

**RANCANG BANGUN SISTEM *IOT* UNTUK MONITORING GETARAN
DAN *STRESS* PADA ATAP ATAU KANOPI RUMAH BERBASIS ESP32**

SKRIPSI

DISUSUN OLEH

RAUSHAN DHAMIR

2209020067



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

MEDAN

2026

**RANCANG BANGUN SISTEM *IOT* UNTUK MONITORING GETARAN
DAN *STRESS* PADA ATAP ATAU KANOPI RUMAH BERBASIS ESP32**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer
(S.Kom) dalam Program Studi Teknologi Informasi, pada Fakultas Ilmu
Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara**

RAUSHAN DHAMIR

2209020067

PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI

FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

MEDAN

2026

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : RANCANG BANGUN SISTEM IOT UNTUK
MONITORING GETARAN DAN STRESS PADA ATAP
ATAU KANOPI RUMAH BERBASIS ESP32
Nama Mahasiswa : RAUSHAN DHAMIR
NPM : 2209020067
Program Studi : TEKNOLOGI INFORMASI

Menyetujui
Komisi Pembimbing



(Mhd. Basri, S.Si., M.Kom)

NIDN. 0111078802

Ketua Program Studi



(Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom)

NIDN. 0117019301



Dekan

(Dr. Adhikarizmi, S.Kom., M.Kom.)

NIDN. 0127099201

PERNYATAAN ORISINALITAS

RANCANG BANGUN SISTEM IOT UNTUK MONITORING GETARAN DAN STRESS PADA ATAP ATAU KANOPI RUMAH BERBASIS ESP32

SKRIPSI

Saya menyatakan bahwa karya tulis ini adalah hasil karya sendiri, kecuali beberapa kutipan dan ringkasan yang masing-masing disebutkan sumbernya.

Medan, 6 Maret 2026

Yang membuat pernyataan



Raushan Dhamir

NPM. 2209020067

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK
KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Raushan Dhamir
NPM : 2209020067
Program Studi : Teknologi Informasi
Karya Ilmiah : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Hak Bedas Royalti Non-Eksekutif (*Non-Exclusive Royalty free Right*) atas penelitian skripsi saya yang berjudul:

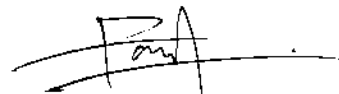
**RANCANG BANGUN SISTEM IOT UNTUK MONITORING GETARAN
DAN STRESS PADA ATAP ATAU KANOPI RUMAH BERBASIS ESP32**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksekutif ini, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara berhak menyimpan, mengalih media, memformat, mengelola dalam bentuk database, merawat dan mempublikasikan Skripsi saya ini tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis dan sebagai pemegang dan atau sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Medan, 6 Maret 2026

Yang membuat pernyataan



Raushan Dhamir
NPM. 2209020067

RIWAYAT HIDUP

DATA PRIBADI

Nama Lengkap : Raushan Dhamir
Tempat dan Tanggal Lahir : Tanjung Balai, 17 Juni 2004
Alamat Rumah : JLN. Marelan VII LK. IV GG. Amai Indah NO. 01
Telepon/Faks/HP : 085270238887
E-mail : darthradar17@gmail.com
Instansi Tempat Kerja : -
Alamat Kantor : -

DATA PENDIDIKAN

SD : SDIT DARUL FIKRI : TAMAT: 2016
SMP : MTsS MUHAMMADIYAH SIDOMULYO : TAMAT: 2019
SMA : MAS MUHAMMADIYAH SIDOMULYO : TAMAT: 2022

KATA PENGANTAR



Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *“Rancang Bangun Sistem IOT Untuk Monitoring Getaran Dan Stress Pada Atap Atau Kanopi Rumah Berbasis ESP32”* dengan baik dan tepat waktu.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU). Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis menyadari bahwa banyak pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, serta dukungan baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Akrim, M.Pd, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU).
2. Bapak Assoc. Dr. Al-Khowarizmi, S.Kom., M.Kom., selaku Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (FIKTI) UMSU. Tanpa bimbingan serta bantuan yang diberikan, skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik.
3. Ibu Dr. Firaahmi Rizky, S.Kom., M.Kom., selaku Wakil Dekan I, atas bimbingan dan dukungan yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

4. Bapak Mhd Basri, S.Si., M.Kom., selaku Wakil Dekan III, atas bimbingan, arahan, dan dukungan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini
5. Ibu Fatma Sari Hutagalung, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknologi Informasi FIKTI UMSU. Setiap dukungan dan bantuan yang diberikan sangat berarti dan menjadi motivasi bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Okvi Nugroho, S.Kom., M.Kom., selaku Sekretaris Program Studi Teknologi Informasi FIKTI UMSU, atas segala arahan dan dukungan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini.
7. Bapak Mhd. Basri, S.Si, M.Kom. Sebagai Dosen Pembimbing yang senantiasa telah membimbing dan mengarahkan penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi dengan sebaik-baiknya.
8. Terima kasih kepada ayah dan mama yang selalu mendoakan dan mendukung saya dalam penyusunan skripsi.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih memiliki kekurangan karena keterbatasan pengetahuan dan kemampuan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi penyempurnaan karya ini. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakaatuh

Medan, 6 Maret 2026



Raushan Dhamir

RANCANG BANGUN SISTEM *IOT* UNTUK MONITORING GETARAN DAN *STRESS* PADA ATAP ATAU KANOPI RUMAH BERBASIS ESP32

ABSTRAK

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan pemantauan kondisi suatu objek dilakukan secara real-time dan berkelanjutan. Salah satu penerapannya adalah pada pemantauan struktur ringan seperti atap atau kanopi rumah yang rentan mengalami perubahan kondisi akibat pengaruh lingkungan maupun perubahan beban pada struktur. Pemantauan yang masih dilakukan secara manual menyebabkan perubahan kondisi tersebut sulit terdeteksi secara dini. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring berbasis IoT untuk memantau kondisi getaran, beban struktural, serta lingkungan pada struktur kanopi. Sistem menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama yang terintegrasi dengan sensor MPU6050 untuk mendeteksi getaran, load cell dengan modul HX711 untuk mengukur beban, serta sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembaban. Data hasil pengukuran ditampilkan melalui layar OLED dan dikirimkan melalui jaringan WiFi ke server untuk disimpan dalam database serta divisualisasikan pada dashboard monitoring berbasis web. Data kemudian diolah menggunakan metode Index Perkiraan Korosi Relatif (IPKR) yang dihitung dari parameter suhu, kelembaban, getaran, dan beban. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan akuisisi, pengiriman, dan visualisasi data secara real-time sehingga dapat membantu proses pemantauan kondisi struktur ringan secara lebih efektif.

Kata kunci: Internet of Things, Monitoring Struktur Ringan, Getaran, Beban Struktural, ESP32, IPKR

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF AN IOT-BASED SYSTEM FOR
MONITORING VIBRATION AND STRESS ON HOUSE ROOFS OR
CANOPIES USING ESP32**

ABSTRACT

The development of Internet of Things (IoT) technology enables continuous and real-time monitoring of various objects and environments. One relevant application is the monitoring of lightweight structures such as house roofs or canopies, which are vulnerable to environmental influences such as wind, rain, and structural load changes. Manual monitoring methods often make it difficult to detect structural condition changes at an early stage. This research aims to design and implement an IoT-based monitoring system to observe vibration, structural load, and environmental conditions on canopy structures. The system uses an ESP32 microcontroller integrated with an MPU6050 sensor for vibration detection, a load cell with an HX711 module for measuring structural load, and a DHT22 sensor for measuring temperature and humidity. Measurement data are displayed locally on an OLED screen and transmitted via WiFi to a web server for database storage and visualization through a web-based monitoring dashboard. The collected data are processed using the Relative Corrosion Prediction Index (IPKR) method calculated from temperature, humidity, vibration, and structural load parameters. The results show that the system is capable of performing real-time data acquisition, transmission, and visualization, providing an effective solution for monitoring the condition of lightweight structures.

Keywords: *Internet of Things, Structural Monitoring, Vibration, Structural Load, ESP32, IPKR*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
ABSTRAK	ix
<i>ABSTRACT</i>	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	5
1.5 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Internet of Things (IoT)	7
2.2 ESP32 sebagai Mikrokontroler IoT	9
2.3 Sensor Getaran MPU6050.....	10
2.4 Load Cell dan Modul HX711	11
2.5 Sensor Suhu dan Kelembaban DHT22	13
2.6 Layar OLED sebagai Media Monitoring Lokal.....	15
2.7 Monitoring Getaran dan Stress pada Struktur Ringan	15
2.8 Perkiraan Potensi Korosi Berbasis Data Sensor.....	16
2.9 Min–Max Normalization.....	17
2.10 Penelitian Terkait.....	18
2.11 Flowchart.....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian.....	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	22
3.2.1 Perangkat Keras	23

3.2.2 Perangkat Lunak.....	23
3.3 Tahapan Penelitian	23
3.4 Perancangan Sistem	24
3.4.1 Gambaran Umum Sistem	24
3.4.2 Diagram Blok Sistem	25
3.4.3 Perancangan Perangkat Keras	26
3.4.4 Perancangan Perangkat Lunak	28
3.4.5 Perancangan Database.....	29
3.4.6 Perancangan Dashboard Monitoring.....	29
3.5 Teknik Pengumpulan Data dan Estimasi Perkiraan Korosi	30
3.5.1 Parameter yang Digunakan	31
3.5.2 Normalisasi Data	31
3.5.3 Perhitungan Indeks Potensi Korosi Relatif (IPKR)	33
3.6 Flowchart Alat.....	35
3.7 Teknik Pengujian Sistem.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	37
4.1 Implementasi Sistem	37
4.2 Pengujian Sensor.....	38
4.2.1 Pengujian MPU6050	38
4.2.2 Pengujian HX711 dan Kalibrasi Loadcell.....	40
4.2.3 Pengujian DHT22	41
4.3 Implementasi Code.....	42
4.4 Pengujian Keseluruhan Alat.....	45
4.5 Pengujian Dashboard	47
4.6 Pengujian Nilai IPKR.....	49
BAB V PENUTUP	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 ESP 32.....	10
Gambar 2. 2 MPU6050.....	11
Gambar 2. 3 Load Cell dan HX711	13
Gambar 2. 4 DHT22	14
Gambar 2. 5 OLED.....	15
Gambar 2. 6 Diagram Konsep Monitoring Hybrid pada Struktur Ringan	16
Gambar 3. 1 Flowchart Tahap Penelitian	24
Gambar 3. 2 Diagram Arsitektur Sistem	25
Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem.....	26
Gambar 3. 4 Rangkaian Pada Wokwi	26
Gambar 3. 5 Skema Kasar Tampilan Dashboard.....	30
Gambar 3. 6 Flowchart Alat	35
Gambar 4. 1 Tampilan Alat.....	37
Gambar 4. 2 Ilustrasi Penempatan Alat	38
Gambar 4. 3 Pengujian MPU6050 pada Serial Monitor.....	39
Gambar 4. 4 Pengujian HX711+Loadcell pada serial monitor.....	41
Gambar 4. 5 Pengujian DHT22 pada Serial Monitor	42
Gambar 4. 6 Code pada Aduino IDE.....	43
Gambar 4. 7 Proses Pengujian.....	46
Gambar 4. 8 Tampilan Pada OLED	46
Gambar 4. 9 Dashboard Monitoring Kondisi Kanopi	48
Gambar 4. 10 Tabel data Pada Dashboard.....	48
Gambar 4. 11 Mobile Dashboard Monitoring Kondisi Kanopi	49
Gambar 4. 12 Bar IPKR jika status aman.....	50
Gambar 4. 13 Bar IPKR jika status waspada.....	50
Gambar 4. 14 Bar IPKR jika status bahaya	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi Umum ESP32.....	10
Tabel 2. 2 Karakteristik Sensor MPU6050.....	11
Tabel 2. 3 Spesifikasi Load cell dan HX711	13
Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor DHT22.....	14
Tabel 2. 5 Ringkasan Penelitian Terkait	18
Tabel 2. 6 Simbol-Simbol Pada Flowchart.....	20
Tabel 3. 1 Daftar Perangkat Keras	23
Tabel 3. 2 Daftar Perangkat Lunak.....	23
Tabel 3. 3 Konfigurasi Pin ESP32 dan Koneksi Perangkat.....	27
Tabel 3. 4 Struktur Tabel Database Monitoring.....	29
Tabel 3. 5 Parameter Nilai Sensor	31
Tabel 3. 6 Klasifikasi Indeks Potensi Korosi Relatif (IPKR).....	34
Tabel 3. 7 Pengujian Sistem	36
Tabel 4. 1 Sampel data MPU6050 ketika tidak ada getaran.....	39
Tabel 4. 2 Sampel data MPU6050 ketika terjadi getaran	40
Tabel 4. 3 Sampel data HX711 tanpa beban.....	41
Tabel 4. 4 Sampel data HX711 dengan beban.....	41
Tabel 4. 5 Penjelasan Code.....	43
Tabel 4. 6 Pengujian IPKR	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Struktur ringan seperti atap dan kanopi rumah merupakan bagian bangunan yang berfungsi melindungi penghuni dari pengaruh lingkungan, seperti panas matahari, hujan, dan angin. Struktur ini umumnya tersusun atas rangka baja ringan atau besi hollow yang menopang material penutup atap, seperti seng atau bahan sejenis. Meskipun tidak dikategorikan sebagai struktur utama bangunan, kondisi struktur ringan tetap memiliki peran penting terhadap keselamatan dan kenyamanan penghuni. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa struktur ringan memiliki karakteristik respons yang sensitif terhadap pengaruh lingkungan, khususnya beban dan getaran, sehingga berpotensi mengalami penurunan kinerja apabila tidak dipantau secara memadai (Hidayat et al., 2021), (Kavre et al., 2019).

Dalam kondisi operasional sehari-hari, atap atau kanopi rumah mengalami kombinasi beban statik dan dinamis. Beban statik dapat berupa berat material atap itu sendiri, genangan air hujan, serta akumulasi kotoran yang terjadi secara bertahap. Sementara itu, beban dinamis umumnya berasal dari pengaruh angin dan hujan yang menimbulkan getaran pada permukaan atap, kemudian diteruskan ke rangka struktur. Penelitian di bidang monitoring struktur menunjukkan bahwa interaksi antara beban statik dan dinamis dapat mempengaruhi respons struktur secara keseluruhan, terutama pada struktur ringan yang memiliki tingkat kekakuan lebih rendah dibandingkan struktur utama (Xu et al., 2019; Spreadsheet-Based Bridge Vibration Monitoring System, 2021). Pada praktiknya, pemantauan kondisi struktur ringan pada bangunan rumah tinggal masih dilakukan secara konvensional.

Pemeriksaan umumnya bersifat visual dan hanya dilakukan ketika telah muncul indikasi kerusakan yang jelas, seperti deformasi rangka, kebocoran, atau suara tidak normal saat terjadi hujan dan angin kencang. Pendekatan ini bersifat reaktif dan tidak mampu memberikan informasi awal mengenai perubahan kondisi struktur yang terjadi secara perlahan. Beberapa studi menyebutkan bahwa metode inspeksi konvensional memiliki keterbatasan dalam mendeteksi perubahan kecil yang terjadi sebelum kerusakan signifikan muncul, sehingga diperlukan pendekatan monitoring berbasis sensor untuk meningkatkan kemampuan deteksi dini (Kim et al., 2020) (Electronics Journal, 2024).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang untuk diterapkannya sistem monitoring yang mampu bekerja secara otomatis, real-time, dan berkelanjutan. IoT memungkinkan integrasi antara sensor, mikrokontroler, jaringan komunikasi, dan sistem penyimpanan data sehingga proses pengamatan kondisi fisik suatu objek dapat dilakukan tanpa keterlibatan manusia secara langsung. Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa penerapan IoT pada sistem monitoring mampu meningkatkan efektivitas pengumpulan data serta mempermudah penyajian informasi melalui antarmuka berbasis web (Design and Build an IoT System, 2020)

Dalam konteks monitoring struktur, sensor getaran banyak digunakan sebagai indikator kondisi dinamis. Perubahan pola getaran dapat mencerminkan adanya perubahan kondisi struktur akibat pengaruh lingkungan atau beban tertentu. Penelitian terkini menunjukkan bahwa sensor getaran berbiaya rendah dapat dimanfaatkan untuk monitoring struktur secara praktis tanpa memerlukan peralatan pengukuran yang kompleks. Pendekatan ini dinilai sesuai untuk diterapkan pada

struktur ringan, termasuk atap dan kanopi rumah, yang membutuhkan sistem monitoring sederhana namun informatif (Kim et al., 2020)

Selain parameter getaran, pengukuran beban juga dapat digunakan sebagai indikator perubahan kondisi struktur. Sensor load cell memungkinkan pengukuran beban secara langsung dan kontinu, sehingga perubahan beban statik dapat diamati sebagai bentuk stress relatif pada rangka struktur. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa load cell yang dikombinasikan dengan modul penguat dan mikrokontroler mampu memberikan data beban yang cukup akurat untuk keperluan monitoring, tanpa harus melakukan analisis kekuatan material secara detail (Automatic Load Detector Design, 2019)

Berdasarkan kajian tersebut, pendekatan monitoring yang menggabungkan pengamatan kondisi dinamis dan statik dinilai lebih representatif dalam menggambarkan kondisi struktur ringan secara menyeluruh. Pendekatan hybrid ini memungkinkan sistem untuk mendeteksi perubahan pola getaran sekaligus perubahan beban yang terjadi pada struktur. Beberapa penelitian sebelumnya mengindikasikan bahwa kombinasi beberapa parameter monitoring dapat meningkatkan keandalan sistem dalam memberikan informasi awal mengenai perubahan kondisi struktur (Rumbaman, 2019).

Agar data hasil monitoring dapat dimanfaatkan secara optimal, diperlukan sistem penyajian informasi yang mudah diakses dan dipahami oleh pengguna. Dashboard berbasis web menjadi solusi yang umum digunakan untuk menampilkan data monitoring secara real-time dan historis. Penelitian-penelitian berbasis IoT menunjukkan bahwa integrasi antara sistem monitoring dan dashboard web dapat meningkatkan efektivitas pemantauan serta mendukung pengambilan keputusan

berbasis data, khususnya pada sistem monitoring skala kecil berbasis mikrokontroler seperti ESP32 (Sari et al., 2022)

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem berbasis Internet of Things untuk memantau getaran dan tegangan (stress) pada struktur ringan atap atau kanopi rumah?
2. Bagaimana mengimplementasikan sensor getaran, sensor beban, serta sensor lingkungan dalam satu sistem monitoring berbasis ESP32?
3. Bagaimana sistem monitoring berbasis IoT dapat memberikan estimasi potensi korosi pada material kanopi (seng) berdasarkan data sensor lingkungan serta respons struktur yang tersimpan dalam database?
4. Bagaimana menampilkan hasil monitoring kondisi struktur secara real-time sebagai informasi mengenai kondisi atap atau kanopi?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah dan tidak menyimpang dari tujuan yang telah ditetapkan, maka batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Objek penelitian dibatasi pada struktur ringan berupa atap atau kanopi rumah.
2. Sistem dirancang dalam bentuk prototype dan diuji pada skala terbatas.
3. Monitoring beban dilakukan untuk melihat perubahan beban relatif, bukan untuk menghitung kapasitas beban struktural secara absolut.

4. Parameter yang diamati meliputi getaran, perubahan beban, suhu, dan kelembaban lingkungan.
5. Perkiraan tingkat korosi yang dimaksud dalam penelitian ini bersifat relatif dan indikatif, bukan pengukuran laju korosi material secara langsung.
6. Perhitungan potensi korosi didasarkan pada pengolahan data suhu, kelembaban, getaran, dan perubahan beban yang tersimpan dalam database.
7. Penelitian tidak membahas analisis teknik sipil atau perhitungan kekuatan struktur secara mendalam.
8. Struktur rangka yang menjadi subjek uji coba dibatasi pada rangka ringan yang umum digunakan, seperti baja ringan, besi hollow, dan aluminium, dengan material penutup atap berupa seng.
9. Sensor getaran ditempatkan pada permukaan kanopi, sedangkan sensor beban ditempatkan pada rangka struktur sebagai elemen penopang utama.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun sistem monitoring struktur ringan berbasis Internet of Things.
2. Mengintegrasikan sensor getaran, sensor beban, dan sensor lingkungan untuk memantau kondisi atap atau kanopi rumah.
3. Memberikan informasi pendukung berupa perkiraan potensi korosi pada kanopi rumah berdasarkan data monitoring lingkungan dan struktur.
4. Menyajikan data hasil monitoring secara real-time sebagai indikator awal kondisi struktur ringan.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menambah referensi dan kajian ilmiah terkait penerapan IoT untuk monitoring kondisi struktur ringan berbasis sensor.
2. Memberikan solusi awal berupa sistem monitoring yang dapat membantu pemantauan kondisi atap atau kanopi rumah secara real-time.
3. Sebagai upaya deteksi dini terhadap perubahan kondisi struktur yang menyimpang dari kondisi normal, sehingga potensi risiko kerusakan dapat diketahui lebih awal.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan konsep sistem yang menghubungkan berbagai objek fisik dengan jaringan internet sehingga objek tersebut mampu melakukan pengumpulan, pengiriman, dan pertukaran data secara otomatis. Dalam sistem IoT, objek fisik umumnya dilengkapi dengan sensor, perangkat pemrosesan, dan modul komunikasi yang memungkinkan data dari lingkungan sekitar dapat dikirimkan ke sistem pusat untuk dianalisis dan ditampilkan kepada pengguna. Beberapa penelitian terkini menyebutkan bahwa IoT menjadi fondasi utama dalam pengembangan sistem monitoring modern karena kemampuannya dalam menyediakan data secara real-time dan berkelanjutan (Design and Build an IoT System, 2020), (IOT Paper IITBBS, 2019).

Arsitektur sistem IoT umumnya terdiri dari beberapa lapisan utama, yaitu lapisan sensor, lapisan pemrosesan, lapisan komunikasi, dan lapisan aplikasi. Lapisan sensor berfungsi untuk mengumpulkan data fisik dari lingkungan, seperti suhu, getaran, atau beban. Lapisan pemrosesan berperan dalam mengolah data awal menggunakan mikrokontroler atau perangkat komputasi ringan. Selanjutnya, lapisan komunikasi bertugas mengirimkan data melalui jaringan internet ke server atau basis data, sedangkan lapisan aplikasi menyediakan antarmuka bagi pengguna untuk memantau dan menganalisis data. Model arsitektur ini banyak digunakan dalam sistem monitoring berbasis IoT karena bersifat modular dan mudah dikembangkan (IPSUMTEC, 2021), (IOT Paper IITBBS, 2019).

Dalam konteks sistem monitoring, IoT memungkinkan proses pengamatan kondisi dilakukan secara otomatis tanpa keterlibatan manusia secara langsung. Data yang diperoleh dari sensor dapat disimpan dalam basis data dan diolah untuk mengetahui pola tertentu atau perubahan kondisi yang terjadi dari waktu ke waktu. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penerapan IoT pada sistem monitoring mampu meningkatkan efisiensi pengumpulan data serta mempercepat proses pengambilan keputusan karena informasi dapat diakses secara real-time melalui jaringan internet (IJRPR, 2022).

Penerapan IoT juga banyak dikombinasikan dengan sistem berbasis web sebagai media penyajian data. Dashboard berbasis web memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi objek yang dimonitor secara jarak jauh melalui perangkat komputer atau perangkat bergerak. Penelitian yang mengimplementasikan IoT berbasis website menunjukkan bahwa integrasi antara sensor, mikrokontroler, server, dan antarmuka web dapat meningkatkan kemudahan pemantauan serta memberikan visualisasi data yang lebih informatif bagi pengguna (Sari et al., 2022)

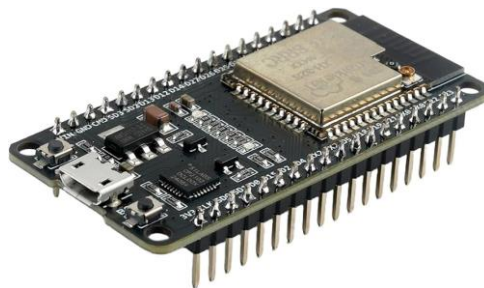
Dalam penelitian ini, konsep IoT digunakan sebagai dasar dalam pengembangan sistem monitoring struktur ringan. IoT memungkinkan integrasi antara sensor getaran, sensor beban, dan sensor lingkungan dengan mikrokontroler serta sistem penyimpanan data berbasis server. Dengan pendekatan ini, data hasil monitoring dapat dikirimkan secara real-time dan ditampilkan melalui dashboard web, sehingga pengguna dapat memantau kondisi struktur secara berkelanjutan tanpa harus melakukan pemeriksaan langsung di lokasi

2.2 ESP32 sebagai Mikrokontroler IoT

ESP32 merupakan mikrokontroler berbasis *System on Chip* (SoC) yang dirancang untuk mendukung pengembangan aplikasi Internet of Things. ESP32 telah dilengkapi dengan unit pemrosesan, memori, serta modul komunikasi nirkabel seperti WiFi dan Bluetooth dalam satu chip, sehingga memungkinkan perangkat untuk terhubung langsung ke jaringan internet. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa ESP32 banyak digunakan dalam sistem IoT karena kemampuannya dalam menangani proses monitoring berbasis jaringan secara efisien dan fleksibel (Gregorius Ivan, 2020) (IOT Paper IITBBS, 2019).

ESP32 juga mendukung berbagai antarmuka input dan output seperti GPIO, I2C, SPI, dan UART, yang memudahkan integrasi dengan berbagai jenis sensor pada sistem monitoring. Dalam penelitian ini, ESP32 digunakan sebagai pengendali utama yang membaca data sensor, mengelola komunikasi jaringan, serta mengirimkan data ke sistem penyimpanan dan dashboard berbasis web. Pemilihan ESP32 diharapkan dapat mendukung implementasi sistem monitoring struktur ringan berbasis IoT secara efektif dan mudah dikembangkan pada tahap selanjutnya (Mahfuddin & Zuhri, 2021)

Dalam penelitian ini, ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali sistem yang bertugas membaca data dari sensor, memproses data awal, serta menampilkan informasi hasil monitoring secara real-time melalui media tampilan lokal.



Gambar 2. 1 ESP 32

Tabel 2. 1 Spesifikasi Umum ESP32

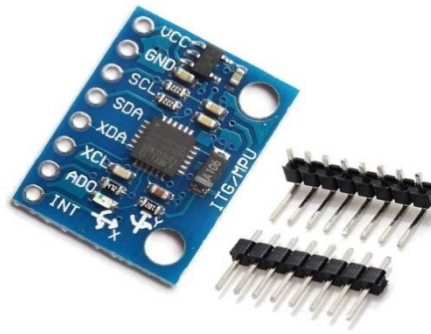
Parameter	Keterangan
Tegangan Operasi	3,3 V
Prosesor	Dual-core Xtensa
Konektivitas	WiFi, Bluetooth
Antarmuka	GPIO, I2C, SPI, UART
Lingkungan Pemrograman	Arduino IDE

2.3 Sensor Getaran MPU6050

Sensor getaran merupakan komponen penting dalam sistem monitoring struktur karena mampu merekam respons dinamis yang terjadi akibat pengaruh lingkungan, seperti angin dan hujan. Sensor getaran berbasis accelerometer banyak digunakan dalam penelitian monitoring struktur karena mampu mendeteksi perubahan percepatan yang berkaitan dengan getaran pada suatu objek. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa data getaran dapat digunakan sebagai indikator awal perubahan kondisi struktur, terutama pada struktur ringan yang memiliki respons dinamis relatif lebih sensitif dibandingkan struktur berskala besar (Kim et al., 2020), (Kavre et al., 2019).

Pada sistem monitoring struktur ringan, sensor MPU6050 digunakan untuk mendeteksi getaran yang terjadi pada permukaan kanopi atau atap. Getaran yang terdeteksi umumnya berasal dari pengaruh lingkungan seperti angin dan hujan. Dalam penelitian ini, data getaran tidak digunakan untuk menentukan kekuatan struktur, melainkan sebagai indikator kondisi dinamis dan perubahan pola getaran yang terjadi pada atap atau kanopi (Kim et al., 2020).

Penempatan MPU6050 pada permukaan kanopi bertujuan untuk menangkap getaran awal yang terjadi pada material penutup atap sebelum diteruskan ke rangka struktur. Pendekatan ini memungkinkan sistem untuk memantau respons dinamis kanopi secara langsung.



Gambar 2. 2 MPU6050

Tabel 2. 2 Karakteristik Sensor MPU6050

PARAMETER	KETERANGAN
Jenis Sensor	Accelerometer & Gyroscope
Jumlah Sumbu	3 sumbu
Fungsi Utama	Deteksi getaran dan orientasi
Antarmuka	I2C
Aplikasi	Monitoring kondisi dinamis

2.4 Load Cell dan Modul HX711

Load cell merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur gaya atau beban berdasarkan prinsip perubahan resistansi pada *strain gauge* akibat deformasi mekanik. Ketika beban diberikan, terjadi perubahan kecil pada resistansi yang kemudian dikonversi menjadi sinyal listrik. Dalam sistem monitoring, pengukuran beban dapat dimanfaatkan sebagai indikator perubahan kondisi statik pada suatu struktur, khususnya untuk mengamati adanya peningkatan atau penurunan beban

yang terjadi secara bertahap. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa load cell banyak digunakan dalam sistem monitoring beban karena mampu memberikan data pengukuran yang stabil dan berkelanjutan (Automatic Load Detector Design, 2019).

Sinyal keluaran dari load cell umumnya sangat kecil sehingga memerlukan penguat dan konverter analog ke digital sebelum dapat diproses oleh mikrokontroler. Modul HX711 merupakan penguat sekaligus *Analog to Digital Converter* (ADC) yang dirancang khusus untuk aplikasi load cell. HX711 banyak digunakan dalam sistem pengukuran beban karena memiliki resolusi tinggi dan kestabilan yang cukup baik, sehingga mampu mendukung pembacaan beban secara real-time pada sistem monitoring berbasis mikrokontroler (TIJERE, 2019).

Dalam penelitian ini, load cell dengan kapasitas 5 kg digunakan untuk memonitor perubahan beban relatif pada rangka struktur ringan. Sensor ini ditempatkan pada bagian rangka sebagai elemen penopang utama, sehingga perubahan beban yang terukur mencerminkan perubahan stress struktural secara relatif.



Gambar 2. 3 Load Cell dan HX711

Tabel 2. 3 Spesifikasi Load cell dan HX711

PARAMETER	LOAD CELL	HX711
Kapasitas	5 kg	–
Fungsi	Pengukuran beban	Penguat & ADC
Sinyal Keluaran	Analog	Digital
Antarmuka	–	GPIO
Aplikasi	Monitoring stress relatif	–

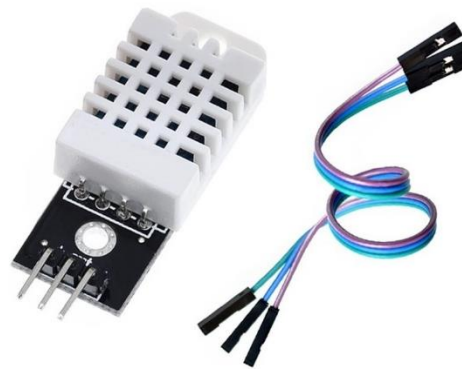
2.5 Sensor Suhu dan Kelembaban DHT22

Sensor suhu dan kelembaban digunakan dalam sistem monitoring untuk mengamati kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi kinerja suatu struktur. Parameter suhu dan kelembaban berperan penting karena perubahan lingkungan dapat berdampak pada material struktur, baik secara langsung maupun tidak langsung. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemantauan kondisi lingkungan menjadi bagian pendukung yang relevan dalam sistem monitoring berbasis IoT, terutama untuk memberikan konteks terhadap perubahan kondisi fisik yang terukur pada objek yang dimonitor (IJRPR, 2022).

DHT22 merupakan sensor digital yang mampu mengukur suhu dan kelembaban udara dengan tingkat akurasi yang cukup baik serta mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler. Sensor ini banyak digunakan dalam sistem monitoring berbasis IoT karena memiliki antarmuka digital yang sederhana dan stabil dalam pengiriman data. Penelitian-penelitian terkait sistem monitoring lingkungan menunjukkan bahwa sensor seperti DHT22 sesuai digunakan pada

aplikasi monitoring skala kecil hingga menengah, khususnya pada sistem berbasis mikrokontroler dan jaringan internet (JSIT, 2021).

Dalam penelitian ini, sensor DHT22 digunakan sebagai sensor pendukung untuk memantau kondisi lingkungan di sekitar struktur ringan yang dimonitor. Data suhu dan kelembaban tidak digunakan sebagai parameter utama dalam penilaian kondisi struktur, tetapi sebagai informasi tambahan yang membantu dalam interpretasi data getaran dan beban. Pendekatan ini sejalan dengan penelitian IoT berbasis monitoring yang mengombinasikan parameter lingkungan dengan parameter fisik utama untuk memperoleh gambaran kondisi sistem yang lebih menyeluruh (Design and Build an IoT System, 2020).



Gambar 2. 4 DHT22

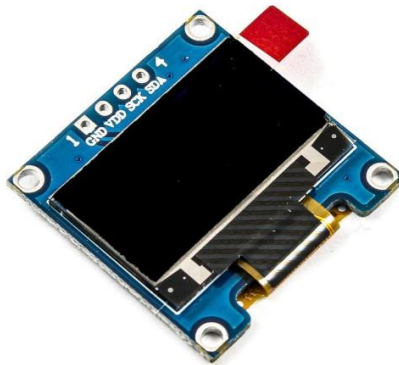
Tabel 2. 4 Spesifikasi Sensor DHT22

PARAMETER	NILAI
Pengukuran Suhu	-40°C hingga 80°C
Pengukuran Kelembaban	0–100% RH
Akurasi Suhu	±0,5°C
Antarmuka	Digital

2.6 Layar OLED sebagai Media Monitoring Lokal

OLED merupakan jenis layar yang memiliki konsumsi daya rendah dan kontras tampilan yang tinggi. Layar OLED banyak digunakan pada sistem embedded sebagai media tampilan informasi secara langsung.

Pada sistem monitoring yang dirancang, layar OLED digunakan untuk menampilkan hasil pembacaan sensor secara real-time, seperti nilai getaran, perubahan beban, suhu, dan kelembaban. Keberadaan tampilan lokal ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi struktur secara langsung tanpa harus terhubung ke sistem monitoring berbasis jaringan.



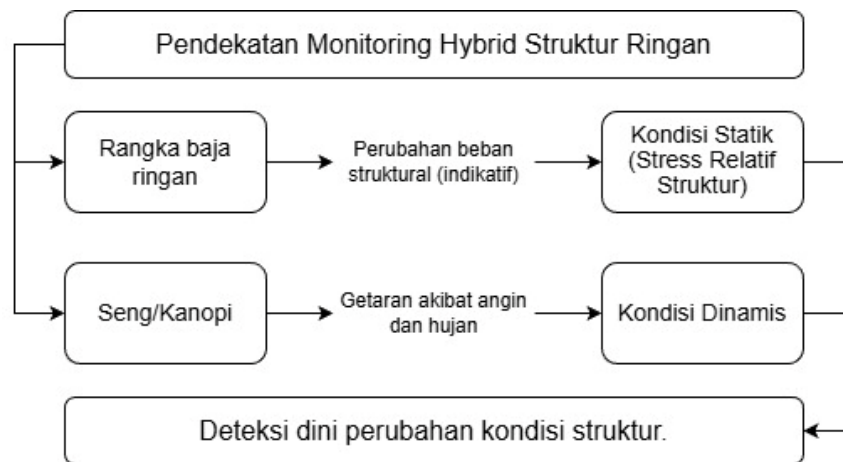
Gambar 2. 5 OLED

2.7 Monitoring Getaran dan Stress pada Struktur Ringan

Monitoring struktur ringan bertujuan untuk mengamati perubahan kondisi struktur akibat pengaruh beban dan lingkungan. Dalam penelitian ini, pendekatan monitoring dilakukan dengan memisahkan pengamatan kondisi dinamis dan kondisi statik.

Getaran yang terdeteksi pada permukaan kanopi digunakan sebagai indikator kondisi dinamis, sedangkan perubahan beban yang terukur pada rangka

struktur digunakan sebagai indikator stress struktural secara relatif. Pendekatan hybrid ini memungkinkan sistem untuk memberikan informasi awal mengenai perubahan kondisi struktur tanpa melakukan analisis teknik sipil secara mendalam.



Gambar 2. 6 Diagram Konsep Monitoring Hybrid pada Struktur Ringan

2.8 Perkiraan Potensi Korosi Berbasis Data Sensor

Korosi pada material penutup atap berbahan seng merupakan proses degradasi yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan paparan jangka panjang, terutama suhu dan kelembaban udara. Penelitian-penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa tingkat kelembaban yang tinggi, suhu lingkungan, serta durasi paparan terhadap air hujan merupakan faktor utama yang mempercepat proses korosi pada material logam di lingkungan atmosfer terbuka (Popova & Prošek, 2022), (Takeyama et al., 2025).

Selain itu, respons fisik struktur seperti getaran berulang dan perubahan beban juga dapat berkontribusi terhadap kerusakan lapisan pelindung material, sehingga meningkatkan potensi terjadinya korosi (Mercado et al., 2025). Oleh karena itu, dalam konteks penelitian ini, data suhu, kelembaban, getaran, dan perubahan beban yang dikumpulkan secara kontinu melalui sistem IoT dapat

dimanfaatkan untuk memberikan perkiraan potensi korosi secara relatif, bukan sebagai pengukuran laju korosi material, melainkan sebagai indikator awal risiko degradasi pada kanopi rumah.

2.9 Min–Max Normalization

Min–max normalization merupakan salah satu metode normalisasi data yang digunakan untuk mengubah nilai suatu variabel ke dalam rentang skala tertentu, umumnya antara 0 hingga 1. Metode ini bertujuan untuk menyetarakan skala data yang berasal dari berbagai parameter dengan satuan dan rentang nilai yang berbeda. Dalam sistem monitoring berbasis sensor, perbedaan skala antarparameter dapat menyebabkan ketidakseimbangan kontribusi data jika dilakukan penggabungan nilai secara langsung tanpa proses normalisasi.

Secara matematis, min–max normalization bekerja dengan memetakan nilai minimum suatu data ke nilai 0 dan nilai maksimum ke nilai 1, sedangkan nilai lainnya akan berada di antara kedua batas tersebut. Dengan pendekatan ini, proporsi dan pola perubahan data asli tetap terjaga, hanya skala nilainya yang diubah. Hal ini menjadikan min–max normalization banyak digunakan pada tahap pra-pemrosesan data (*data preprocessing*), khususnya dalam sistem berbasis indeks, data mining, dan analisis multivariat.

Dalam konteks penelitian ini, min–max normalization digunakan sebagai landasan teoritis untuk menyamakan skala parameter suhu, kelembaban, getaran, dan perubahan beban sebelum dilakukan penggabungan nilai dalam perhitungan indeks potensi korosi relatif. Pemilihan metode ini didasarkan pada kemudahan interpretasi hasil, kesesuaian dengan pendekatan indeks berbobot, serta

kemampuannya menghasilkan nilai normalisasi yang bersifat intuitif dan mudah diklasifikasikan. Oleh karena itu, min–max normalization dinilai sesuai sebagai dasar teoritis dalam pengolahan data sensor pada sistem monitoring struktur ringan berbasis Internet of Things.

2.10 Penelitian Terkait

Penelitian terkait merupakan kajian terhadap penelitian-penelitian sebelumnya yang memiliki keterkaitan dengan topik yang diangkat. Tujuan dari kajian ini adalah untuk mengetahui perkembangan penelitian sejenis, metode yang telah digunakan, serta posisi penelitian yang dilakukan dalam konteks penelitian sebelumnya. Dengan adanya penelitian terkait, dapat diidentifikasi perbedaan, kekurangan, maupun celah penelitian yang dapat dikembangkan.

Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas penerapan Internet of Things (IoT) dalam sistem monitoring, baik untuk pemantauan getaran, beban, maupun kondisi lingkungan. Penelitian-penelitian tersebut menjadi dasar dalam perancangan sistem monitoring pada penelitian ini.

Tabel 2. 5 Ringkasan Penelitian Terkait

No	Peneliti	Tahun	Objek Penelitian	Sensor yang Digunakan	Perbedaan dengan Penelitian Ini
1	Kim et al.	2020	Sistem monitoring getaran	Sensor accelerometer	Fokus pada getaran, tanpa monitoring beban
2	Putra & Nugroho	2019	Sistem pengukuran beban	Load cell & HX711	Monitoring beban saja, tanpa sensor getaran dan IoT terintegrasi

3	Hidayat dkk.	2021	Struktur ringan & lingkungan	Sensor IoT lingkungan	Tidak mengombinasikan getaran dan beban
4	Penelitian ini	2025	Kanopi rumah	MPU6050, Load cell, DHT22	Monitoring hybrid getaran dan beban berbasis IoT

Penelitian yang dilakukan oleh (Kim et al., 2020) membahas sistem monitoring getaran berbasis IoT dengan menggunakan sensor accelerometer. Penelitian tersebut bertujuan untuk memantau getaran suatu objek secara real-time dan menampilkan data hasil pengukuran melalui sistem berbasis jaringan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sensor getaran dan IoT mampu memberikan informasi kondisi objek secara kontinu. Namun, penelitian ini hanya berfokus pada aspek getaran tanpa mempertimbangkan perubahan beban struktural.

Penelitian lain yang dilakukan oleh (Putra dan Nugroho, 2019) merancang sistem monitoring beban menggunakan sensor load cell dan modul HX711 berbasis mikrokontroler. Penelitian ini menitikberatkan pada pengukuran perubahan beban secara akurat dan stabil. Meskipun mampu memberikan data beban yang baik, penelitian tersebut belum mengintegrasikan sensor getaran maupun sistem monitoring berbasis IoT secara menyeluruh.

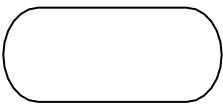
Selanjutnya, penelitian oleh (Hidayat dkk., 2021) membahas implementasi IoT pada sistem monitoring lingkungan dan struktur ringan. Penelitian ini menggunakan beberapa sensor lingkungan untuk memantau kondisi sekitar objek yang diteliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem IoT efektif digunakan dalam monitoring kondisi secara real-time. Namun, penelitian ini belum secara spesifik menggabungkan pemantauan getaran dan beban pada satu sistem terintegrasi.

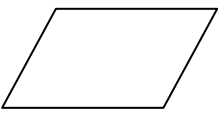
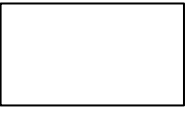
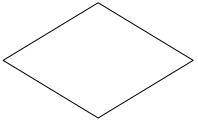
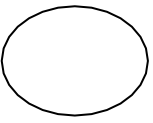
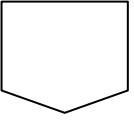
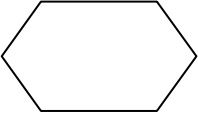

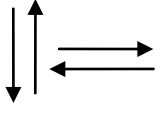
Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, dapat disimpulkan bahwa meskipun sistem monitoring berbasis IoT, sensor getaran, dan sensor beban telah banyak dikembangkan, masih terdapat peluang untuk mengombinasikan ketiga aspek tersebut dalam satu sistem monitoring yang sederhana dan aplikatif. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan sistem monitoring berbasis IoT dengan pendekatan hybrid, yaitu pemantauan getaran pada kanopi menggunakan sensor MPU6050 dan pemantauan perubahan beban pada rangka struktur menggunakan load cell, sebagai sistem deteksi dini terhadap perubahan kondisi yang tidak normal pada struktur ringan atap atau kanopi rumah.

2.11 Flowchart

Flowchart merupakan diagram yang menggambarkan secara grafis langkah-langkah serta urutan prosedur dalam suatu program. Flowchart membantu programmer dan analis dalam memecah permasalahan menjadi bagian-bagian yang lebih kecil, sehingga memudahkan proses analisis serta evaluasi berbagai alternatif penyelesaian masalah. Penggunaan flowchart membuat proses penyelesaian masalah menjadi lebih mudah, terutama untuk permasalahan yang perlu dipelajari dan dievaluasi secara mendalam (Zalukhu et al., 2023). Selain itu, flowchart tidak hanya berfungsi sebagai alat bantu analisis, tetapi juga sebagai sarana komunikasi yang efektif dalam menjelaskan alur kerja suatu sistem.

Tabel 2. 6 Simbol-Simbol Pada Flowchart

NO	SIMBOL	NAMA	FUNGSI
1.		Terminal	Awal atau akhir suatu program (Prosedur).

2.		Output/Input	Proses input atau output terlepas dari jenis perangkat.
3.		Process	Proses operasional Komputer.
4.		Decision	Untuk menunjukkan bahwa suatu kondisi tertentu mengarah pada dua kemungkinan, ya/tidak.
5.		Connector	Koneksi penghubung proses ke proses lain pada halaman yang sama.
6.		Offline Connector	Koneksi Penghubung dari satu proses ke proses lain di halaman lain.
7.		Predefined Process	Mewakili ketentuan penyimpanan untuk diproses untuk memberikan awal harga.
8.		Punched Card	Input berasal dari kartu atau output ditulis ke kartu.
9.		Flow	Menyatakan jalannya arus suatu proses

Dari gambar di atas dapat dijelaskan bahwa penggambaran langkah-langkah atau proses pemecahan masalah dapat dilakukan secara sederhana, mudah dipahami, rapi, dan tidak ambigu dengan menggunakan simbol-simbol standar. Penggunaan simbol-simbol tersebut bertujuan untuk menyajikan alur proses secara sistematis, sehingga flowchart dapat berfungsi sebagai alat yang efektif dalam menjelaskan dan menganalisis suatu permasalahan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Jenis dan Pendekatan Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian eksperimental dengan pendekatan rancang bangun sistem (research and development). Penelitian eksperimental dipilih karena penelitian ini melibatkan proses perancangan, pembuatan, serta pengujian suatu sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT). Penelitian eksperimen memungkinkan peneliti untuk mengamati hubungan sebab-akibat melalui pengujian langsung terhadap sistem yang dikembangkan, sehingga hasil pengukuran yang diperoleh dapat dianalisis secara objektif dan terkontrol (Dermawan & Hasibuan, 2023).

Pendekatan rancang bangun digunakan untuk menghasilkan sebuah sistem yang terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang saling terintegrasi. Sistem yang dikembangkan tidak hanya dirancang secara konseptual, tetapi juga direalisasikan dalam bentuk prototipe dan diuji secara langsung untuk mengetahui kemampuan sistem dalam memonitor getaran dan perubahan beban sebagai indikator *stress* relatif pada struktur ringan kanopi rumah. Pendekatan ini sejalan dengan karakteristik penelitian eksperimen yang menekankan proses perancangan, pengujian, dan evaluasi sistem secara sistematis.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak yang mendukung proses perancangan dan pengujian sistem.

3.2.1 Perangkat Keras

Tabel berikut menunjukkan daftar perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3. 1 Daftar Perangkat Keras

NO	Nama Komponen	Spesifikasi	Jumlah
1	ESP32+Base Board	Mikrokontroler WiFi	1 buah
2	MPU6050	Sensor accelerometer & gyroscope	1 buah
3	Load Cell	Kapasitas 5 kg	1 buah
4	HX711	Modul ADC load cell	1 buah
5	DHT22	Sensor suhu & kelembaban	1 buah
6	OLED	0.96inch I2C	1 buah
8	Kabel jumper	Penghubung rangkaian	Secukupnya

3.2.2 Perangkat Lunak

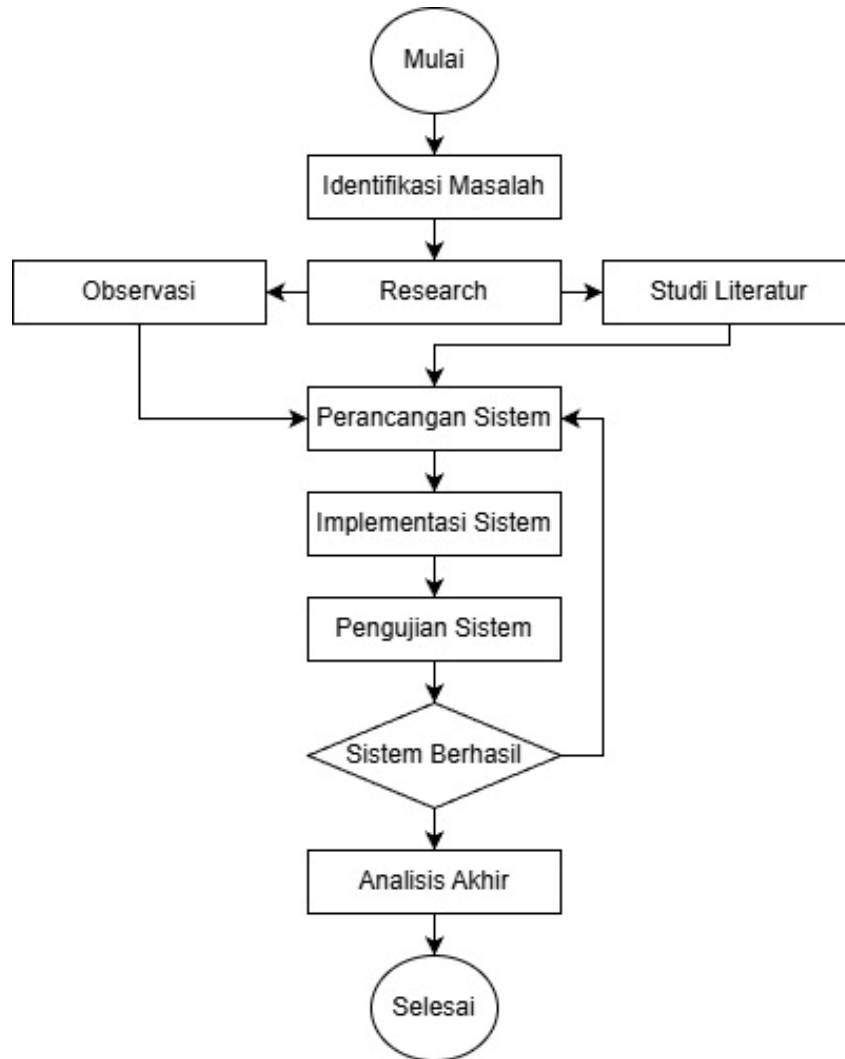
Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 3. 2 Daftar Perangkat Lunak

No	Perangkat Lunak	Fungsi
1	Arduino IDE	Pemrograman ESP32
2	Wokwi	Simulasi rangkaian
3	SQL	DataBase
4	VSCode	Programing

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan secara berurutan untuk memastikan sistem dikembangkan secara sistematis. Tahapan penelitian ditunjukkan sebagai berikut:



Gambar 3. 1 Flowchart Tahap Penelitian

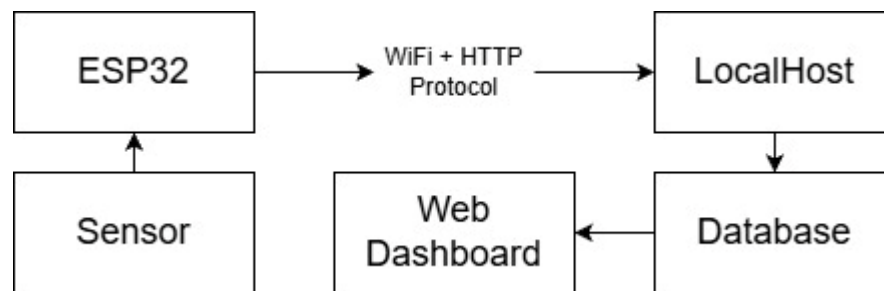
3.4 Perancangan Sistem

3.4.1 Gambaran Umum Sistem

Sistem yang dirancang merupakan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang mampu mengumpulkan, menyimpan, dan menampilkan data hasil monitoring secara real-time maupun historis. Sistem ini terdiri dari sensor getaran, sensor beban, dan sensor lingkungan yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Data hasil pembacaan sensor dikirimkan ke server lokal

(localhost) untuk disimpan dalam database SQL dan ditampilkan dalam bentuk dashboard monitoring.

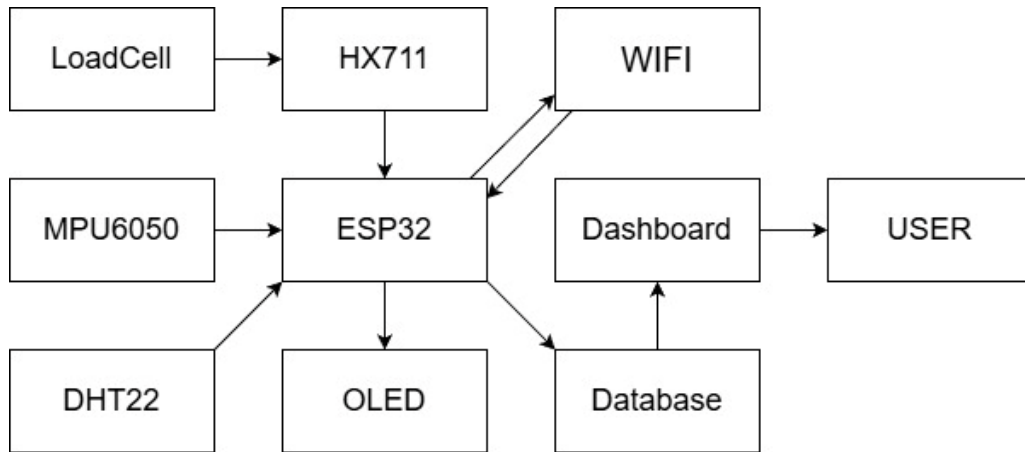
Sensor MPU6050 dipasang pada permukaan kanopi (seng) untuk mendeteksi getaran akibat pengaruh lingkungan seperti angin dan hujan. Load cell dipasang pada rangka struktur untuk mengukur perubahan beban yang diterima rangka sebagai indikator stress relatif. Sensor DHT22 digunakan untuk memantau suhu dan kelembaban lingkungan sebagai data pendukung. Data sensor dibaca oleh ESP32, kemudian dikirimkan melalui jaringan WiFi ke server lokal menggunakan protokol HTTP. Data yang diterima server disimpan ke dalam database MySQL dan ditampilkan dalam dashboard berbasis web.



Gambar 3. 2 Diagram Arsitektur Sistem

3.4.2 Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem menggambarkan hubungan antar komponen dalam sistem monitoring. Sensor MPU6050, load cell (melalui modul HX711), dan DHT22 berfungsi sebagai input data. ESP32 berperan sebagai pengendali utama dan pengirim data ke server. Server localhost berfungsi sebagai pengelola database dan penyedia dashboard monitoring.

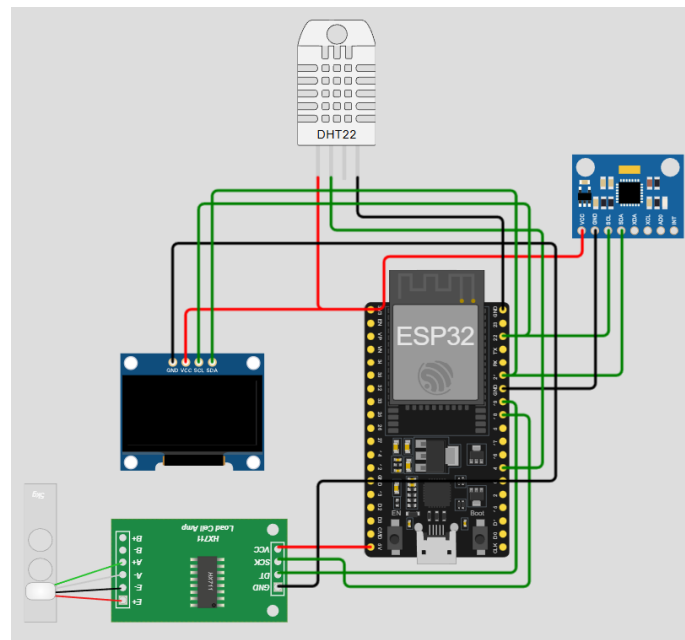


Gambar 3. 3 Diagram Blok Sistem

3.4.3 Perancangan Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras meliputi integrasi seluruh sensor dengan ESP32 serta penyediaan catu daya sistem. Setiap sensor dihubungkan ke ESP32 melalui pin yang sesuai dengan antarmuka komunikasi yang digunakan.

Untuk memastikan kemudahan perakitan dan pemeliharaan sistem, konfigurasi pin dirancang secara sistematis dan terdokumentasi dengan jelas.



Gambar 3. 4 Rangkaian Pada Wokwi

Pada konfigurasi ini digunakan baseboard ESP32 untuk mempermudah distribusi jalur pin, mengurangi tumpang tindih kabel, serta meningkatkan kerapian dan keandalan rangkaian. Setiap perangkat diberikan jalur pin yang terpisah dan jelas sesuai fungsi komunikasinya.

Tabel 3. 3 Konfigurasi Pin ESP32 dan Koneksi Perangkat

NO	Perangkat	Pin Pada Perangkat	Pin ESP32 (Baseboard)	Jenis Sinyal	Keterangan Koneksi
1	MPU6050	VCC	3.3V Rail	Power	Catu daya sensor MPU6050 dari baseboard
		GND	GND Rail	Ground	Ground melalui baseboard
		SDA	GPIO 21	I2C Data	Jalur data I2C khusus sensor getaran
		SCL	GPIO 22	I2C Clock	Jalur clock I2C sensor getaran
2	OLED 0.96"	VCC	3.3V Rail	Power	Catu daya OLED dari baseboard
		GND	GND Rail	Ground	Ground melalui baseboard
		D0	GPIO 18	Clock	Clock OLED
		D1	GPIO 23	Data	Data OLED
		DC	GPIO 2	Command	Instruksi Sistem
		CS	GPIO 5	Chip Select	Komunikasi Layar
		RES	GPIO 4	Reset	Boot Up
3	HX711	VCC	3.3V Rail	Power	Catu daya modul HX711

		GND	GND Rail	Ground	Ground melalui baseboard
		DT	GPIO 32	Digital Input	Jalur data load cell ke ESP32
		SCK	GPIO 33	Digital Output	Jalur clock pembacaan HX711
4	Load Cell	E+ / E-	HX711	Analog	Eksitasi strain gauge
		A+ / A-	HX711	Analog	Sinyal beban ke HX711
5	DHT22	VCC	3.3V Rail	Power	Catu daya sensor DHT22
		GND	GND Rail	Ground	Ground melalui baseboard
		DATA	GPIO 27	Digital Data	Jalur data suhu dan kelembaban

3.4.4 Perancangan Perangkat Lunak

Perangkat lunak sistem dikembangkan menggunakan Arduino IDE untuk sisi mikrokontroler dan bahasa pemrograman web (PHP dan SQL) untuk sisi server. Program pada ESP32 bertugas untuk membaca data sensor, memformat data, dan mengirimkannya ke server lokal melalui koneksi WiFi.

Pada sisi server, skrip PHP digunakan untuk menerima data dari ESP32 dan menyimpannya ke dalam database MySQL. Data yang tersimpan kemudian diolah dan ditampilkan dalam bentuk dashboard monitoring yang dapat diakses melalui browser.

3.4.5 Perancangan Database

Database digunakan untuk menyimpan data hasil monitoring agar dapat dianalisis secara historis. Database yang digunakan adalah MySQL yang dijalankan pada server localhost.

Tabel 3. 4 Struktur Tabel Database Monitoring

NO	NAMA FIELD	TIPE DATA	KETERANGAN
1	id	INT	Primary key
2	waktu	DATETIME	Waktu pencatatan data
3	getaran	FLOAT	Nilai getaran
4	beban	FLOAT	Nilai perubahan beban
5	suhu	FLOAT	Suhu lingkungan
6	kelembaban	FLOAT	Kelembaban lingkungan

3.4.6 Perancangan Dashboard Monitoring

Dashboard monitoring dirancang berbasis web untuk menampilkan data hasil monitoring secara visual. Informasi yang ditampilkan meliputi nilai getaran, perubahan beban, suhu, dan kelembaban, baik dalam bentuk data numerik maupun grafik sederhana.

Dashboard memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi struktur secara real-time serta melihat riwayat data yang tersimpan di database.

Dashboard Monitoring Struktur Ringan		
Dashboard ini menampilkan hasil monitoring getaran, beban, suhu, dan kelembaban pada struktur ringan secara real-time.		
Data Monitoring		
Parameter	Nilai	Satuan
Getaran (MPU6050)	0.023	g
Beban (Load Cell)	3.5	kg
Suhu	30	°C
Kelembaban	70	%
Status Sistem		
Status Struktur	Normal	
Waktu Pembacaan Terakhir	12-06-2026 14:30	

Gambar 3. 5 Skema Kasar Tampilan Dashboard

3.5 Teknik Pengumpulan Data dan Estimasi Perkiraan Korosi

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan membaca data dari sensor getaran, sensor beban, dan sensor lingkungan secara real-time menggunakan mikrokontroler ESP32. Data sensor yang dikumpulkan meliputi nilai getaran pada kanopi, perubahan beban pada rangka struktur, serta suhu dan kelembaban lingkungan di sekitar kanopi rumah. Data dikumpulkan pada kondisi normal dan pada kondisi tertentu, seperti saat terjadi peningkatan getaran akibat angin atau hujan serta penambahan beban ringan, untuk mengamati respons sistem terhadap perubahan kondisi struktur.

Seluruh data hasil pembacaan sensor dikirimkan dan disimpan ke dalam database MySQL secara periodik. Penyimpanan data dilakukan secara berkelanjutan sehingga membentuk data historis yang dapat digunakan untuk analisis lanjutan. Data historis ini memungkinkan pengamatan pola perubahan kondisi struktur dari waktu ke waktu, baik pada parameter dinamis maupun statik.

Selain digunakan untuk monitoring kondisi struktur, data yang tersimpan dalam database juga dimanfaatkan untuk melakukan estimasi perkiraan potensi korosi pada material penutup atap berbahan seng. Estimasi dilakukan dengan mengolah data suhu, kelembaban, getaran, dan perubahan beban menggunakan logika berbasis aturan pada sisi aplikasi. Pendekatan ini bersifat indikatif dan digunakan untuk memberikan informasi awal mengenai kecenderungan kondisi lingkungan dan respons struktur yang berpotensi mempercepat terjadinya korosi, tanpa melakukan pengukuran laju korosi material secara langsung.

3.5.1 Parameter yang Digunakan

Tabel 3. 5 Parameter Nilai Sensor

Parameter	Simbol
Suhu	T
Kelembaban	H
Getaran	V
Perubahan Beban	B

3.5.2 Normalisasi Data

Rumus Umum Normalisasi

$$X_n = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}} \quad (1)$$

a) Normalisasi Suhu (T)

Sensor: DHT22

Satuan: °C

$$T_n = \frac{T - T_{min}}{T_{max} - T_{min}} \quad (2)$$

Keterangan:

- T = suhu aktual
- T_{min} = suhu terendah yang tercatat
- T_{max} = suhu tertinggi yang tercatat

b) Normalisasi Kelembaban (H)

Sensor: DHT22

Satuan: % RH

$$H_n = \frac{H - H_{min}}{H_{max} - H_{min}} \quad (3)$$

Keterangan:

- H = kelembaban aktual
- H_{min}, H_{max} = nilai minimum & maksimum historis

c) Normalisasi Getaran (V)

Sensor: MPU6050

Parameter: magnitudo percepatan getaran

Langkah awal (ringkas):

$$V = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (4)$$

Lalu normalisasi:

$$V_n = \frac{V - V_{min}}{V_{max} - V_{min}} \quad (5)$$

d) Normalisasi Perubahan Beban (L)

Sensor: Load Cell + HX711

Satuan: kg atau N

$$L_n = \frac{L - L_{min}}{L_{max} - L_{min}} \quad (6)$$

Keterangan:

- L = beban terukur
- Nilai perubahan beban (ΔL) lebih diperhatikan daripada nilai absolut
- Beban meningkat \rightarrow indikasi genangan air hujan
- Beban fluktuatif \rightarrow potensi kondisi tidak normal

3.5.3 Perhitungan Indeks Potensi Korosi Relatif (IPKR)

Setelah seluruh data sensor dinormalisasi ke dalam rentang nilai 0 hingga 1, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan Indeks Potensi Korosi Relatif (IPKR). IPKR digunakan untuk memberikan indikator tingkat potensi korosi pada material penutup atap berbahan seng secara relatif berdasarkan kombinasi parameter lingkungan dan respons struktur yang terukur oleh sistem.

Perhitungan IPKR dilakukan dengan menggunakan metode pembobotan terhadap setiap parameter yang telah dinormalisasi. Parameter yang digunakan meliputi suhu (T_n), kelembaban (H_n), getaran (V_n), dan perubahan beban (L_n). Setiap parameter diberikan bobot yang mencerminkan tingkat pengaruh relatifnya terhadap potensi terjadinya korosi atmosfer.

Rumus perhitungan IPKR dinyatakan sebagai berikut:

$$IPKR = 100 \times (0.25T_n + 0.40H_n + 0.20V_n + 0.15L_n) \quad (7)$$

dengan:

- T_n : nilai suhu yang telah dinormalisasi
- H_n : nilai kelembaban yang telah dinormalisasi
- V_n : nilai getaran yang telah dinormalisasi

- L_n : nilai perubahan beban yang telah dinormalisasi

Faktor pengali 100 digunakan untuk mengubah nilai indeks ke dalam skala 0–100 sehingga lebih mudah diinterpretasikan dan disajikan pada dashboard monitoring. Bobot terbesar diberikan pada parameter kelembaban karena kelembaban merupakan faktor dominan yang mempengaruhi proses korosi pada material logam di lingkungan atmosfer terbuka.

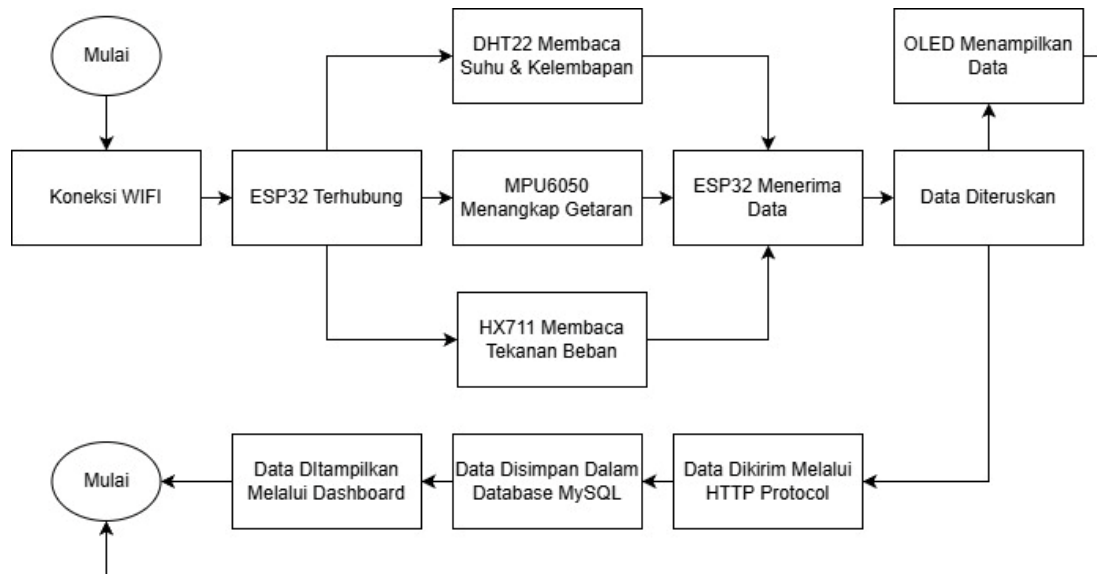
Nilai IPKR yang dihasilkan selanjutnya diklasifikasikan ke dalam beberapa kategori risiko untuk memudahkan interpretasi kondisi struktur, sebagaimana ditunjukkan pada Tabel berikut.

Tabel 3. 6 Klasifikasi Indeks Potensi Korosi Relatif (IPKR)

Rentang Nilai IPKR	Kategori Risiko
0 – 60	Risiko Aman
60 – 80	Risiko Waspada
80 – 100	Risiko Bahaya

Hasil klasifikasi IPKR ini digunakan sebagai indikator awal potensi korosi dan tidak dimaksudkan sebagai pengukuran laju korosi material secara absolut. Nilai IPKR ditampilkan pada dashboard berbasis web untuk mendukung proses monitoring kondisi kanopi rumah secara real-time dan berkelanjutan.

3.6 Flowchart Alat



Gambar 3. 6 Flowchart Alat

Flowchart ini menggambarkan alur kerja sistem monitoring struktur ringan berbasis Internet of Things (IoT) mulai dari inialisasi hingga data ditampilkan pada dashboard. Proses diawali dengan kondisi Mulai, kemudian ESP32 melakukan koneksi WiFi sebagai media komunikasi data. Setelah terhubung ke jaringan, ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali sistem. Selanjutnya, ESP32 menerima data dari sensor-sensor yang terpasang. Sensor DHT22 membaca suhu dan kelembaban lingkungan, sensor MPU6050 mendeteksi getaran pada kanopi atau atap, serta load cell melalui modul HX711 membaca perubahan beban pada rangka struktur. Data dari seluruh sensor tersebut dikumpulkan dan diproses oleh ESP32.

Data hasil monitoring kemudian diteruskan ke dua keluaran. Data ditampilkan secara lokal melalui OLED untuk pemantauan langsung, serta dikirimkan melalui protokol HTTP ke server untuk disimpan dalam database MySQL. Selanjutnya, data yang tersimpan ditampilkan pada dashboard berbasis web sehingga kondisi struktur dapat dipantau secara real-time dan berkelanjutan.

3.7 Teknik Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa seluruh komponen dan sistem bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan. Pengujian dilakukan dalam beberapa tahap.

Tabel 3. 7 Pengujian Sistem

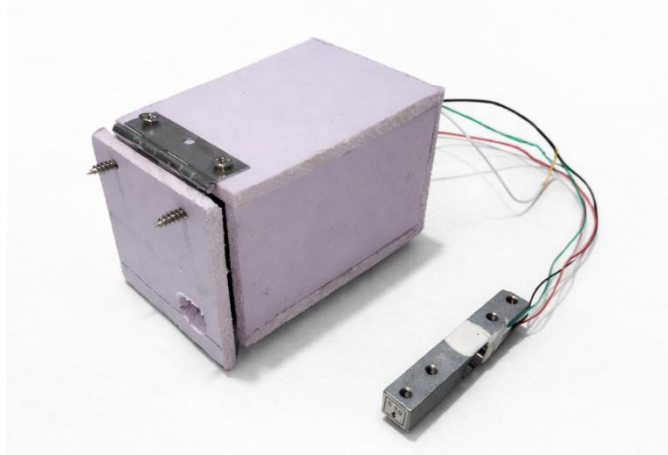
NO	JENIS PENGUJIAN	TUJUAN
1	Pengujian sensor getaran	Memastikan sensor mendeteksi getaran
2	Pengujian load cell	Memastikan perubahan beban terbaca
3	Pengujian tampilan	Memastikan data tampil di OLED

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

Implementasi sistem monitoring dilakukan dengan memasang perangkat pada struktur kanopi rumah. Sistem terdiri dari beberapa komponen utama yaitu mikrokontroler ESP32, sensor MPU6050, load cell dengan modul HX711, sensor DHT22, serta layar OLED sebagai tampilan lokal.

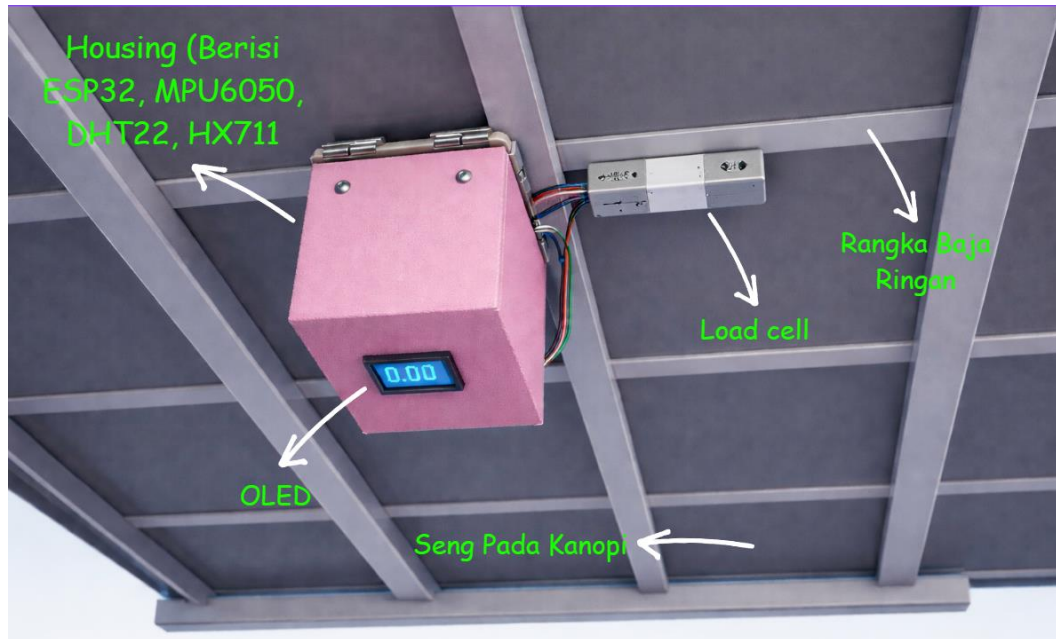


Gambar 4. 1 Tampilan Alat

Seluruh komponen elektronik ditempatkan di dalam housing yang dipasang menempel pada bagian bawah seng kanopi. Housing berfungsi untuk melindungi rangkaian elektronik dari pengaruh lingkungan sekaligus menjaga kerapian instalasi perangkat.

Sensor MPU6050 ditempatkan di dalam housing sehingga dapat mendeteksi getaran yang terjadi pada permukaan kanopi akibat pengaruh angin atau hujan. Sensor load cell dipasang pada rangka baja ringan kanopi untuk mengukur perubahan beban yang terjadi pada struktur. Sementara itu, sensor DHT22 digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban lingkungan di sekitar kanopi.

Sistem juga dilengkapi dengan layar OLED yang dipasang pada bagian bawah housing untuk menampilkan data sensor secara langsung. Dengan adanya tampilan ini, pengguna dapat melihat nilai suhu, kelembaban, getaran, dan beban secara lokal.



Gambar 4. 2 Ilustrasi Penempatan Alat

Gambar implementasi yang ditampilkan diatas merupakan ilustrasi penempatan alat pada struktur kanopi untuk mempermudah pemahaman terhadap posisi setiap komponen dalam sistem monitoring.

4.2 Pengujian Sensor

4.2.1 Pengujian MPU6050

Pengujian sensor MPU6050 dilakukan untuk memastikan sensor dapat mendeteksi perubahan percepatan yang terjadi pada struktur. Pengujian dilakukan dengan membaca data percepatan pada tiga sumbu yaitu sumbu X, Y, dan Z

menggunakan Arduino IDE. Data percepatan yang diperoleh ditampilkan pada Serial Monitor untuk melihat perubahan nilai ketika sensor mengalami pergerakan atau getaran.

```

-----
X: 4.08 m/s2  Y: -2.22 m/s2  Z: -9.04 m/s2
Total Acc: 10.16 m/s2  Getaran: 0.36 m/s2
-----
X: -0.88 m/s2  Y: 1.47 m/s2  Z: -9.99 m/s2
Total Acc: 10.14 m/s2  Getaran: 0.33 m/s2
-----
X: 0.19 m/s2  Y: 0.53 m/s2  Z: -9.07 m/s2
Total Acc: 9.09 m/s2  Getaran: 0.72 m/s2
-----
X: 0.43 m/s2  Y: 0.54 m/s2  Z: -7.89 m/s2
Total Acc: 7.92 m/s2  Getaran: 1.89 m/s2
-----
X: 0.09 m/s2  Y: 0.50 m/s2  Z: -10.07 m/s2
Total Acc: 10.08 m/s2  Getaran: 0.28 m/s2
-----
X: -0.16 m/s2  Y: 0.79 m/s2  Z: -10.32 m/s2
Total Acc: 10.35 m/s2  Getaran: 0.54 m/s2
-----
X: 0.06 m/s2  Y: 0.20 m/s2  Z: -11.06 m/s2
Total Acc: 11.07 m/s2  Getaran: 1.26 m/s2
-----
X: 0.22 m/s2  Y: 0.11 m/s2  Z: -12.02 m/s2
Total Acc: 12.02 m/s2  Getaran: 2.22 m/s2
-----
X: 0.74 m/s2  Y: 0.60 m/s2  Z: -10.33 m/s2
Total Acc: 10.37 m/s2  Getaran: 0.57 m/s2
-----

```

Gambar 4. 3 Pengujian MPU6050 pada Serial Monitor

- Tidak ada Getaran

Tabel 4. 1 Sampel data MPU6050 ketika tidak ada getaran

No	X (m/s ²)	Y (m/s ²)	Z (m/s ²)	Total Acc (m/s ²)	Getaran (m/s ²)
1	0.24	-0.11	-9.51	9.51	0.29
2	0.25	-0.13	-9.50	9.50	0.30
3	0.21	-0.12	-9.48	9.48	0.32
4	0.24	-0.15	-9.49	9.49	0.31
5	0.23	-0.08	-9.54	9.54	0.26
6	0.23	-0.07	-9.44	9.44	0.37

- Ada Getaran

Tabel 4. 2 Sampel data MPU6050 ketika terjadi getaran

No	X (m/s ²)	Y (m/s ²)	Z (m/s ²)	Total Acc (m/s ²)	Getaran (m/s ²)
1	-2.01	1.14	-8.34	8.66	1.15
2	0.72	-1.59	-8.99	9.16	0.65
3	0.52	0.70	-8.10	8.14	1.66
4	1.58	-1.43	-7.43	7.73	2.07
5	0.33	-1.01	-8.73	8.79	1.01
6	1.58	-0.54	-10.23	10.37	0.56
7	1.31	-0.05	-10.77	10.85	1.04
8	-13.44	4.27	-10.84	17.78	7.98

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor MPU6050 mampu mendeteksi perubahan percepatan dengan baik pada masing-masing sumbu.

4.2.2 Pengujian HX711 dan Kalibrasi Loadcell

Pengujian load cell dilakukan dengan menggunakan modul HX711 sebagai penguat sinyal sekaligus konverter analog ke digital. Pengujian ini bertujuan untuk memastikan sensor mampu mendeteksi perubahan beban yang diberikan pada load cell.

Berat: 0.93 kg
 Berat: 0.93 kg
 Berat: 0.94 kg
 Berat: 0.94 kg
 Berat: 0.94 kg
 Berat: 1.51 kg
 Berat: 1.85 kg
 Berat: 1.82 kg
 Berat: 1.87 kg
 Berat: 1.07 kg
 Berat: 0.92 kg
 Berat: 0.92 kg
 Berat: 0.92 kg
 Berat: 0.92 kg

Gambar 4. 4 Pengujian HX711+Loadcell pada serial monitor

- Tidak Ada Beban

Tabel 4. 3 Sampel data HX711 tanpa beban

No	Berat (kg)
1	0.06
2	0.06
3	0.05
4	0.06
5	0.05
6	0.06

- Dengan Beban

Tabel 4. 4 Sampel data HX711 dengan beban

No	Berat (kg)
1	0.93
2	0.94
3	0.94
4	0.94
5	1.51
6	1.85
7	1.82
8	1.87
9	1.07
10	0.92

Hasil pengujian menunjukkan bahwa HX711+Loadcell mampu membaca perubahan beban dengan baik.

4.2.3 Pengujian DHT22

Pengujian sensor DHT22 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca suhu dan kelembaban lingkungan. Sensor dihubungkan dengan ESP32 dan data hasil pembacaan ditampilkan melalui Serial Monitor pada Arduino IDE.

```
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.50 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.50 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.50 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.40 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.40 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.40 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.40 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.40 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.50 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.50 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.50 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.50 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.50 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.50 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.50 %  
Suhu: 32.40 °C | Kelembapan: 76.50 %
```

Gambar 4. 5 Pengujian DHT22 pada Serial Monitor

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor mampu membaca nilai suhu serta kelembapan dengan baik.

4.3 Implementasi Code

Implementasi kode program pada sistem monitoring ini dilakukan menggunakan bahasa pemrograman C++ melalui platform Arduino IDE. Program yang dibuat bertujuan untuk mengatur proses pembacaan data dari sensor, pengolahan data, penampilan data pada layar OLED, serta pengiriman data ke server melalui jaringan WiFi.

5	<code>#include <Adafruit_MPU6050.h></code>	Library yang digunakan untuk membaca data percepatan dari sensor MPU6050.
6	<code>#include <WiFi.h></code> dan <code>#include <HTTPClient.h></code>	Digunakan untuk menghubungkan ESP32 ke jaringan WiFi serta mengirimkan data sensor ke server melalui protokol HTTP.
7	<code>#define SCREEN_WIDTH 128</code> dll	Digunakan untuk mendefinisikan konfigurasi layar OLED dan pin yang digunakan untuk menghubungkan perangkat dengan ESP32.
8	<code>const char* ssid</code> dan <code>password</code>	Digunakan untuk menyimpan informasi jaringan WiFi yang akan digunakan oleh ESP32 untuk terhubung ke internet.
9	<code>Adafruit_SSD1306 display(...)</code>	Membuat objek layar OLED yang akan digunakan untuk menampilkan data sensor pada perangkat.
10	<code>DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE)</code>	Membuat objek sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembaban.
11	<code>HX711 scale</code>	Digunakan untuk membaca data berat dari load cell melalui modul HX711.
12	<code>Adafruit_MPU6050 mpu</code>	Membuat objek sensor MPU6050 untuk membaca data percepatan.
13	<code>float calibration_factor = 7050</code>	Nilai faktor kalibrasi load cell yang digunakan untuk menyesuaikan hasil pembacaan dengan berat sebenarnya.
14	<code>void setup ()</code>	Fungsi ini dijalankan sekali saat sistem dinyalakan untuk melakukan inisialisasi sensor, OLED, serta koneksi WiFi.
15	<code>WiFi.begin(ssid,password)</code>	Digunakan untuk menghubungkan ESP32 dengan jaringan WiFi yang telah ditentukan.
16	<code>float hum = dht.readHumidity()</code>	Digunakan untuk membaca nilai kelembaban dari sensor DHT22.
17	<code>float temp = dht.readTemperature()</code>	Digunakan untuk membaca nilai suhu dari sensor DHT22.
18	<code>float weight = scale.get_units(5)</code>	Digunakan untuk membaca nilai berat dari load cell dengan melakukan rata-rata pembacaan sebanyak lima kali.
19	<code>mpu.getEvent(&a,&g,&t)</code>	Digunakan untuk membaca data percepatan dari sensor MPU6050.

20	$\text{sqrt}, (ax^2 + ay^2 + az^2)$	Digunakan untuk menghitung nilai percepatan total yang kemudian digunakan untuk menentukan nilai getaran.
21	<code>display.print()</code>	Digunakan untuk menampilkan nilai suhu, kelembaban, getaran, dan beban pada layar OLED.
22	<code>HTTPClient http</code>	Digunakan untuk membuat koneksi HTTP agar ESP32 dapat mengirimkan data sensor ke server.
23	<code>http.GET()</code>	Digunakan untuk mengirimkan data sensor ke server melalui alamat URL yang telah ditentukan.
24	<code>Delay (500)</code>	Digunakan untuk mengatur interval pembacaan sensor agar sistem berjalan secara stabil.

4.4 Pengujian Keseluruhan Alat

Pengujian keseluruhan alat dilakukan untuk memastikan seluruh komponen pada sistem monitoring dapat bekerja secara terintegrasi. Pengujian dilakukan dengan menghubungkan seluruh sensor ke ESP32 dan menampilkan nya di layer OLED.



Gambar 4. 7 Proses Pengujian

Pada tahap pengujian ini sistem dijalankan sesuai dengan program yang telah diimplementasikan pada ESP32. Setiap sensor akan membaca data secara berkala, kemudian data tersebut ditampilkan pada layar OLED.



Gambar 4. 8 Tampilan Pada OLED

Selain ditampilkan pada layar OLED, data yang diperoleh juga dikirimkan melalui jaringan WiFi menuju server menggunakan metode HTTP request. Data

yang dikirimkan kemudian disimpan dalam database sehingga dapat ditampilkan pada dashboard monitoring berbasis web.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sensor dapat bekerja secara bersamaan dan sistem mampu melakukan proses pembacaan data, penampilan data pada OLED, serta pengiriman data ke server dengan baik.

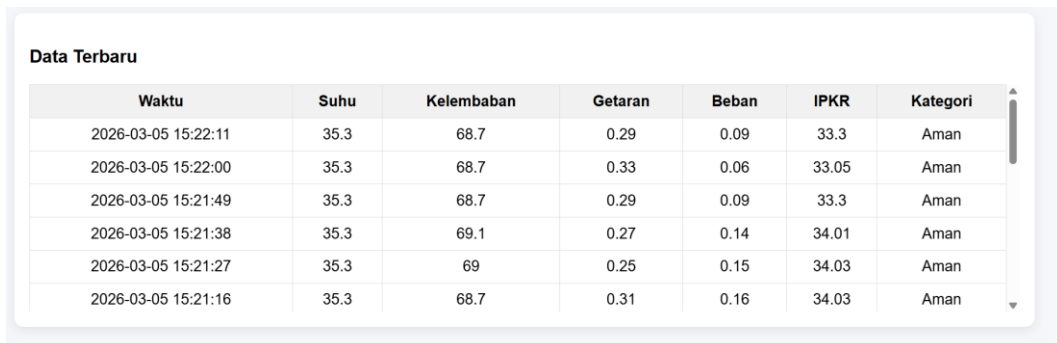
4.5 Pengujian Dashboard

Pada dashboard ini ditampilkan indikator status kondisi yang menunjukkan tingkat keamanan struktur berdasarkan nilai IPKR yang dihitung dari data sensor. Selain itu dashboard menyediakan tampilan grafik monitoring yang memudahkan pengguna dalam melihat perubahan nilai sensor dari waktu ke waktu. Untuk memudahkan analisis data, dashboard dilengkapi dengan beberapa mode tampilan grafik yaitu real-time, historical, dan akumulasi. Mode real-time menampilkan data terbaru yang diperoleh dari sistem monitoring, mode historical menampilkan data hasil monitoring secara keseluruhan, sedangkan mode akumulasi menampilkan nilai rata-rata kumulatif dari data yang telah tersimpan dalam database.



Gambar 4. 9 Dashboard Monitoring Kondisi Kanopi

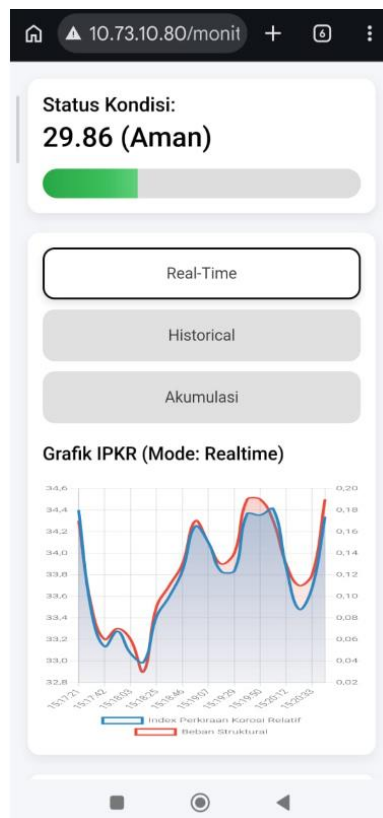
Selain grafik monitoring, dashboard juga menampilkan tabel data yang berisi riwayat hasil pengukuran sensor yang telah tersimpan dalam database. Dengan adanya tabel tersebut pengguna dapat melihat detail data monitoring yang terjadi pada setiap waktu pengukuran.



Waktu	Suhu	Kelembaban	Getaran	Beban	IPKR	Kategori
2026-03-05 15:22:11	35.3	68.7	0.29	0.09	33.3	Aman
2026-03-05 15:22:00	35.3	68.7	0.33	0.06	33.05	Aman
2026-03-05 15:21:49	35.3	68.7	0.29	0.09	33.3	Aman
2026-03-05 15:21:38	35.3	69.1	0.27	0.14	34.01	Aman
2026-03-05 15:21:27	35.3	69	0.25	0.15	34.03	Aman
2026-03-05 15:21:16	35.3	68.7	0.31	0.16	34.03	Aman

Gambar 4. 10 Tabel data Pada Dashboard

Dashboard ini juga memiliki tampilan untuk versi mobile nya. Agar mempermudah pengguna untuk bisa memantau kondisi lewat ponsel.



Gambar 4. 11 Mobile Dashboard Monitoring Kondisi Kanopi

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dashboard dapat berjalan dengan baik dan dapat menampilkan status kondisi serta grafik secara optimal.

4.6 Pengujian Nilai IPKR

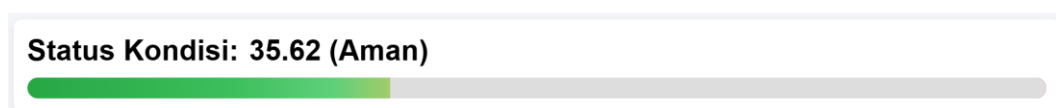
Pengujian nilai IPKR dilakukan untuk mengetahui bagaimana sistem mengolah data sensor menjadi indikator tingkat potensi korosi pada struktur kanopi yang di visualisasikan lewat status kondisi pada dashboard. Nilai IPKR dihitung berdasarkan data suhu, kelembaban, getaran, dan perubahan beban yang diperoleh dari sensor kemudian dinormalisasi dan diproses menggunakan rumus perhitungan IPKR yang telah dijelaskan pada Bab III.

Tabel 4. 6 Pengujian IPKR

No	Suhu	Kelembaban	Getaran	Beban	IPKR	Kategori
1	32.6	77.5	0.36	0.14	36.325	Aman
2	32.6	77.5	0.26	0.13	36.1	Aman
3	32.6	77.5	0.26	0.14	36.2	Aman
4	32.6	77.5	0.32	0.13	36.175	Aman
5	32.6	77.5	0.33	0.13	36.1875	Aman
6	32.6	77.5	0.33	0.13	36.1875	Aman
7	32.6	77.6	0.32	0.14	36.3333	Aman
8	32.6	77.5	0.27	0.15	36.3125	Aman
9	32.6	77.5	0.29	0.14	36.2375	Aman
10	32.5	77.5	0.24	0.14	36.075	Aman
11	32.6	77.5	0.23	0.14	36.1625	Aman
12	32.5	77.6	0.29	0.14	36.1958	Aman
13	32.5	77.6	0.25	0.13	36.0458	Aman

Berdasarkan hasil pengujian, nilai IPKR akan menentukan warna dari bar status kondisi pada dashboard mengikuti pola gradasi warna dari hijau, kuning dan merah. Berikut adalah tampilan kondisi bar kondisi jika terjadi perubahan pada nilai kategori IPKR

- Status Kondisi: Aman



Gambar 4. 12 Bar IPKR jika status aman

- Status Kondisi: Waspada



Gambar 4. 13 Bar IPKR jika status waspada

- Status Kondisi: Bahaya

Status Kondisi: 88.72 (Bahaya)



Gambar 4. 14 Bar IPKR jika status bahaya

Hasil pengujian menunjukkan bahwa Bar yang menjadi indikator kondisi berdasarkan nilai IPKR dapat berubah warna sesuai dengan kondisi yang terjadi pada saat itu.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring struktur ringan berbasis Internet of Things yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem monitoring berbasis Internet of Things berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terintegrasi dengan sensor MPU6050, load cell dengan modul HX711, serta sensor DHT22.
2. Sensor MPU6050 mampu mendeteksi getaran yang terjadi pada permukaan kanopi, sedangkan load cell mampu membaca perubahan beban pada rangka struktur sebagai indikator stress relatif.
3. Sensor DHT22 dapat membaca kondisi suhu dan kelembaban lingkungan di sekitar kanopi dengan baik sebagai parameter pendukung dalam sistem monitoring.
4. Sistem mampu menampilkan data hasil pembacaan sensor secara langsung melalui layar OLED serta mengirimkan data tersebut melalui jaringan WiFi ke server untuk disimpan dalam database.
5. Data hasil monitoring dapat ditampilkan pada dashboard berbasis web dalam bentuk grafik, tabel data, serta indikator status kondisi sehingga memudahkan pengguna dalam memantau kondisi struktur secara real-time maupun historis.

6. Perhitungan Indeks Potensi Korosi Relatif (IPKR) yang diperoleh dari kombinasi parameter suhu, kelembaban, getaran, dan perubahan beban dapat digunakan sebagai indikator awal untuk memperkirakan tingkat potensi korosi pada struktur kanopi.
7. Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan mampu melakukan proses akuisisi data, pengiriman data, penyimpanan data, serta visualisasi kondisi struktur secara terintegrasi sebagai sistem monitoring awal pada struktur ringan atap atau kanopi rumah.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya demi menghasilkan penelitian yang lebih sempurna ialah sebagai berikut:

1. Sistem monitoring dapat dikembangkan dengan menambahkan sensor lain yang lebih spesifik untuk mendeteksi kondisi struktur atau korosi material secara lebih akurat.
2. Pengembangan sistem dapat dilakukan dengan menambahkan fitur notifikasi atau sistem peringatan dini (early warning system) apabila nilai parameter monitoring melewati batas tertentu.
3. Dashboard monitoring dapat dikembangkan menjadi aplikasi berbasis mobile agar pemantauan sistem dapat dilakukan dengan lebih praktis.
4. Penelitian selanjutnya dapat melakukan pengujian sistem pada struktur kanopi dengan skala yang lebih besar serta dalam jangka waktu monitoring yang lebih panjang untuk memperoleh data yang lebih komprehensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Automatic load detector design to detect overload condition. (2019). *International Journal of Engineering Research and Technology*, 8(6), 411–418.
- Dermawan, D., & Hasibuan, M. (2023). Metode penelitian eksperimen: Prinsip, prosedur, dan aplikasi dalam penelitian ilmiah. *Jurnal Metodologi Penelitian*, 5(2), 47–50.
- Design and build an IoT system for temperature and environmental monitoring. (2020). *International Journal of Engineering Research*, 8(4), 233–240.
- Electronics Editorial Board. (2024). Low-cost sensor-based monitoring for lightweight structures. *Electronics*, 14(21), 2118.
- Gregorius Ivan Satrio Erwandih. (2020). *Perancangan sistem berbasis ESP32 untuk aplikasi Internet of Things*. Universitas [Nama Universitas].
- Hidayat, A., dkk. (2021). Monitoring struktur ringan dan lingkungan berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi*, 7(2), 129–151.
- IJRPR Editorial Board. (2022). IoT-based environmental monitoring system. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 3(5), 55376.
- IOT Paper IITBBS. (2019). Internet of Things based monitoring system. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(11), 356–361.
- IPSUMTEC. (2021). IoT monitoring system implementation for small-scale applications. *IPSUMTEC Journal*, 3(5), 11–19.
- IPSUMTEC Editorial Board. (2021). IoT-based monitoring systems: Architecture and implementation. *IPSUMTEC Journal of Engineering*, 3(5), 11–19.
- JSIT Editorial Board. (2021). Monitoring suhu dan kelembaban berbasis Internet of Things. *Jurnal Sistem Informasi Terapan*, 4(2), 85–94.
- Kavre, P., et al. (2019). Lightweight structure response under dynamic loading. *International Journal of Structural Engineering*, 10(2), 145–153.
- Kavre, R., et al. (2019). Vibration monitoring techniques for lightweight structures. *Journal of Civil Engineering*, 17(3), 301–309.
- Kim, J., Lee, H., & Park, S. (2020). Vibration-based structural health monitoring using low-cost sensors. *Sensors*, 20(19), 5603. <https://doi.org/10.3390/s20195603>
- Mahfuddin, M., & Zuhri, A. (2021). Rancang bangun sistem dan aplikasi pengukur berat badan dan tekanan darah berbasis mikrokontroler ESP32. *Jurnal*

Teknologi Informasi, 9(1), 15–24.

Mercado, R. J. M., Kabeer, M., Al-Obaidy, H., & Nordin, R. (2025). Corrosion risk estimation for heritage preservation: An Internet of Things and machine learning approach using temperature and humidity.

Perancangan simulasi timbangan digital menggunakan sensor load cell dan HX711. (2020). *Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*, 6(2), 45–52.

Popova, K., & Prošek, T. (2022). Corrosion monitoring in atmospheric conditions: A review. *Metals*, 12(2), 171. <https://doi.org/10.3390/met12020171>

Putra, R., & Nugroho, A. (2019). Sistem pengukuran beban menggunakan sensor load cell dan HX711. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 23–30.

Rumbaman, R. (2019). Sistem monitoring beban berbasis sensor load cell. *Jurnal Rekayasa Sistem*, 8(3), 101–109.

Sari, I. P., Batubara, I. H., Basri, M., & Hazidar, A. H. (2022). Implementasi Internet of Things berbasis website dalam pemesanan jasa rumah service teknisi komputer dan jaringan komputer. *Journal of Science and Social Research*, 5(1), 108–114. <https://doi.org/10.54314/jssr.v5i1.821>

Spreadsheet-Based Bridge Vibration Monitoring System. (2021). *Journal of Structural Monitoring*, 12(4), 225–236.

Takeyama, M., Yamada, S., Yamashita, T., & Hoshino, T. (2025). High-temporal-resolution corrosion monitoring in atmospheric conditions. *Sensors*, 25(1), 268. <https://doi.org/10.3390/s25010268>

TIJERE Editorial Board. (2019). Automatic load detector design using strain gauge sensor. *TIJERE Journal of Engineering*, 1(1), 92–99.

Xu, Y., Brownjohn, J. M. W., & Hester, D. (2019). Structural health monitoring of civil infrastructure using vibration data. *Engineering Structures*, 198, 109460.

Zalukhu, A., Purba, S., Darma, D., Zalukhu1, A., Purba2, S., Darma3, D., Teknik Informatika, M., & Industri, F. T. (2023). Perangkat Lunak Aplikasi Pembelajaran Flowchart. *Jurnal Teknologi, Informasi Dan Industri*, 4(1), 61–70. <https://ejurnal.istp.ac.id/index.php/jtii/article/view/351f>

LAMPIRAN



MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

FAKULTAS ILMU KOMPUTER DAN TEKNOLOGI INFORMASI

UMSU Terakreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 174/SK/BAK-PT/AK.Pj/PT/10/2024
 Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631003

<http://hal.umso.ac.id> hal@umso.ac.id [umsumedan](https://www.facebook.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.instagram.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.youtube.com/umsumedan) [umsumedan](https://www.tiktok.com/umsumedan)

**PENETAPAN DOSEN PEMBIMBING
 PROPOSAL/SKRIPSI MAHASISWA
 NOMOR : 991/IL3-AU/UMSU-09/F/2025**

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dekan Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan Persetujuan permohonan judul penelitian Proposal / Skripsi dari Ketua / Sekretaris.

Program Studi : Teknologi Informasi
Pada tanggal : 03 November 2025

Dengan ini menetapkan Dosen Pembimbing Proposal / Skripsi Mahasiswa.

Nama : Raushan Dhamir
NPM : 2209020067
Semester : VII (Tujuh)
Program studi : Teknologi Informasi
Judul Proposal / Skripsi : Perancangan Sistem IoT untuk Monitoring Getaran dan Stress pada Atap atau Kanopi Rumah Berbasis ESP32

Dosen Pembimbing : Mhd. Basri, S.SI., M.Kom.

Dengan demikian di izinkan menulis Proposal / Skripsi dengan ketentuan

1. Penulisan berpedoman pada buku panduan penulisan Proposal / Skripsi Fakultas Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi UMSU
2. Pelaksanaan Sidang Skripsi harus berjarak 3 bulan setelah dikeluarkannya Surat Penetapan Dosen Pembimbing Skripsi.
3. **Proyek Proposal / Skripsi dinyatakan " BATAL " bila tidak selesai sebelum Masa Kadaluarsa tanggal : 03 November 2026**
4. Revisi judul.....

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Ditetapkan di : Medan
 Pada Tanggal : 12 Jumadil Awwal 1447 H
 03 November 2025M



Dekan
Dr. Al-Kholwarizmi, M.Kom.
NIDN : 0127099201




Cc. File

RANCANG BANGUN SISTEM IOT UNTUK MONITORING GETARAN DAN STRESS PADA ATAP ATAU KANOPI RUMAH BERBASIS ESP32

ORIGINALITY REPORT

17%	12%	8%	10%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	repository.umsu.ac.id Internet Source	3%
2	kc.umn.ac.id Internet Source	1%
3	ejurnal.kampusakademik.co.id Internet Source	1%
4	Submitted to Universitas Bengkulu Student Paper	1%
5	Submitted to Universitas Islam Riau Student Paper	<1%
6	Submitted to Universitas Putera Batam Student Paper	<1%
7	docplayer.info Internet Source	<1%
8	eprints.poltektegal.ac.id Internet Source	<1%
9	Submitted to Universitas Dinamika Student Paper	<1%
10	Submitted to Universitas Musamus Merauke Student Paper	<1%

Submitted to Universitas Tarumanagara