



## **PROPOSAL *PROJECT BASED LEARNING***

**Semester Gasal 2024/2025**

### ***Structure Health Monitoring System***

#### Anggota

- |                         |            |
|-------------------------|------------|
| 1. Taufiq Septiyawan A  | 2040221004 |
| 2. Theo Andre Gunawan   | 2040221039 |
| 3. Jonathan Oktaviano F | 2040221060 |
| 4. Raihan Dzikry W      | 2040221105 |
| 5. Kevin Safrisal M     | 2040221125 |

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Otomasi

Departemen Teknik Elektro Otomasi

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

September 2024

## DAFTAR ISI

<b>DAFTAR ISI</b> .....	i
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>RINGKASAN</b> .....	v
<b>BAB I</b> .....	1
<b>PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan.....	1
1.4 Target dan Cakupan Project.....	2
<b>BAB II</b> .....	3
<b>TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	3
2.1 Dasar Teori 1.....	3
2.1.1 Struktural .....	3
2.1.2 <i>Fuzzy Logic</i> .....	3
2.1.3 ESP32.....	4
2.1.4 MPU 6050.....	5
2.1.5 Sensor Kelembaban Udara DHT22 .....	5
2.1.6 Arduino IDE.....	6
2.1.7 Sensor ADXL345 .....	7
2.1.8 Strain Gauge Sensor .....	7
<b>BAB III</b> .....	8
<b>METODE</b> .....	8
3.1 Rancangan Sistem.....	8
3.1.1 Flowchart .....	8
3.1.2 <i>Wiring Architecture</i> .....	9
3.1.3 Rangkaian Elektrikal Structural Health Monitoring System .....	10
3.1.4 Diagram Komunikasi Antar Komponen .....	11
<b>BAB IV</b> .....	12
<b>LUARAN</b> .....	12
<b>BAB V</b> .....	13

<b>JADWAL KEGIATAN .....</b>	<b>13</b>
<b>BAB VI.....</b>	<b>14</b>
<b>RENCANA ANGGARAN BIAYA .....</b>	<b>14</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>15</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 ESP32.....	4
Gambar 2.2 MPU6050 .....	5
Gambar 2.3 DHT22 .....	6
Gambar 2.4 Arduino IDE.....	6
Gambar 2.5 ADXL345.....	7
Gambar 2.6 Strain Gauge Sensor.....	7
Gambar 3.1 Flowchart System.....	8
Gambar 3.2 Wiring Arsitektur Sistem .....	9
Gambar 3.3 Rangkaian Elektrikal SHMS .....	10
Gambar 3.4 Diagram Alur Komunikasi Antar Komponen.....	11
Gambar 5.1 Jadwal Kegiatan .....	13

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 3.1 Deskripsi Warna Kabel pada Wiring Arsitektur.....	9
---	---

## RINGKASAN

Teknologi 4.0 atau Revolusi Industri 4.0 mengedepankan penggunaan teknologi digital dan otomatisasi dalam produksi. Penerapannya tidak hanya terbatas pada sektor industri tetapi juga menawarkan peluang besar bagi perusahaan untuk meningkatkan efisiensi produksi, mempercepat waktu respon terhadap permintaan pasar, dan mengurangi risiko kecelakaan. Beberapa teknologi kunci dalam Industri 4.0 termasuk *Internet of Things* (IoT), *big data*, robotika, dan kecerdasan buatan (AI). Penerapan teknologi 4.0 dapat mengurangi biaya produksi, meningkatkan produktivitas, dan memungkinkan perusahaan untuk lebih inovatif dalam menciptakan produk dan layanan yang lebih baik. Namun, perusahaan juga perlu memperhatikan aspek keamanan siber dan privasi data untuk menghindari risiko yang mungkin terjadi. Salah satu aplikasi teknologi 4.0 adalah dalam *Structural Health Monitoring System* (SHMS), yang bertujuan untuk memantau kondisi fisik struktur seperti jembatan, gedung, dan infrastruktur lainnya guna mendeteksi kerusakan. Dengan menggunakan sensor, data mengenai getaran, suhu, dan kelembaban dapat dikumpulkan secara real-time dari berbagai bagian struktur. Data ini kemudian dianalisis menggunakan kecerdasan buatan untuk mengidentifikasi pola dan anomali yang mungkin menunjukkan potensi kerusakan atau kegagalan struktural. Penggunaan teknologi 4.0 dalam SHMS memungkinkan deteksi dini masalah struktural, sehingga tindakan pencegahan dapat diambil sebelum kerusakan menjadi parah, mengurangi biaya perbaikan, dan meningkatkan keselamatan publik dengan mengurangi risiko kegagalan struktural yang dapat berakibat fatal.

***Kata Kunci : Monitoring, SHMS, dan fitur***

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dengan semakin pesatnya pembangunan infrastruktur, keselamatan dan keandalan bangunan menjadi perhatian utama. Kesehatan struktural bangunan yang tidak terpantau dengan baik dapat mengakibatkan risiko kerusakan yang berbahaya, terutama akibat faktor lingkungan dan beban mekanis. Oleh karena itu, teknologi pemantauan seperti *Structural Health Monitoring System* (SHMS) menjadi solusi inovatif yang dirancang untuk memastikan kondisi fisik bangunan tetap optimal dan aman. SHMS memanfaatkan sensor berbasis teknologi 4.0 yang memungkinkan pemantauan kondisi bangunan secara real-time

Salah satu tantangan besar dalam pemantauan bangunan adalah mendeteksi perubahan kecil yang dapat mengindikasikan masalah serius, seperti keretakan atau deformasi struktural. Tanpa teknologi yang memadai, masalah-masalah ini sering kali tidak terdeteksi hingga mencapai kondisi kritis. SHMS berupaya mengatasi masalah ini dengan memasang sensor pada titik-titik kritis bangunan yang dapat mengukur parameter penting, seperti kemiringan, getaran, suhu, dan kelembaban. Misalnya, sensor akselero digunakan untuk mendeteksi pola getaran abnormal, sementara sensor suhu dan kelembaban membantu mengidentifikasi perubahan lingkungan yang dapat memengaruhi kekuatan material bangunan.

SHMS tidak hanya berfungsi sebagai sistem pemantauan pasif, tetapi juga dilengkapi dengan algoritma *fuzzy logic* yang mampu menganalisis data secara cerdas. Algoritma ini mendeteksi pola perubahan yang signifikan dan mengirimkan peringatan dini jika ditemukan anomali. Dengan deteksi dini tersebut, pemilik atau pengelola bangunan dapat melakukan tindakan perawatan proaktif sebelum terjadi kerusakan lebih lanjut, sehingga risiko dapat diminimalisir dan umur bangunan dapat diperpanjang. SHMS memberikan kontribusi penting dalam menjaga integritas bangunan secara efektif dan efisien.

### 1.2 Rumusan Masalah

Dari deskripsi proyek diatas dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana mendeteksi dan menganalisis secara *Real-Time* perubahan fisik pada struktur bangunan.
2. Bagaimana mengintegrasikan sensor dan teknologi *Internet Of Things* untuk memantau kesehatan bangunan secara efisien.
3. Bagaimana memastikan sistem bekerja secara baik dalam jangka yang panjang dan dalam berbagai kondisi lingkungan.

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari pembuatan *Structural Health Monitoring System* (SHMS) adalah memantau kondisi Kesehatan struktur bangunan secara *Real-Time* dengan menggunakan sensor yang mendeteksi kemiringan, getaran, suhu, dan kelembaban. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi perubahan yang menjadi indikasi potensi kerusakan struktural sehingga

memungkinkan perawatan bangunan sebelum kerusakan yang lebih besar. Selain itu data yang dikumpulkan juga digunakan untuk mengontrol sistem HVAC secara otomatis, dan menjaga kestabilan suhu dan kelembaban didalam ruangan.

#### 1.4 Target dan Cakupan Project

Target pada *Project Based Learning* ini dilaksanakan dengan harapan mampu mengurangi kebutuhan untuk inspeksi visual secara konvensional dan dapat mengirimkan peringatan dini jika terjadi kerusakan atau potensi bahaya. Oleh karena itu, pihak terkait dapat melakukan tindakan perbaikan secara berkala. Adapun target yang perlu dicapai sebagai berikut :

- a. Menjadikan *Structural Health Monitoring System* (SHMS) mudah digunakan.
- b. Sistem yang dibuat dapat mengurangi kebutuhan inspeksi visual konvensional.
- c. Sistem dapat membuat kesimpulan yang menunjukkan nilai akumulasi data mengenai kemiringan, suhu, dan kelembaban.

Kemudian rincian cakupan proyek yang harus dibuat dalam pelaksanaan proyek sebagai berikut :

- a. Pembuatan dan Perancangan Sistem Elektrikal dan Mekanis.
- b. Penentuan fitur pada website.
- c. Desain Website SHMS.
- d. Perancangan RAB.
- e. Pembuatan Alat Monitoring.
- f. Uji Coba Alat Monitoring.
- g. Pengambilan data dan pengolahan data menggunakan *Fuzzy Logic*



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Dasar Teori 1

##### 2.1.1 Struktural

Struktur bangunan adalah kerangka utama yang mendukung beban dan menjaga kestabilan sebuah bangunan. Elemen-elemen utama dalam struktur bangunan meliputi kolom, balok, dinding geser, dan fondasi. Struktur ini dirancang untuk menahan beban vertikal (seperti beban mati dan hidup) serta beban horizontal seperti angin dan gempa. Desain struktur bangunan melibatkan perhitungan dan analisis yang cermat untuk memastikan keamanan dan kestabilan. Beberapa aspek penting dalam desain struktur bangunan meliputi Analisis Beban yang Memperhitungkan berbagai jenis beban yang akan bekerja pada bangunan, termasuk beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa, Pemilihan Fabric seperti Memilih bahan yang tepat seperti beton bertulang, baja, atau komposit berdasarkan kekuatan dan durabilitasnya, pengujian dan simulasi Menggunakan perangkat lunak simulasi untuk memodelkan perilaku struktural bangunan di bawah berbagai kondisi beban [1].

Penerapan desain dan teknologi mutakhir dalam struktur bangunan dan jembatan menawarkan berbagai keuntungan serta tantangan. Keuntungan utama dari penerapan ini termasuk peningkatan keamanan dan kestabilan struktur. Desain yang lebih baik memastikan bangunan dan jembatan lebih aman dan stabil, mengurangi risiko kerusakan dan kegagalan struktural. Selain itu, penggunaan teknologi seperti *Building Data Modeling* (BIM) mampu mengurangi biaya konstruksi dan pemeliharaan dengan memperbaiki koordinasi dan efisiensi proyek. Material-material canggih juga berkontribusi pada durabilitas yang lebih tinggi, memperpanjang umur bangunan dan jembatan tersebut [2]. Namun, ada beberapa tantangan yang harus dihadapi. Pertama, kompleksitas desain yang meningkat. Desain yang lebih canggih memerlukan perhitungan dan analisis yang lebih mendalam, yang membutuhkan keahlian khusus dan alat analisis yang lebih kuat. Kedua, biaya awal yang tinggi. Implementasi teknologi dan fabric baru seringkali memerlukan investasi awal yang besar, yang bisa menjadi hambatan bagi beberapa proyek. Ketiga, pemeliharaan dan observing. Struktur yang menggunakan teknologi canggih memerlukan sistem pemantauan yang terus menerus untuk memastikan kinerja ideal sepanjang masa pakainya. Sistem ini tidak hanya memerlukan investasi dalam perangkat keras dan perangkat lunak, tetapi juga tenaga ahli untuk mengoperasikannya [3].

##### 2.1.2 Fuzzy Logic

*Structural Health Monitoring System* (SHMS) adalah sebuah sistem yang dirancang untuk menganalisis kondisi kesehatan bangunan berdasarkan berbagai faktor seperti kemiringan, getaran, suhu, dan kelembapan. SHMS menggunakan berbagai sensor yang dipasang di titik-titik kritis bangunan untuk mengukur parameter-parameter ini secara terus-menerus. Informasi yang diperoleh dari sensor-sensor ini kemudian dianalisis untuk mendeteksi anomali atau perubahan yang dapat mengindikasikan potensi kerusakan struktural. Salah satu metode analisis yang digunakan dalam SHMS adalah logika *fuzzy*.

Logika *fuzzy* adalah pendekatan matematika yang digunakan untuk menangani ketidakpastian dan ketidaktepatan dalam data. Dalam konteks SHMS, logika *fuzzy* digunakan untuk menganalisis data sensor yang dapat bervariasi dan tidak selalu presisi. Algoritma logika *fuzzy* mampu mendeteksi pola-pola tidak biasa atau perubahan signifikan dalam data sensor yang mungkin menandakan kerusakan struktural. Misalnya, peningkatan suhu di suatu area tertentu dapat menunjukkan adanya masalah pada sistem pendingin atau isolasi, sementara perubahan kelembapan dapat mengindikasikan masalah lain yang dapat mempengaruhi integritas struktur [4].

Proses analisis dengan logika *fuzzy* dalam SHMS melibatkan beberapa langkah utama. Pertama, data mentah dari sensor dikumpulkan dan dikirimkan ke basis data. Selanjutnya, data ini diproses menggunakan algoritma logika *fuzzy* yang dirancang untuk mengidentifikasi pola-pola tertentu. Algoritma ini menggunakan aturan berbasis logika *fuzzy* untuk menilai kondisi struktur. Sebagai contoh, jika sensor suhu mendeteksi peningkatan signifikan dan di saat yang sama sensor kelembapan juga menunjukkan peningkatan, algoritma logika *fuzzy* dapat mengindikasikan adanya potensi kerusakan pada material bangunan. Penggunaan logika *fuzzy* memungkinkan SHMS memberikan rekomendasi pemeliharaan secara proaktif. Dengan mendeteksi masalah potensial lebih awal, pihak terkait dapat melakukan tindakan pencegahan guna menghindari kerusakan yang lebih besar dan biaya perbaikan yang lebih tinggi. Ini menjadikan logika *fuzzy* sebagai alat yang sangat efektif dalam manajemen kesehatan bangunan[5].

### 2.1.3 ESP32

ESP32 adalah salah satu mikrokontroler yang digunakan dalam proyek-proyek IoT di Indonesia dan dunia. Dengan kemampuan Wi-Fi dan Bluetooth yang terintegrasi, ESP32 mempermudah implementasi konektivitas nirkabel, menjadikannya alat yang ideal untuk berbagai aplikasi, mulai dari sistem rumah pintar hingga monitoring lingkungan di area pertanian. Kemampuannya yang mumpuni dan harganya yang terjangkau menjadikan ESP32 pilihan utama dalam banyak proyek teknis, termasuk dalam bidang pendidikan, industri, dan penelitian teknologi di Indonesia [6].



Gambar 2.1 ESP32

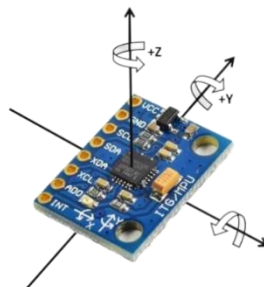
Dalam proyek ini, ESP32 seperti pada Gambar 2.1 berperan sebagai otak sistem yang menghubungkan berbagai sensor seperti ADXL345 (akselerometer), MPU6050 (IMU), dan

DHT22 (sensor suhu dan kelembaban). Dengan memanfaatkan protokol komunikasi seperti I2C dan SPI, ESP32 mampu mengumpulkan data secara efisien dari berbagai sensor tersebut.

Melalui koneksi Wi-Fi, ESP32 dapat mengirimkan data sensor secara real-time ke cloud untuk dianalisis lebih lanjut atau memantau kondisi bangunan dari jarak jauh. Misalnya, dalam *Structure Health Monitoring System* (SHMS), sensor suhu dan kelembaban dapat digunakan untuk memantau kondisi lingkungan yang mempengaruhi material struktur, sementara akselerometer dan sensor IMU digunakan untuk mendeteksi getaran dan kemiringan yang mungkin mengindikasikan potensi kerusakan struktural. Dengan fitur-fitur ini, ESP32 menawarkan solusi cerdas untuk pemantauan dan otomatisasi bangunan yang lebih efisien.

#### 2.1.4 MPU 6050

MPU-6050 adalah sensor inersia yang mengintegrasikan akselerometer dan giroskop dalam satu chip, yang membuatnya sangat populer dalam aplikasi yang memerlukan pengukuran orientasi, gerakan, dan percepatan. Sensor ini memiliki akselerometer tiga sumbu dan giroskop tiga sumbu, memungkinkan pengukuran percepatan linier serta kecepatan sudut. MPU-6050 menggunakan antarmuka I2C untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler, dan memiliki built-in *Digital Motion Processor* (DMP) yang dapat memproses data gerakan secara langsung di dalam chip. Fitur ini mengurangi beban pemrosesan pada mikrokontroler, meningkatkan efisiensi dan akurasi pengukuran.



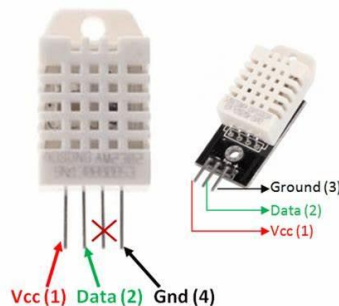
Gambar 2.2 MPU6050

Sensor pada Gambar 2.2 mampu mendeteksi perubahan orientasi dan percepatan dengan akurasi tinggi. Studi ini juga menyoroti keunggulan MPU-6050 dalam hal konsumsi daya yang rendah dan kemudahan integrasi dengan berbagai platform mikrokontroler, membuatnya ideal untuk aplikasi portable dan tertanam. Hasil penelitian ini mendukung penggunaan MPU-6050 dalam proyek-proyek yang memerlukan sensor inersia yang andal dan efisien [7].

#### 2.1.5 Sensor Kelembaban Udara DHT22

Sensor DHT22 pada Gambar 2.3, yang juga dikenal sebagai AM2302, adalah sensor digital yang sering digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban. Sensor ini dikenal

karena tingkat akurasinya yang tinggi dan kemampuannya untuk mengukur dalam berbagai rentang. DHT22 dapat mengukur suhu dari -40 hingga +80 derajat Celcius dengan akurasi  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban dari 0 hingga 100% RH dengan akurasi  $\pm 2\text{-}5\%$  RH. Sensor ini sangat cocok untuk aplikasi yang memerlukan pemantauan lingkungan yang akurat, seperti sistem kontrol iklim, perangkat IoT, dan proyek otomasi rumah [8].



Gambar 2.3 DHT22

### 2.1.6 Arduino IDE

Arduino *Integrated Development Environment* (IDE) adalah lingkungan pengembangan yang dirancang khusus untuk memudahkan pengembangan dan pemrograman mikrokontroler Arduino. IDE ini menyediakan berbagai fitur seperti editor kode, pemantau serial, dan kemampuan untuk mengunggah kode ke mikrokontroler dengan mudah. Penggunaan Arduino IDE dimulai dengan menulis kode program dalam editor IDE. Setelah itu, pengguna dapat memilih *Board* Arduino yang sesuai dan *port* komunikasi yang digunakan untuk menghubungkan Arduino ke komputer. Setelah kode program disusun, pengguna dapat mengunggahnya ke mikrokontroler dengan sekali klik menggunakan kabel USB. IDE akan mengkonfigurasi pengaturan yang diperlukan dan mengirimkan kode program ke mikrokontroler, sehingga memungkinkan perangkat untuk menjalankan tugas yang diprogram. Arduino IDE juga menyediakan berbagai pustaka (*library*) yang mempermudah penggunaan sensor dan perangkat tambahan, serta memungkinkan integrasi dengan berbagai modul dan perangkat eksternal [9].



Gambar 2.4 Arduino IDE

### 2.1.7 Sensor ADXL345

ADXL345 adalah sensor akselerometer digital 3 sumbu yang digunakan untuk mengukur percepatan linear pada sumbu X, Y, dan Z. Sensor ini mampu mendeteksi gerakan dan gaya gravitasi, membuatnya ideal untuk aplikasi seperti deteksi orientasi, pengukuran getaran, atau sistem navigasi. Dengan resolusi tinggi hingga 13-bit, ADXL345 dapat memberikan fleksibilitas untuk berbagai kebutuhan, dari deteksi gerakan kecil hingga perubahan percepatan yang signifikan, seperti pada benturan.



Gambar 2.5 ADXL345

Sensor ini yang ditunjukkan pada Gambar 2.5 memiliki konsumsi daya yang rendah, sehingga sering digunakan pada perangkat portabel yang dioperasikan dengan baterai. ADXL345 juga dilengkapi dengan FIFO (*First-In-First-Out*) buffer yang dapat menyimpan hingga 32 sampel data, sehingga mengurangi beban komunikasi antara sensor dan mikrokontroler. Selain itu, sensor ini dapat mendeteksi gerakan statis seperti kemiringan, serta gerakan dinamis seperti getaran atau benturan. Komunikasi dengan mikrokontroler atau prosesor dilakukan melalui antarmuka digital I2C atau SPI, yang membuat integrasinya mudah dalam sistem embedded. ADXL345 banyak digunakan dalam aplikasi seperti *smartphone*, *wearable devices*, sistem stabilisasi kamera, drone, dan robotik, di mana akurasi deteksi gerakan dan konsumsi daya rendah sangat penting [10].

### 2.1.8 Strain Gauge Sensor

Strain gauge sensor adalah perangkat yang digunakan untuk mengukur deformasi atau regangan pada suatu objek dengan prinsip kerja berdasarkan perubahan resistansi listrik. Sensor ini terdiri dari bahan resistif yang akan mengalami perubahan panjang dan penampang ketika objek yang ditemeli strain gauge terdeformasi. Saat terjadi regangan, perubahan resistansi pada sensor diukur dan digunakan untuk menghitung besarnya deformasi. Strain gauge biasanya digunakan dalam rangkaian *Wheatstone bridge* untuk meningkatkan akurasi pengukuran perubahan resistansi yang sangat kecil [11].



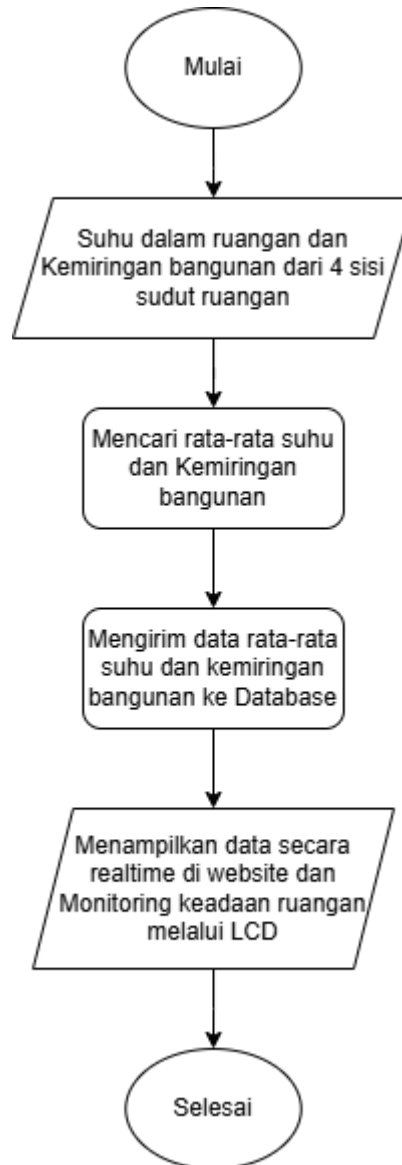
Gambar 2.6 Strain Gauge Sensor

## BAB III

### METODE

#### 3.1 Rancangan Sistem

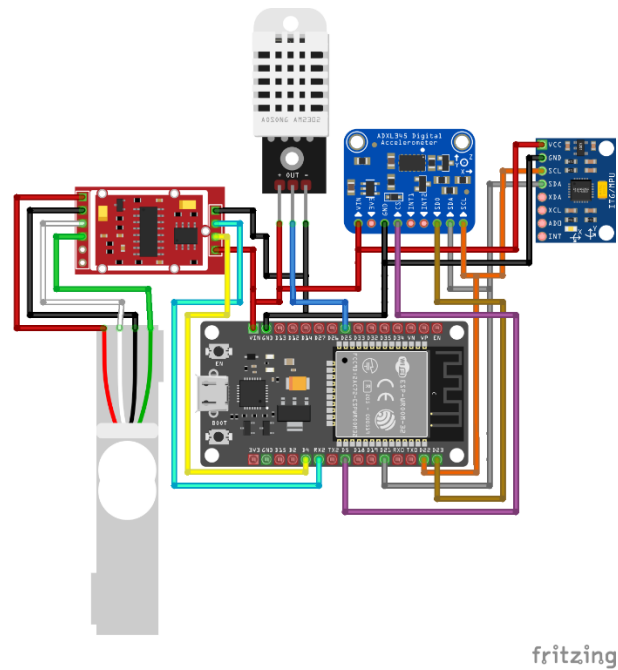
##### 3.1.1 Flowchart



Gambar 3.1 Flowchart System

Flowchart pada gambar 3.1 menggambarkan sistem dari *Structural Health Monitoring System* yang menggunakan Arduino Mega 2560 dengan WiFi, yang mendapat daya dari baterai 9-14V melalui modul step down. Arduino ini mengumpulkan data dari sensor DHT22 untuk suhu dan kelembaban serta sensor MPU 6050 untuk akselerasi dan rotasi. Data tersebut kemudian diproses dan ditampilkan pada layar LCD I2C, serta dikirim ke *database* data MySQL melalui WiFi untuk penyimpanan. Data yang tersimpan di MySQL dapat diakses dan ditampilkan pada monitor untuk analisis lebih lanjut melalui tampilan *front end*.

### 3.1.2 Wiring Architecture



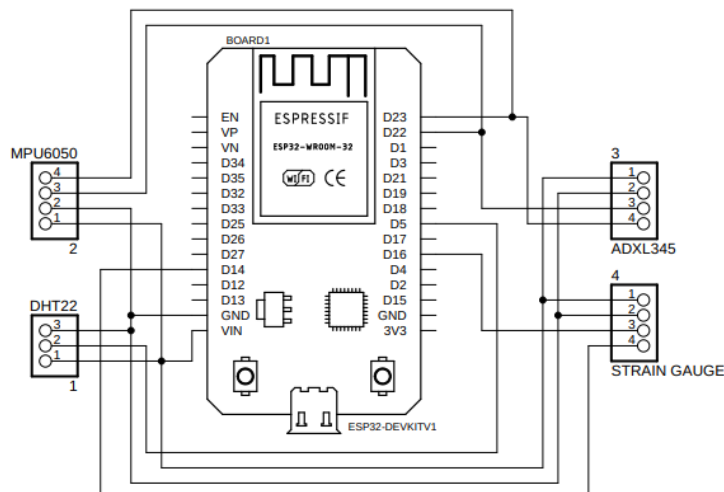
Gambar 3.2 Wiring Arsitektur Sistem

Pada gambar 3.2, merupakan Desain Wiring Electrical Structure Health Monitoring System, bagaimana proyek kami akan diterapkan pada laboratorium, dimulai dari skema elektrik pemasangan alat, dan jumlah komponen yang digunakan. ESP32 bertugas mengumpulkan data dari semua sensor. Data akselerasi (gerakan) didapat dari ADXL345 dan MPU6050, sedangkan data suhu dan kelembaban didapat dari DHT22. ESP32 dapat memproses dan mengirimkan data ini melalui Wi-Fi atau Bluetooth sesuai kebutuhan aplikasi. Untuk deskripsi lebih detail warna kabel ada di tabel 3.1

Tabel 3.1 Deskripsi Warna Kabel pada Wiring Arsitektur

Warna Kabel	Deskripsi
Merah	Vcc
Hitam	GND
Abu-Abu	SDA
Orange	SCL
Ungu	CS
Coklat	SDO
Biru	Pin Out DHT22 (GPIO 25)
Putih	Channel A-
Cyan	RX2 (GPIO 16)
Kuning	SCK
Hijau	Channel A+

### 3.1.3 Rangkaian Elektrikal Structural Health Monitoring System

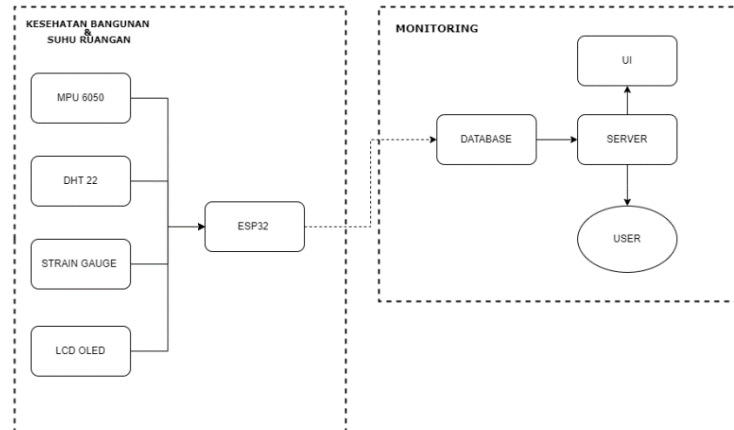


Gambar 3.3 Rangkaian Elektrikal SHMS

Rangkaian elektrikal pada *Structural Health Monitoring System* pada Gambar 3.3 diperlukan untuk mengukur data sensor (suhu, kelembapan, kemiringan), mengolah sinyal, dan mengirimkannya ke database MySQL melalui komunikasi nirkabel. Selain itu, rangkaian ini mencakup sumber daya listrik yang handal dengan menggunakan baterai. Keseluruhan sistem ini bekerja sinergis untuk memantau kondisi struktur secara real-time melalui LCD, dan membantu perawatan prediktif untuk memperpanjang umur struktur serta meningkatkan keselamatan. Flowchart ini menggambarkan sistem pemantauan kesehatan struktur yang menggunakan Arduino Mega 2560 dengan WiFi, yang mendapat daya dari baterai 9-14V melalui modul step down. Arduino ini mengumpulkan data dari sensor DHT22 untuk suhu dan kelembapan serta sensor MPU 6050 untuk akselerasi dan rotasi. Data tersebut kemudian diproses dan ditampilkan pada layar LCD I2C, serta dikirim ke basis data MySQL melalui WiFi untuk penyimpanan. Data yang tersimpan di MySQL dapat diakses dan ditampilkan pada monitor untuk analisis lebih lanjut



### 3.1.4 Diagram Komunikasi Antar Komponen



Gambar 3.4 Diagram Alur Komunikasi Antar Komponen

Sistem pemantauan dan pengendalian suhu ruangan pada Gambar 3.4 terdiri dari dua bagian utama: kesehatan bangunan dan monitoring. Pada bagian pertama, sistem memanfaatkan dua sensor utama, yaitu MPU 6050, DHT 22, Sensor Strain Gauge, ADXL345, dan LCD Oled. MPU 6050 berfungsi sebagai sensor IMU (Inertial Measurement Unit) untuk mengukur akselerasi dan rotasi, sedangkan DHT 22 bertugas mengukur suhu dan kelembaban ruangan, Sensor Strain Gauge digunakan sebagai monitoring peregangan bangunan, ADXL345 digunakan sebagai pendeteksi getaran dan LCD akan menampilkan kondisi alat saat bekerja. Kedua sensor ini terhubung dengan ESP32, yang bertindak sebagai pengendali utama untuk mengumpulkan data dari sensor dan mengirimkannya ke bagian monitoring.

Bagian monitoring terdiri dari *Database Server* yang menerima data dari ESP32. *Database Server* ini bertugas dan menyimpan data tersebut, dan data yang tersimpan kemudian dikelola oleh server yang menampilkan informasi melalui Website. Pengguna (*User*) dapat memantau kondisi suhu, getaran, kemiringan bangunan dan peregangan bangunan secara real-time melalui UI berdasarkan data yang diperoleh dari bagian monitoring,

## BAB IV

### LUARAN

*Structure Health Monitoring System (SHMS)* menghasilkan berbagai luaran penting untuk memantau kondisi struktur, seperti data getaran dan deformasi akibat beban atau faktor lingkungan seperti:

1. **Penetapan ambang batas untuk standar kemiringan, getaran, suhu, dan kelembaban:** Sistem yang dibangun dapat menetapkan ambang batas untuk standar kemiringan, getaran, suhu, dan kelembaban bangunan. Sistem ini mudah digunakan oleh orang awam, sehingga dapat dioperasikan tanpa memerlukan keahlian khusus.
2. **Sistem komunikasi nirkabel dan pengumpulan data:** Sistem SHMS mampu mengumpulkan dan menganalisis data akumulasi dari kemiringan, getaran, suhu, dan kelembaban. Sistem ini dapat berkomunikasi secara wireless dengan server pusat untuk pemantauan real-time, mengurangi kebutuhan inspeksi visual konvensional.
3. **Deteksi dini kerusakan struktural:** Sistem dapat mendeteksi kerusakan atau perubahan pada struktur lebih awal, mencegah kerusakan yang lebih parah. Selain itu, SHMS dapat membuat alarm early warning system guna memperingatkan jika terjadi kerusakan struktural, membantu dalam pengambilan tindakan pencegahan.
4. **Sistem yang skalabel dan fleksibel:** SHMS dapat diterapkan pada berbagai jenis infrastruktur, seperti jembatan, gedung tinggi, dan bendungan. Sistem ini juga mudah digunakan oleh orang awam, memberikan aksesibilitas yang lebih luas dalam penggunaannya.
5. **Pengurangan risiko kegagalan struktural:** SHMS memungkinkan pengurangan kebutuhan inspeksi visual konvensional melalui pemantauan kondisi yang akurat dan berkelanjutan, mencegah potensi keruntuhan struktur. Sistem juga mampu membuat kesimpulan berdasarkan akumulasi data kemiringan, getaran, suhu, dan kelembaban untuk memberikan gambaran kondisi keseluruhan dari struktur yang dipantau.

## BAB V

### JADWAL KEGIATAN

No	Jenis Kegiatan	Minggu													
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Penentuan Rab dan Literasi terkait PBL														
2	Brainstorming Pengembangan														
3	Pembuatan draft proposal														
4	Finalisasi Proposal														
5	Pembelian Komponen														
6	Pengerjaan Wiring, Elektrikal, dan Mekanikal														
7	Troubleshooting														
8	Laporan Akhir														

*Gambar 5.1 Jadwal Kegiatan*

**BAB VI**

**RENCANA ANGGARAN BIAYA**

<b>RANCANGAN ANGGARAN BIAYA STRUCTURAL HEALTH MONITORING SYSTEM</b>						
<b>Nama Produk</b>	<b>Kuantitas</b>	<b>Biaya Pengiriman</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>harga satuan mark-up (10%)</b>	<b>Total</b>	<b>reference</b>
ESP32 DEV KIT V1	1	Rp10,000	Rp90,000	Rp99,000	Rp109,000	<a href="https://tokopedia.link/xpMD28Lu2Mb">https://tokopedia.link/xpMD28Lu2Mb</a>
Baterai VTC7 18650	4	Rp10,000	Rp43,000	Rp47,300	Rp229,200	<a href="https://id.shp.ee/MrQ8YqY">https://id.shp.ee/MrQ8YqY</a>
MPU6050	1	Rp0	Rp25,000	Rp27,500	Rp27,500	akhishop
Cetak PCB	1	Rp0	Rp200,000	Rp220,000	Rp220,000	
DHT22	1	Rp0	Rp40,000	Rp44,000	Rp44,000	isee
Besi Siku 8x8cm	2	Rp10,000	Rp8,750	Rp9,625	Rp39,250	<a href="https://id.shp.ee/vdj6T7X">https://id.shp.ee/vdj6T7X</a>
double tape 3M	1	Rp10,000	Rp33,065	Rp36,372	Rp46,372	<a href="https://id.shp.ee/GcZqQim">https://id.shp.ee/GcZqQim</a>
LM2596 DC-DC Step Down Module	1	Rp0	Rp12,000	Rp13,200	Rp13,200	akhi
rumah baterai	1	Rp10,000	Rp9,500	Rp10,450	Rp20,450	<a href="https://id.shp.ee/XfeC57x">https://id.shp.ee/XfeC57x</a>
spacer kuning	12	Rp0	Rp1,500	Rp1,650	Rp19,800	isee
Box	1	Rp16,000	Rp85,000	Rp93,500	Rp109,500	<a href="https://id.shp.ee/Eqy8A1T">https://id.shp.ee/Eqy8A1T</a>
Strain Gauge	1	Rp13,000	Rp400,000	Rp440,000	Rp453,000	<a href="https://tokopedia.link/cTYDYFtpNb">https://tokopedia.link/cTYDYFtpNb</a>
HX711	1	Rp5,000	Rp9,000	Rp9,900	Rp14,900	<a href="https://tokopedia.link/XIAXibfacNb">https://tokopedia.link/XIAXibfacNb</a>
Auto Switch DC 5-48v Battery Backup	1	Rp8,000	Rp93,000	Rp102,300	Rp110,300	<a href="https://tokopedia.link/BPyS6OGbcNb">https://tokopedia.link/BPyS6OGbcNb</a>
Timah solder	1	Rp0	Rp23,000	Rp25,300	Rp25,300	berkat
ADXL345	1	Rp0	Rp22,000	Rp24,200	Rp24,200	<a href="https://tokopedia.link/CbkyZVucNb">https://tokopedia.link/CbkyZVucNb</a>
<b>TOTAL KESELURUHAN</b>					<b>Rp1,396,972</b>	

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Grammatikou, D. Biskinis, and M. N. Fardis, "Flexural rotation capacity models fitted to test results using different statistical approaches," *Struct. Concr.*, vol. 19, no. 2, pp. 608–624, 2018, doi: <https://doi.org/10.1002/suco.201600238>.
- [2] H. Nakamura *et al.*, "Development of real-time earthquake damage information system in Japan," vol. 781, no. Abstract ID, 2017.
- [3] A. Inflamasi, N. Steroid, and M. Ok-seon, "BAB I PENDAHULUAN Latar Belakang Masalah," vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2003.
- [4] S. Sutanto, S. Rachmadewi, and A. J. Puspitasari, "Fuzzy logic-based steam drum control system for startup of a supercritical-fast reactor," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2580, no. 1, p. 40022, May 2023, doi: 10.1063/5.0122318.
- [5] N. Wulandari, A. G. Abdullah, and I. Kustiawan, "Development of an application of critical thinking skills tools using fuzzy expert system," *J. Eng. Sci. Technol.*, vol. 14, no. 6, pp. 3073–3086, 2019.
- [6] *et al.*, "Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap Pengukuran Arus dan Tegangan," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 13, no. 1, pp. 35–47, 2021, doi: 10.5614/joki.2021.13.1.4.
- [7] M. F. Veriansyah, R. Primananda, and G. E. Setyawan, "Purwarupa Pelaporan Kecelakaan Kendaraan Berbasis," vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2017.
- [8] A. Aris, N. Septiyadi, and R. D. Gustian, "Dashboard Monitoring Temperatur Ruangan Server dengan Sensor DHT22 Berbasis ESP8266 pada Universitas Raharja," *ICIT J.*, vol. 8, no. 2, pp. 206–217, 2022, doi: 10.33050/icit.v8i2.2410.
- [9] D. Suprianto, V. A. H. Firdaus, R. Agustina, and D. W. Wibowo, "Microcontroller Arduino Untuk Pemula (Disertai Contoh-Contoh Proyek Yang Menginspirasi)," *Jasakom*, no. October 2021, pp. 1–39, 2019, [Online]. Available: [https://www.researchgate.net/publication/335219524\\_Microcontroller\\_Arduino\\_Untuk\\_Pemula\\_Disertai\\_Contoh-contoh\\_Projek\\_Menarik](https://www.researchgate.net/publication/335219524_Microcontroller_Arduino_Untuk_Pemula_Disertai_Contoh-contoh_Projek_Menarik)
- [10] I. G. B. Darmawan, R. Mulyasari, A. Amirudin, D. S. Efendi, and Suharno, "Uji validasi instrumen akselerometer ADXL345 untuk pengukuran kerentanan gempa dengan metode HVSR," *Tantangan Dan Peluang Ris. Perguru. Tinggi Untuk Memenuhi Kebutuhan Dunia Ind. Berkelanjutan*, no. 1, pp. 85–92, 2019.
- [11] H. Saputra and M. Yusfi, "Rancang Bangun Alat Ukur Regangan Menggunakan Sensor Strain Gauge Berbasis Mikrokontroler Atmega8535 Dengan Tampilan LCD," *J. Fis. Unand*, vol. 2, no. 3, pp. 162–169, 2013.