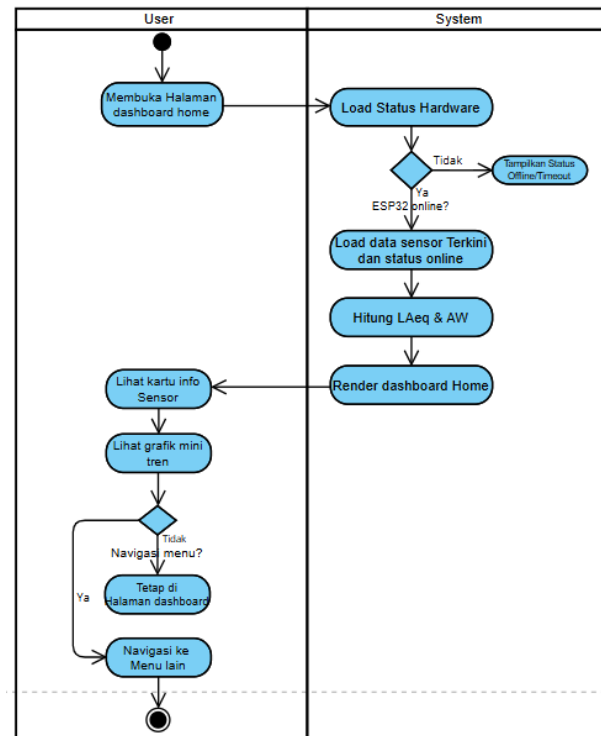
Gambar 4. 2 Activity Diagram Login

2. Activity Diagram Dashboard Home

Activity diagram dashboard home menggambarkan proses ketika pengguna membuka halaman utama sistem, dimana sistem akan otomatis melakukan load status hardware untuk memeriksa kondisi perangkat ESP32. Apabila ESP32 online, sistem akan memuat data sensor terkini, menghitung nilai LAeq dan AW, lalu merender dashboard sehingga pengguna dapat melihat kartu informasi sensor dan grafik mini tren. Jika pengguna memilih navigasi menu lain maka akan diarahkan ke menu yang dipilih, namun jika tidak pengguna tetap berada di halaman dashboard

hingga proses berakhir sebagaimana ditampilkan pada Gambar

4.3

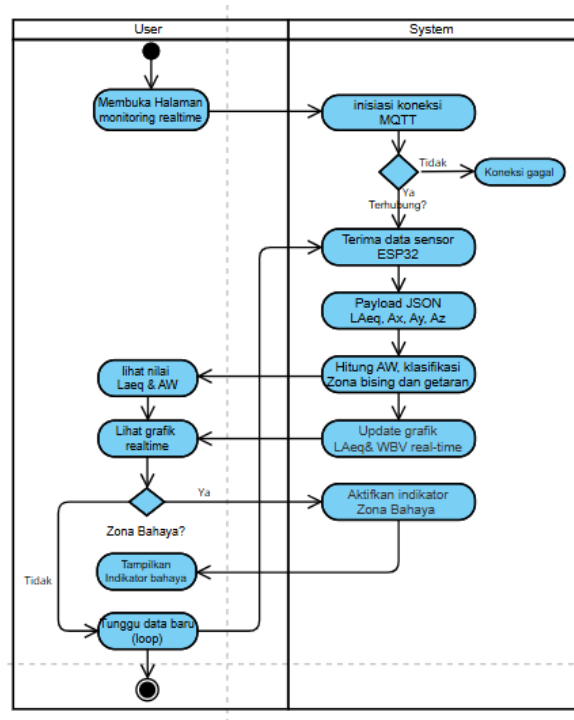


Gambar 4. 3 Activity Dashboard Home

3. Activity Diagram Monitoring Real-time

Proses ketika pengguna membuka halaman monitoring, sistem akan langsung menginisiasi koneksi MQTT dan apabila koneksi gagal maka akan di tampilkan pesan koneksi gagal, namun apabila berhasil terhubung sistem akan menerima data sensor ESP32 kemudian melakukan parsing payload JSON yang berisi nilai LAeq, Aw, Ay, Az lalu menghitung AW serta mengklasifikasi zona bising dan getaran untuk diperbarui pada grafik real-time. Apabila terdeteksi zona bahaya maka sistem

mengaktifkan indikator bahaya di tampilkan kepada pengguna kemudian sistem akan terus menunggu data baru dalam kondisi loop hingga pengguna keluar dari halaman yang akan ditampilkan pada Gambar 4.4



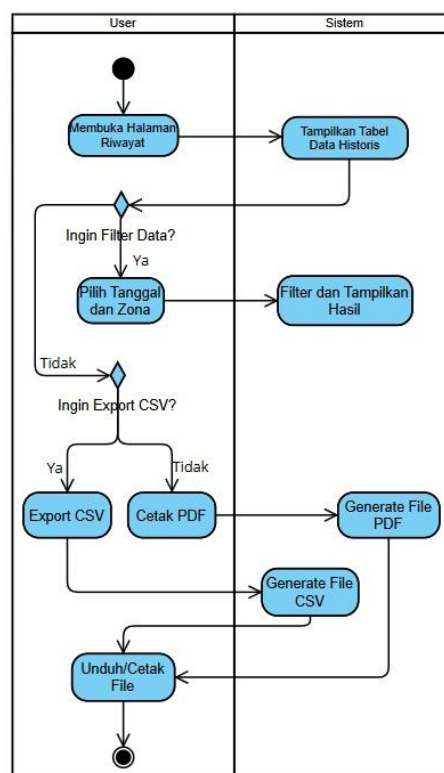
Gambar 4. 4 Activity Monitoring Real-Time

4. Activity Diagram Riwayat Data

Halaman riwayat data menampilkan alur proses yang diawali pengguna membuka halaman riwayat, sistem akan langsung menampilkan tabel data historis sensor. Pengguna kemudian dihadapkan pada pilihan apabila ingin melakukan filter data maka pengguna dapat memilih tanggal dan zona yang diinginkan lalu sistem akan menampilkan hasil filter, selanjutnya apabila

pengguna ingin melakukan export maka terdapat dua pilihan yaitu export CSV dimana sistem akan men-generate file CSV, atau cetak PDF dimana sistem akan men-generate file PDF, kemudian pengguna dapat mengunduh atau mencetak file tersebut hingga proses berakhir, alur akan di tampilkan pada

Gambar 4.5

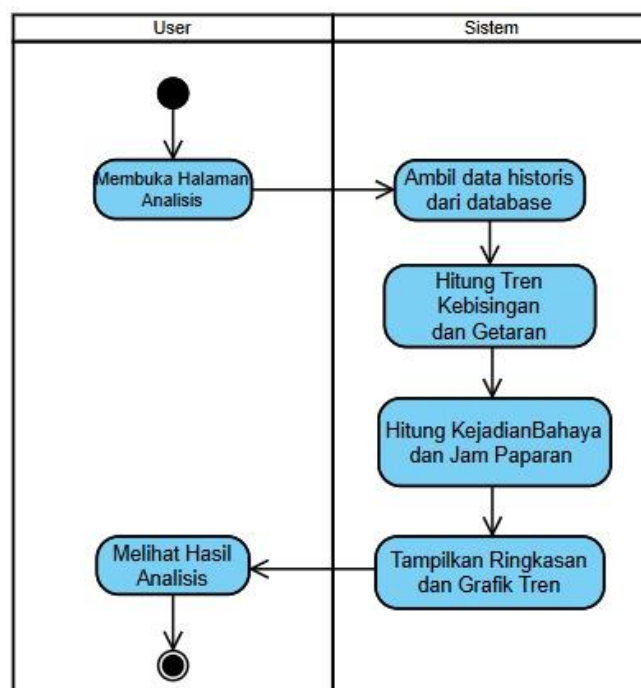


Gambar 4. 5 Activity Riwayat Data

5. Activity Diagram Analisis dan Laporan

Diagram analisis dan laporan menggambarkan alur proses ketika pengguna membuka halaman analisis, sistem secara otomatis mengambil data historis dari database kemudian menghitung tren kebisingan dan getaran, lalu menghitung

kejadian bahaya serta jam paparan yang telah terakumulasi, setelah semua perhitungan selesai sistem akan menampilkan ringkasan beserta grafik tren sehingga pengguna dapat melihat hasil analisis secara keseluruhan proses berakhir, diagram akan ditampilkan pada Gambar 4.6

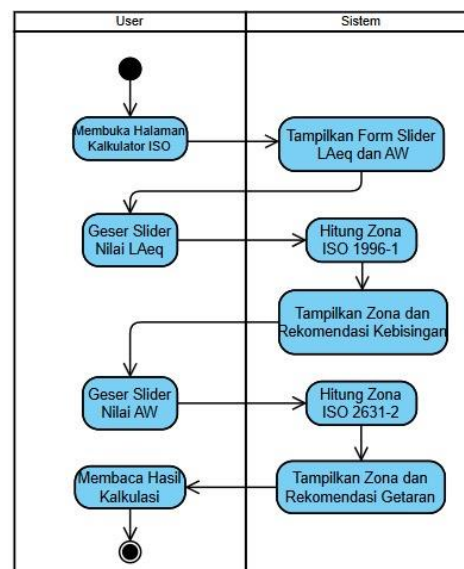


Gambar 4. 6 Activity Analisis dan Laporan

6. Activity Diagram Kalkulator ISO

Diagram kalkulator ISO menggambarkan alur proses ketika pengguna membuka halaman kalkulator ISO, sistem akan menampilkan form slider LAeq dan AW, pengguna kemudian menggeser slider nilai LAeq lalu sistem menghitung zona berdasarkan ISO 1996-1 dan menampilkan zona serta rekomendasi kebisingan, selanjutnya pengguna menggeser slider

nilai AW lalu sistem menghitung zona berdasarkan 2631-2 dan menampilkan zona serta rekomendasi getaran sehingga pengguna dapat membaca hasil kalkulasi hingga proses berakhir, diagram akan ditampilkan pada Gambar 4.7



Gambar 4. 7 Activity Kalkulator ISO

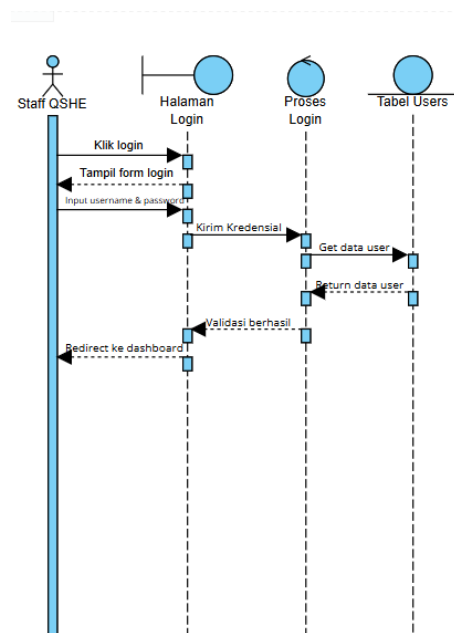
4.3.3 Sequence Diagram

Sequence diagram digunakan untuk menggambarkan urutan interaksi objek dalam sistem secara kronologis. Diagram ini menunjukkan bagaimana pesan dikirimkan antara actor, boundary, control, dan entity dalam menyelesaikan suatu proses nanti.

1. Sequence Diagram Login

Alur proses login dimulai ketika staff QSHE membuka website dan menekan tombol login, sistem kemudian menampilkan halaman form login. Pengguna memasukkan

username dan password, lalu data kredensial tersebut dikirimkan ke proses login untuk divalidasi dengan melakukan pengecekan ke tabel users pada database MySQL. Apabila data yang dimasukan sesuai, sistem akan memberikan respon validasi berhasil dan mengarahkan pengguna langsung menuju halaman dashboard utama. Alur proses sequence diagram login ditampilkan pada Gambar 4.8.

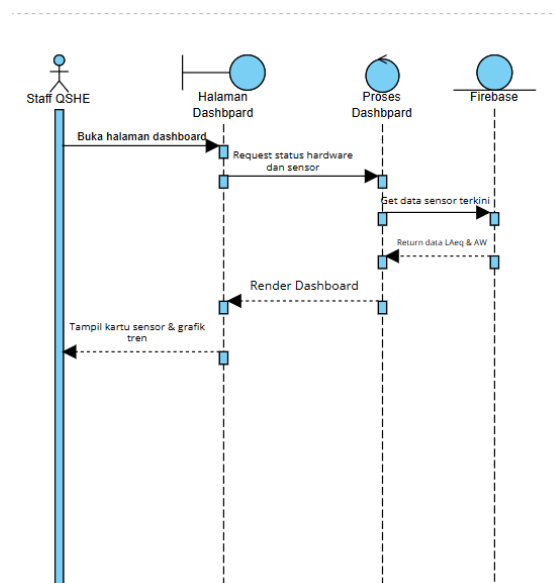


Gambar 4. 8 Sequence Diagram Login

2. Sequnce Diagram Dashboard Home

Setelah berhasil login, staff QSHE akan diarahkan ke halaman dashboard home secara otomatis. Halaman ini melakukan request status hardware dan data sensor kepada proses dashboard, yang kemudian mengambil data sensor terkini dari

Firestore berupa nilai LAeq dan AW. Data tersebut diolah oleh proses dashboard untuk kemudian dirender dan ditampilkan kepada pengguna dalam bentuk kartu informasi sensor serta grafik tren secara ringkas. Alur proses sequence diagram dashboard home ditampilkan pada Gambar 4.9.

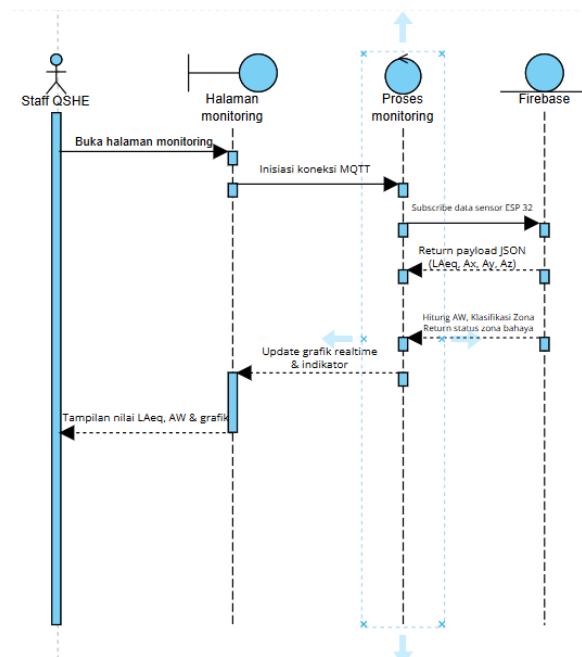


Gambar 4. 9 Squence Diagram Dashboard

3. Sequence Diagram Monitoring Realtime

Pada halaman monitoring, sistem secara otomatis menginisiasi koneksi MQTT begitu halaman dibuka oleh staff QSHE. Proses monitoring kemudian melakukan subscribe ke firebase untuk menerima data sensor ESP32 dalam bentuk payload JSON yang mencakup nilai LAeq, Ax, Ay, dan Az secara terus-menerus. Data yang diterima selanjutnya dihitung untuk mendapatkan nilai AW dan dilakukan klasifikasi zona. Kemudian

hasilnya digunakan untuk memperbarui grafik realtime beserta indicator zona bahaya yang ditampilkan kepada pengguna. Alur proses sequence diagram monitoring realtime ditampilkan pada Gambar 4.10.

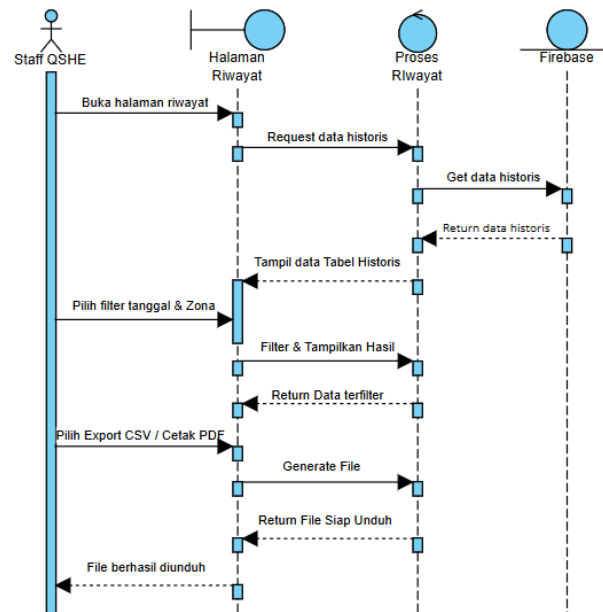


Gambar 4. 10 Squence Diagram Monitoring

4. Sequence Diagram Riwayat

Ketika staff QSHE membuka halaman riwayat, sistem langsung mengambil seluruh data historis dari Firebase dan menampilkannya dalam bentuk tabel. Pengguna dapat melakukan filter berdasarkan tanggal dan zona, sistem kemudian memproses permintaan tersebut dan menampilkan data yang telah terfilter sesuai kebutuhan. Aoabila pengguna ingin mengunduh data, tersedia pilihan export CSV maupun cetak PDF, sistem akan

melakukan generate file yang sesuai dan file tersebut siap diunduh oleh pengguna. Alur proses sequence diagram riwayat ditampilkan pada Gambar 4.11.

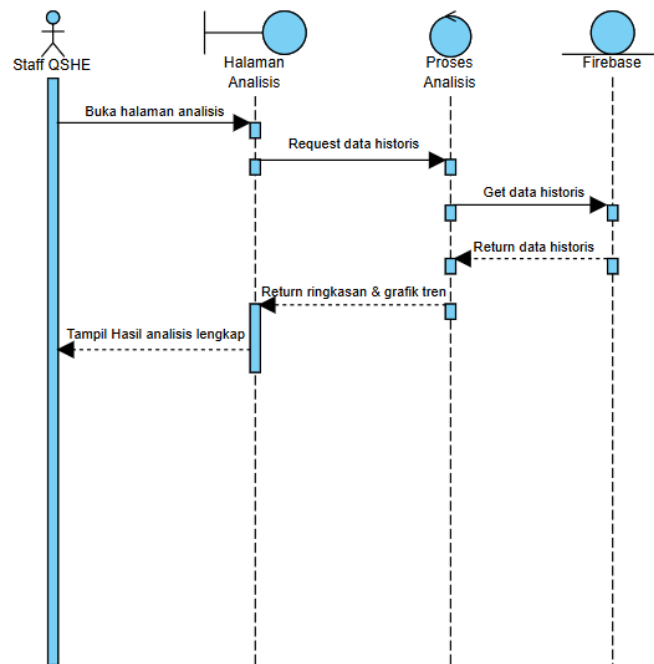


Gambar 4. 11 Squence Diagram Riwayat

5. Sequence Diagram Analisis

Halaman analisis bekerja dengan cara mengambil seluruh data historis dari Firebase secara otomatis ketika halaman dibuka oleh staff QSHE. Data tersebut kemudian diproses oleh sistem untuk menghitung tren kebisingan, getaran, kejadian bahaya, serta jam paparan secara menyeluruh. Hasil perhitungan tersebut dikembalikan ke halaman dalam bentuk ringkasan dan grafik tren yang informatif, sehingga staff QSHE dapat membaca dan

menganalisis kondisi lingkungan kerja secara menyeluruh. Alur proses sequence diagram analisis ditampilkan pada Gambar 4.12.

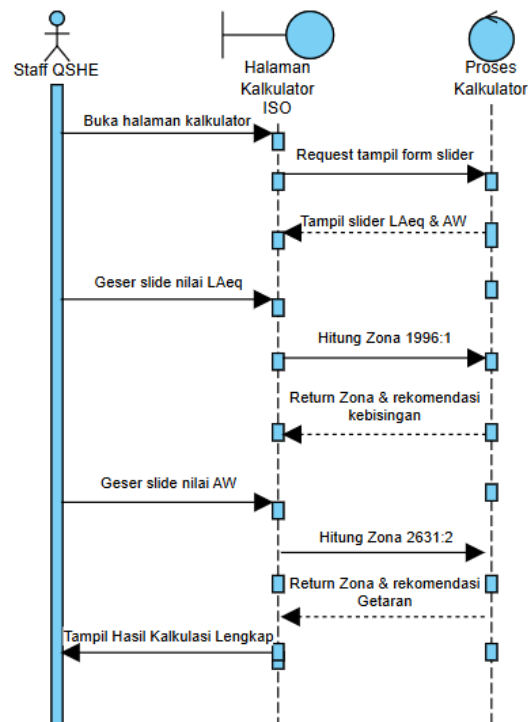


Gambar 4. 12 Squence Diagram Analisis

6. Sequence Diagram Kalkulator

Halaman kalkulator ISO menyediakan form berupa dua buah slider yang ditampilkan ketika staff QSHE membuka halaman tersebut. Pengguna menggeser slider pertama untuk memasukan nilai LAeq, sistem langsung menghitung zona berdasarkan standar ISO 1996-1 dan menampilkan zona serta rekomendasi terkait kebisingan. Selanjutnya pengguna menggeser slider kedua untuk memasukkan nilai AW, sistem Kembali melakukan perhitungan berdasarkan standar ISO 2631-2 dan menampilkan zona serta rekomendasi getara, hingga keseluruhan hasil kalkulasi

ditampilkan secara lengkap kepada pengguna. Alur proses sequence diagram kalkulator ISO ditampilkan pada Gambar 4.13



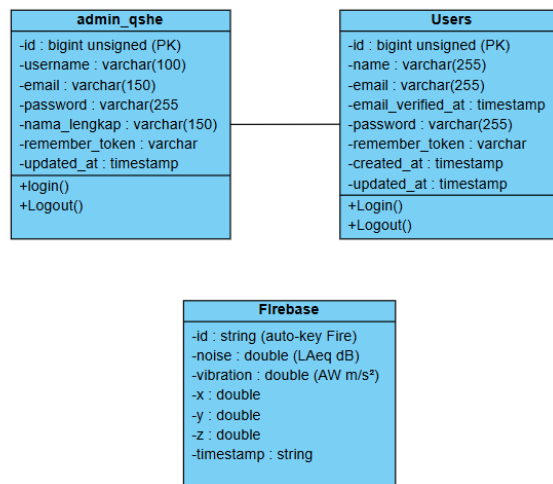
Gambar 4. 13 Squence Diagram Kalkulator

4.3.4 Class Diagram

Class diagram digunakan untuk menggambarkan struktur statis sistem dengan menampilkan kelas-kelas yang ada beserta atribut dan method yang dimiliki, serta hubungan antar kelas tersebut.

Class diagram pada sistem ini menggambarkan bagaimana entitas-entitas yang ada saling berhubungan dalam mengelola data autentifikasi dan data monitotring lingkungan kerja. Diagram ini

terdiri dari 3 kelas yang masing-masing memiliki peran tersendiri dalam sistem. Kelas `admin_qshe` berfungsi sebagai entitas utama untuk autentifikasi Staff QSHE, menyimpan data seperti username, email, password, dan nama lengkap, serta memiliki method `Login()` dan `Logout()`. Kelas `Users` merupakan tabel bawaan sistem yang juga berperan dalam proses autentikasi, memiliki atribut serupa dengan tambahan `email_verified_at` untuk verifikasi email, serta memiliki method `Login()` dan `Logout()`. Kelas `firebase` berfungsi sebagai penyimpanan data sensor secara realtime yang mencakup nilai kebisingan (`noise/LAeq`), getaran (`vibration/AW`), serta data akselerometer `x`, `y`, `z` beserta timestamp pengukuran. Antara kelas `admin_qshe` dan `Users` terdapat relasi asosiasi yang menggambarkan keterkaitan keduanya dalam proses pengelolaan akun, sedangkan kelas `Firestore` berdiri sendiri tanpa relasi langsung karena menggunakan basis data NoSQL yang terpisah dari MySQL. Class diagram sistem ini di tampilkan pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Class Diagram Sistem VNTrax

4.3.5 Batasan Nilai dan Indikator Warna Sistem

Untuk memudahkan interpretasi hasil pemantauan, sistem dirancang dengan indikator warna yang merepresentasikan tingkat kenyamanan berdasarkan nilai kebisingan (LAeq) dan getaran (*Whole Body Vibration/WBV*) yang terukur. Kategorisasi ini mengacu pada ISO 1996-1:2016 untuk kebisingan dan ISO 2631-1:1997 untuk getaran. Batasan nilai dan indikator warna untuk kebisingan yang diterapkan pada sistem ditampilkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Zona Kenyamanan Kebisingan (LAeq)

LAeq	Zona	Warna	Interpretasi
≤ 55 dB	Nyaman	Hijau	Tidak mengganggu aktivitas

56–70 dB	Terganggu ringan	Kuning	Mulai terasa tidak nyaman
71–80 dB	Tidak nyaman	Oranye	Mengganggu komunikasi
81–90 dB	Sangat tidak nyaman	Merah muda	Risiko kesehatan meningkat
> 90 dB	Bahaya	Merah	Tidak layak paparan kerja

Selain kebisingan, sistem juga mengevaluasi tingkat kenyamanan berdasarkan paparan getaran seluruh tubuh (*Whole Body Vibration/WBV*) yang diterima operator selama bekerja. Nilai getaran yang terukur oleh sensor MPU6050 diolah menjadi nilai akselerasi *root mean square* (rms) dalam satuan m/s^2 , kemudian dikategorikan ke dalam beberapa zona kenyamanan beserta indikator warna dan rekomendasi tindakan yang sesuai. Batasan nilai dan indikator warna untuk getaran tersebut ditampilkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4. 4 Zona Kenyamanan Getaran (WBV)

Akselerasi (m/s^2)	Durasi	Zona	Warna	Tindakan
$\leq 0,315$	≤ 8 jam	Nyaman	Hijau	Tidak perlu tindakan

0,5 – 0,8	4–8 jam	Agak tidak nyaman	Kuning	Evaluasi ergonomi
0,8 – 1,6	2–6 jam	Tidak nyaman	Oranye	Batasi durasi
1,6 – 2,5	≤ 4 jam	Sangat tidak nyaman	Merah muda	Intervensi diperlukan
$\geq 2,5$	≤ 2 jam	Bahaya	Merah	Hentikan paparan

Kedua tabel tersebut ditampilkan pada fitur kalkulator ISO di dashboard sistem, sehingga pengguna dapat langsung mengetahui kategori kenyamanan serta tindakan yang perlu diambil berdasarkan hasil pengukuran kebisingan dan getaran secara real-time.

4.4 Perancangan Desain Input atau Output

Perancangan desain input atau output merupakan tahap perancangan antarmuka sistem yang menggambarkan tampilan halaman-halaman yang akan digunakan oleh pengguna dalam berinteraksi dengan sistem. Desain ini dirancang agar tampilan sistem mudah dipahami.

1. Desain Halaman Login

Halaman login merupakan halaman pertama yang akan ditampilkan ketika mengakses sistem. Pada halaman ini terdapat form inputan berupa kolom username dan password, serta tombol masuk ke sistem untuk

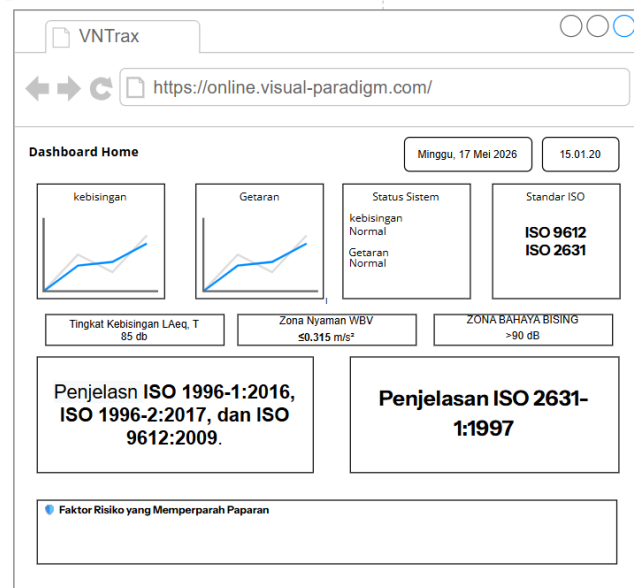
memproses autentikasi. Tersedia pula fitur ingat saya dan tautan lupa password sebagai opsi tambahan bagi pengguna. Perancangan desain halaman login ditampilkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Desain Halaman Login

2. Desain Halaman Dashboard Home

Tampilan dashboard home menyajikan informasi secara menyeluruh dalam satu halaman, mencakup grafik mini kebisingan dan getaran, kartu status sistem, standar ISO yang digunakan, serta nilai LAeq dan zona WBV terkini. Terdapat pula informasi zona bahaya bising, penjelasan ISO 1996-2:2017, ISO 9612:2009, dan ISO 2631-1:1997, serta faktor risiko yang memperparah paparan bagian bawah halaman. Perancangan desain halaman dashboard home ditampilkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Desain Halaman Dashboard Home

3. Desain Halaman Monitoring Realtime

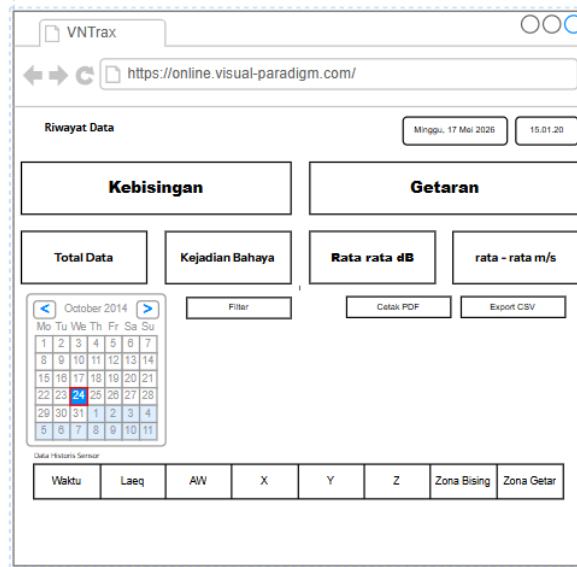
Sistem monitoring realtime dirancang untuk menampilkan data sensor secara langsung, dengan kartu informasi kebisingan, getaran, status sistem LAeq(dB), AW(m/s²), jam paparan, serta status koneksi perangkat. Dilengkapi dengan dua grafik realtime untuk kebisingan dan getaran, tabel zona kenyamanan berdasarkan standar ISO 9612 dan ISO 2631, serta tabel data sensor terkini yang menampilkan kolom Waktu, LAeq, AW, X, Y, Z, Zona Bising, dan Zona Getar. Perancangan desain halaman monitoring realtime ditampilkan pada Gambar 4.17.



Gambar 4. 17 Desain Halaman Realtime

4. Desain Halaman Riwayat Data

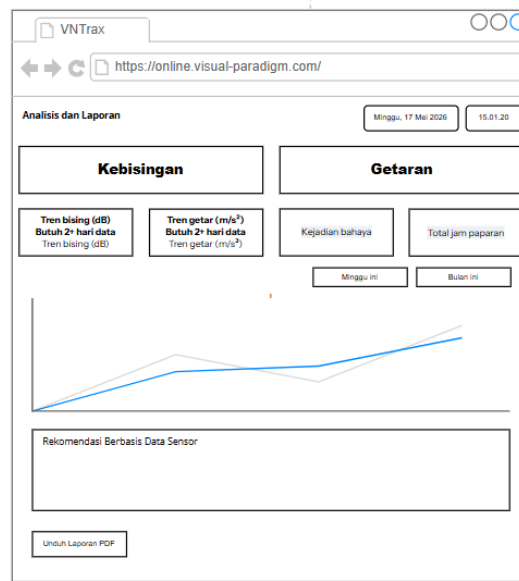
Halaman riwayat data menampilkan ringkasan statistic berupa kartu total data, kejadian bahaya, rata rata dB, dan rata-rata m/s^2 di bagian atas. Pengguna dapat melakukan filter data menggunakan kalender untuk memilih rentang tanggal, serta tersedia tombol filter, Cetak PDF, dan Export CSV untuk keperluan pengunduhan data. Di bagian bawah ditampilkan tabel data historis sensor dengan kolom Waktu, LAeq, AW, X, Y, Z, Zona Bising, dan Zona Getar. Perancangan desain halaman riwayat data ditampilkan pada Gambar 4.18.



Gambar 4. 18 Desain Halaman Riwayat

5. Desain Halaman Analisis dan Laporan

Halaman analisis dan laporan dirancang untuk menyajikan hasil analisis data sensor secara komprehensif, mencakup kartu tren bising, tren getar, kejadian bahaya, dan total jam paparan dengan filter mingguan maupun bulanan. Terdapat grafik tren gabungan kebisingan dan getaran, kotak rekomendasi berbasis data sensor, serta tombol unduh laporan pdf di bagian bawah halaman. Perancangan desain halaman analisis dan laporan ditampilkan pada Gambar 4.19.



Gambar 4. 19 Desain Halaman Analisis & Laporan

6. Desain Halaman Kalkulator ISO

Perancangan halaman kalkulator ISO menyediakan dua panel kalkulasi yang terpisah, yaitu panel Kalkulator Kebisingan - ISO 1996-1:2016 dan panel Kalkulator Getaran - ISO 2631-1:1997. Masing-masing panel dilengkapi dengan komponen input berupa slider untuk memasukkan nilai pengukuran, dan sistem akan langsung menampilkan hasil zona serta rekomendasi yang sesuai. Perancangan desain halaman kalkulator ISO ditampilkan pada Gambar 4.20.



Gambar 4. 20 Desain Halaman Kalkulator ISO

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Implementasi Sistem

Setelah dilakukan analisis terhadap permasalahan dan dirancang solusi dalam bentuk sistem, tahap selanjutnya adalah implementasi sistem. Implementasi dilakukan dengan membangun sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis IoT yang diberi nama VNTrax, menggunakan perangkat sensor ESP32 sebagai penangkap data di lapangan. Sistem ini berfungsi untuk memantau kondisi lingkungan kerja secara realtime melalui website yang terkoneksi dengan internet, sehingga mampu memudahkan staff QSHE dalam memantau, menganalisis, serta mengunduh laporan data kebisingan dan getaran di lingkungan kerja tanpa harus melakukan pencatatan manual.

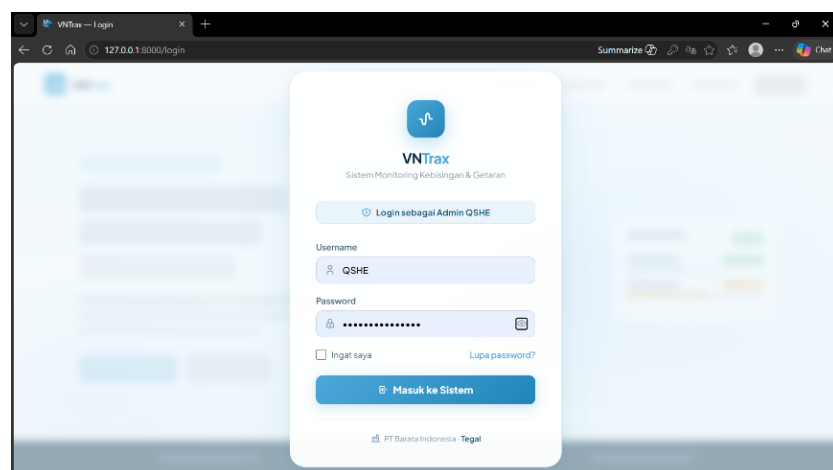
5.1.1 Implementasi Perangkat Lunak

Proses implementasi perangkat lunak dilakukan menerapkan sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis website yang telah melalui tahap perancangan dan pengujian sebelumnya. Antarmuka sistem dibangun menggunakan framework Laravel dengan tampilan yang responsif berbasis Tailwind CSS, sehingga dapat diakses dengan baik melalui berbagai perangkat. Pengolahan dan integrasi data sensor dilakukan melalui koneksi realtime antara ESP32 dengan Firebase Realtime Database menggunakan protocol MQTT, sedangkan data autentikasi pengguna disimpan pada database

MySQL. Data hasil monitoring kebisingan dan getaran disajikan dalam bentuk grafik tren dan tabel historis yang dilengkapi fitur filter, export CSV, serta cetak PDF guna mendukung keperluan pelaporan. Tampilan antarmuka sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis IoT ditunjukkan pada bagian berikut.

1. Halaman Login

Berikut tampilan halaman login sistem VNtrax yang merupakan halaman yang muncul ketika mengakses sistem. Terdapat kolom inputan *username* dan *password*, fitur ingat saya, tautan lupa *password*, serta tombol masuk ke sistem untuk memproses autentikasi. Tampilan halaman *login* ditunjukkan pada Gambar 5. 1.

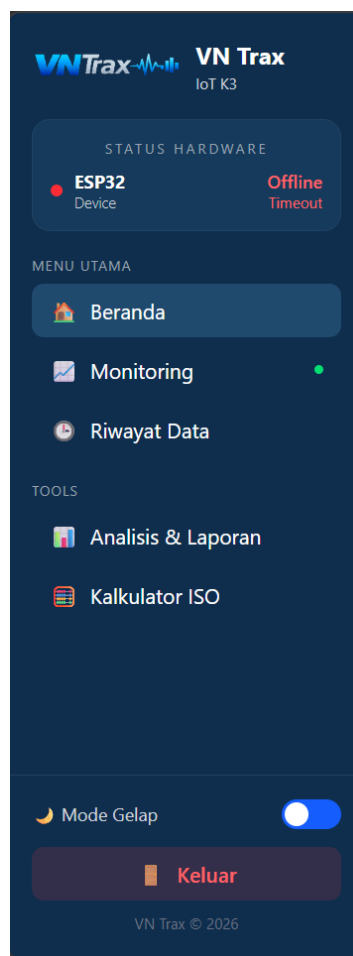


Gambar 5. 1 Halaman Login

2. Halaman Menu Navigasi

Tampilan menu navigasi sistem VNTrax ditampilkan pada sidebar sebelah kiri yang diakses setelah berhasil login. Menu ini

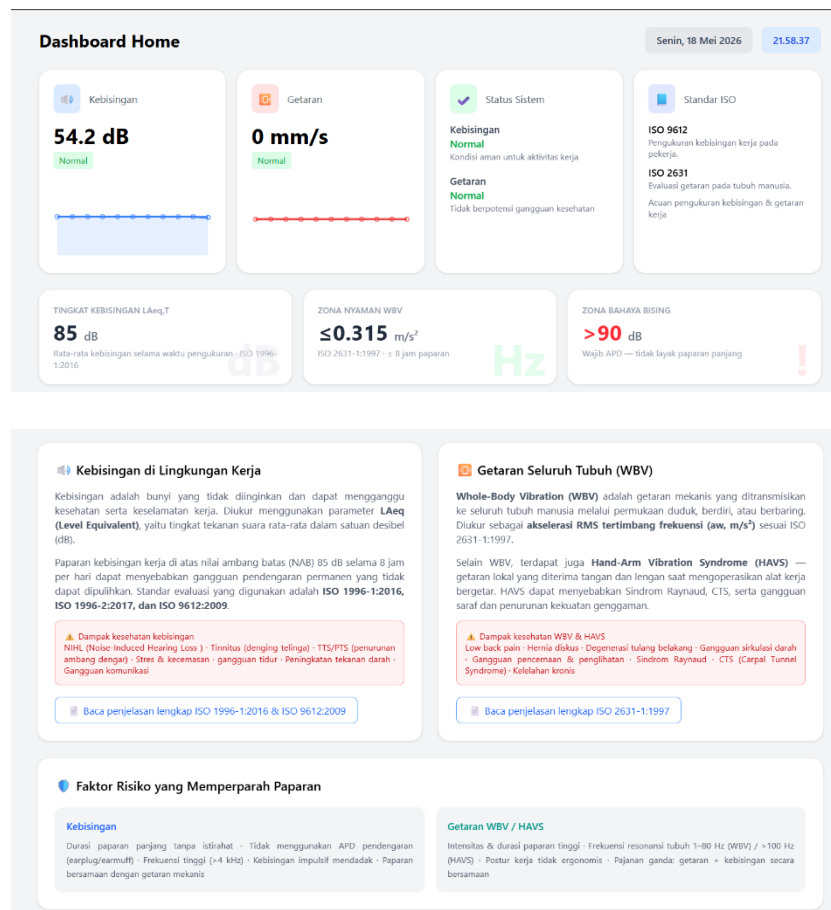
terbagi menjadi dua kelompok yaitu menu utama yang terdiri dari beranda, monitoring dan riwayat data, serta *tools* yang terdiri dari analisis & laporan dan kalkulator ISO. Terdapat pula informasi status hardware ESP32, fitur mode gelap, dan tombol keluar di bagian bawah *sidebar*. Halaman menu navigasi sistem dapat dilihat pada Gambar 5. 2.



Gambar 5. 2 Halaman Menu Navigasi

3. Halaman Dashboard Home

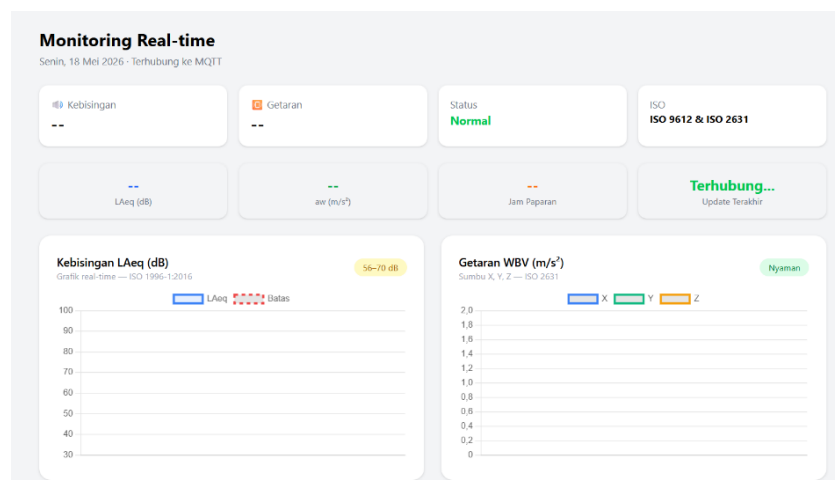
Halaman beranda menampilkan ringkasan kondisi lingkungan kerja secara menyeluruh dalam satu tampilan. Bagian atas menampilkan empat kartu informasi utama yaitu nilai kebisingan dan nilai getaran, status sistem serta referensi standar ISO yang digunakan. Di bagian bawah terdapat kartu informasi, penjelasan kebisingan getaran di lingkungan kerja, serta faktor risiko yang dapat memperparah paparan. Keseluruhan tampilan halaman dashboard home disajikan pada Gambar 5. 3.

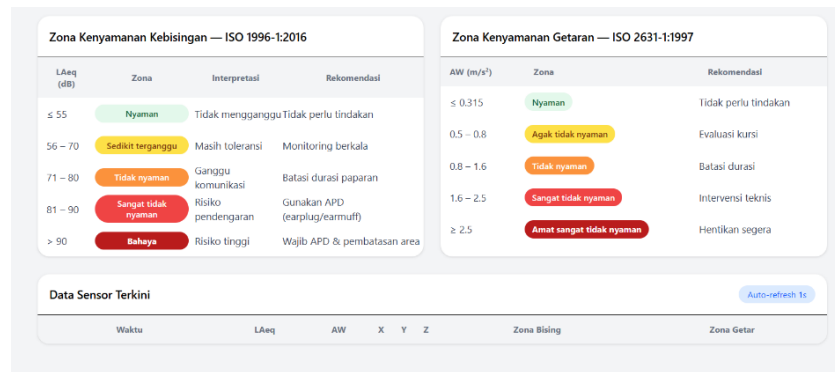


Gambar 5. 3 Halaman Dashboard

4. Halaman Monitoring Realtime

Sistem monitoring realtime menampilkan data sensor secara langsung dengan status koneksi terhubung ke MQTT di bagian atas halaman. Terdapat delapan kartu informasi yang menampilkan nilai kebisingan, getaran, status sitem, standar ISO yang digunakan. Dibagian bawah tersedua grafik realtime kebisingan berdasarkan ISO 1996-1:2016 dan getaran berdasarkan ISO 2631, dilengkapi tabel zona kenyamanan kebisingan dan getaran, serta tabel data sensor terkini yang di perbarui secara otomatis. Tampilan lengkap halaman monitoring realtime dapat dilihat pada Gambar 5. 4.

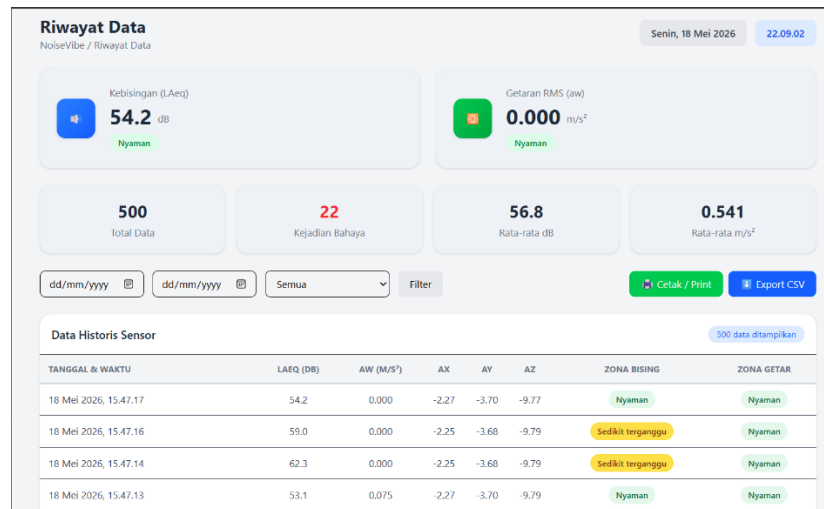




Gambar 5. 4 Halaman Monitoring

5. Halaman Riwayat data

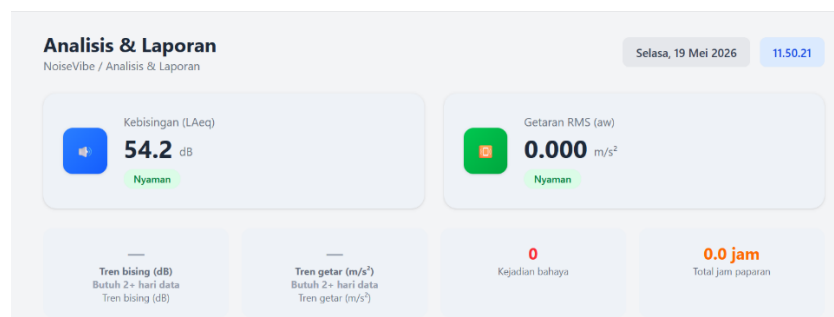
Halaman riwayat data menyajikan rekap seluruh data historis sensor yang telah tersimpan di Firebase. Bagian atas menampilkan ringkasan statistic berupa nilai kebisingan L_{Aeq}, getaran RMS, total data, kejadian bahaya, rata rata dB, dan rata rata m/s². pengguna dapat memfilter data serta mengunduh data melalui cetak atau *print* maupun export CSV. Bagian bawah menampilkan tabel data historis sensor. Halaman riwayat data sistem ditunjukkan pada Gambar 5. 5.

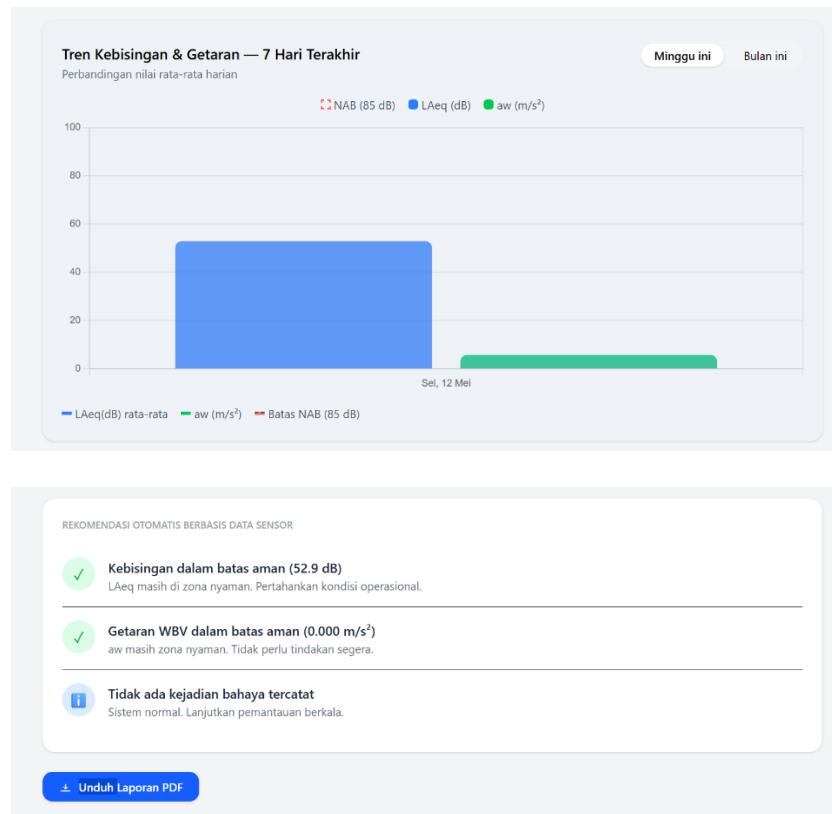


Gambar 5. 5 Halaman Riwayat

6. Halaman Analisis & Laporan

Halaman analisis dan laporan menyajikan ringkasan kondisi lingkungan kerja secara menyeluruh, mencakup nilai kebisingan L_{Aeq}, getarann RMS, tren bising dan getaran, total kejadian bahaya, serta total jam paparan. Terdapat grafik tren kebisingan dan getaran 7 hari terakhir yang dapat difilter berdasarkan minggu atau bulan dilengkapi rekomendasi otomatis berbasis data sensor dan tombol unduh laporan PDF. tampilan halaman analisis dan laporan disajikan pada Gambar 5. 6.

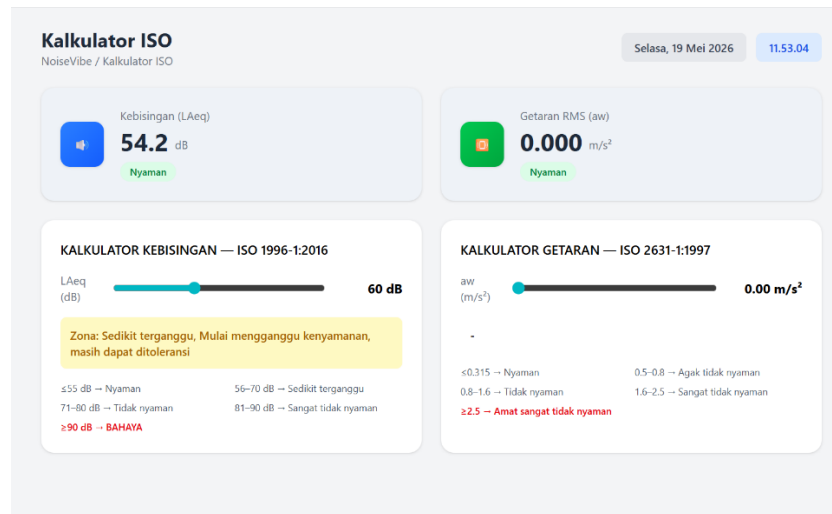




Gambar 5. 6 Halaman Analisis & Laporan

7. Halaman Kalkulator ISO

Kalkulator ISO menyediakan dua panel kalkulasi secara bersamaan, yaitu kalkulator kebisingan ISO 1996-1:2016 dan kalkulator getaran — ISO 2631-1:1997. Pengguna cukup menggeser slider untuk memasukan nilai LAeq maupun AW akan langsung menampilkan zona dan interpretasi secara otomatis. Tampilan halaman kalkulator ISO dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5. 7 Halaman Kalkulator ISO

5.2 Hasil Pengujian Sistem

5.2.1 Pengujian Sistem

Hasil pengujian sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis IoT yang menggunakan ESP32 sebagai perangkat sensor berjalan sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh bagian sistem bekerja dengan baik, mulai dari proses login, monitoring realtime, riwayat data, analisis dan laporan, hingga kalkulator ISO pada website VNTrax yang telah dibangun.

5.2.2 Rencana Penguji

Pengujian sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis IoT dengan menggunakan ESP32 dilakukan oleh pengembang dengan cara mengakses seluruh fitur pada website VNTrax yang telah

dibangun. Pengujian dilakukan menggunakan metode black box testing, dimana data sensor kebisingan dan getaran dikirimkan secara langsung data perangkat ESP32 ke firebase melalui protocol MQTT, kemudian hasilnya dapat ditampilkan pada website dalam bentuk grafik realtime, tabel data historis, serta laporan analisis.

5.2.3 Hasil Pengujian

Hasil pengujian sistem monitoring kebisingan dan getaran berbasis IoT dengan menggunakan ESP32 dilakukan dengan metode *Black Box Testing* menghasilkan beberapa hal yang akan dijabarkan pada tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Hasil Pengujian

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Hasil Pengamatan	Status
1	Login dengan data yang benar	Berhasil masuk ke halaman dashboard	Sistem memverifikasi kredensial dan mengarahkan pengguna ke halaman dashboard	Valid
2	Login dengan data salah	Muncul pesan kesalahan	Sistem menampilkan notifikasi kesalahan	Valid

			dan tetap berada di halaman login	
3	Monitoring <i>realtime</i> saat ESP32 terhubung	Data LAeq dan AW tampil secara <i>realtime</i>	Nilai LAeq dan AW pada dashboard diperbarui otomatis setiap ESP32 mengirim data melalui MQTT	Valid
4	Monitoring <i>realtime</i> saat ESP32 tidak terhubung	Status koneksi menampilkan <i>offline/timeout</i>	Sistem mendeteksi terputusnya koneksi dan menampilkan status <i>offline</i> pada dashboard	Valid
5	Membuka halaman riwayat data	Tabel data historis sensor ditampilkan	Sistem menampilkan data historis LAeq dan AW yang tersimpan di Firebase dalam bentuk tabel	Valid
6	Filter data berdasarkan tanggal dan zona	Data terfilter sesuai pilihan	Tabel menampilkan hanya data yang sesuai dengan	Valid

			rentang tanggal dan zona yang dipilih	
7	Ekspor CSV riwayat data	File CSV berhasil diunduh	Sistem menghasilkan file CSV berisi data riwayat sesuai filter yang aktif	Valid
8	Cetak PDF riwayat data	File PDF berhasil dicetak	Sistem menghasilkan file PDF berisi tabel data riwayat sesuai tampilan pada halaman	Valid
9	Membuka halaman analisis & laporan	Grafik tren dan rekomendasi otomatis ditampilkan	Sistem menampilkan grafik tren kebisingan dan getaran beserta rekomendasi berdasarkan hasil analisis data	Valid
10	Unduh laporan PDF analisis	File laporan PDF berhasil diunduh	Sistem menghasilkan file PDF berisi grafik	Valid

			dan rekomendasi hasil analisis	
11	Menggeser <i>slider</i> nilai LAeq pada kalkulator	Zona dan rekomendasi kebisingan ditampilkan	Sistem menampilkan zona kenyamanan dan rekomendasi tindakan sesuai nilai LAeq yang dimasukkan	Valid
12	Menggeser <i>slider</i> nilai AW pada kalkulator	Zona dan rekomendasi getaran ditampilkan	Sistem menampilkan zona kenyamanan dan rekomendasi tindakan sesuai nilai AW yang dimasukkan	Valid
13	Logout dari sistem	Sesi berakhir dan kembali ke halaman login	Sistem menghapus sesi pengguna dan mengarahkan kembali ke halaman login	Valid