

# Prototipe Sistem Pemantauan Beban Jembatan menggunakan ESP32 dan Load Cell dengan Integrasi Blynk

Yohanes Evalex Cahyo Lobwaer\*, Budihardja Murtianta, Demas Sabatino

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Elektronika dan Komputer, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, Indonesia

## Article Info

### Article history:

Received  
17-09-2025

Accepted  
25-10-2025

### Keywords:

ADXL345, Blynk, Fast  
Fourier Transform, load  
cell, bridge monitoring.

## Abstract

Infrastructure such as bridges plays a vital role in the connectivity of a region. Real-time monitoring of bridges is essential to review and ensure the safety of bridge users as well as to anticipate structural damage, and this can be achieved through an Internet of Things-based approach. This system design employs a load cell (load sensor) to measure loads, an ADXL345 (accelerometer sensor) to measure vibrations, the Fast Fourier Transform (FFT) algorithm to analyze vibration signals in the frequency domain, and the Blynk application as a real-time monitoring interface. Tests were conducted on two road surface conditions: damaged roads and normal roads. Using a load cell and ADXL345, the system yielded a low average load error of 0.21%, which is consistent with the datasheet. It also effectively detected road surface conditions. This system simplifies bridge condition monitoring and improves budget and time efficiency.

## Info Artikel

### Histori Artikel:

Diterima:  
17-09-2025

Disetujui:  
25-10-2025

### Kata Kunci:

ADXL345, Blynk, Fast  
Fourier Transform, load  
cell, bridge monitoring.

## Abstrak

Infrastruktur seperti jembatan memiliki peran penting dalam konektivitas sebuah wilayah. Pemantauan pada jembatan dengan cara meninjau dan menjamin keselamatan pengguna jembatan serta mengantisipasi kerusakan struktural secara real-time berbasis Internet of Think. Perancangan sistem ini menggunakan load cell (sensor beban) untuk pengukuran beban, ADXL345 (sensor akselerometer) untuk pengukuran getaran, algoritma Fast Fourier Transform (FFT) untuk analisis sinyal getaran dalam domain frekuensi, aplikasi Blynk sebagai device pemantauan real-time. Pengujian dilakukan pada 2 kondisi permukaan jalan, yaitu jalan rusak dan jalan normal dengan menggunakan load cell dan ADXL345 dan menghasilkan rata-rata error beban rendah yang sesuai dengan datasheet, yaitu 0,01% dan dapat mendeteksi kondisi permukaan jalan dengan baik. Sistem ini mempermudah untuk pemantauan kondisi jembatan dan meningkatkan efisien anggaran dan waktu.

## 1. PENDAHULUAN

Infrastruktur seperti jembatan memiliki peran penting dalam konektivitas suatu wilayah. Struktural konstruksi jembatan menjadi aspek penting dalam menjamin keselamatan para penggunanya. Bukan hanya karena usia jembatan, tetapi peningkatan volume melebihi batas maksimal dapat membuat kerusakan pada struktural jembatan itu sendiri [1]. Pemantauan berkala secara manual dinilai kurang efisien, terutama dari aspek waktu dan biaya operasional yang lebih tinggi. Solusi berbasis teknologi *Internet of Think* (IoT) dapat mempermudah pemantauan berkala secara *real-time* tanpa harus ke lokasi langsung. Sistem ini merupakan solusi yang sangat responsif dalam mengidentifikasi potensi kerusakan, sehingga dapat meningkatkan keamanan dan integritas struktur jembatan [2][3].

Penggunaan ESP32 dinilai efektif karena kemudahannya untuk dioperasikan dan memiliki kemampuan pemrosesan serta konektivitas yang baik. ESP32 ini juga memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikrokontroler yang lain, mulai dari pin out yang lebih banyak, pin analog yang lebih banyak, memori yang lebih besar, serta terdapat *Bluetooth Low Energy* 4.0. ESP32 sering digunakan dalam berbagai proyek *Internet of Things* (IoT) karena kemampuannya yang efisien dan multifungsi [4]. Mikrokontroler ini bertugas untuk mengirim data sensor secara *real-time* pada Blynk [5]. Pada prototipe sistem pemantauan ini menggunakan load cell sebagai *transducer* yang bekerja sebagai konversi dari berat

\*Corresponding author: Yohanes Evalex Cahyo Lobwaer  
Email address: 612020008@student.uksw.edu

menjadi sinyal listrik dan modul HX711 sebagai penguat sinyal *Analog to Digital Converter* (ADC) yang salah satunya dirancang untuk mengukur sinyal dari load cell dan Blynk sebagai platform untuk menerima, mengirim dan memvisualisasikan data sensor [6], [7]. Sensor ADXL345 sebagai sensor akselerometer yang berfungsi untuk mengukur dan memantau getaran yang terjadi pada permukaan jembatan dan kemudian diproses menggunakan metode *Fast Fourier Transform* yang digunakan untuk menganalisis sinyal dengan mengubah data dari domain waktu (*time domain*) ke domain frekuensi (*frequency domain*) untuk kebutuhan analisa kondisi permukaan jembatan [8], [9]. Sistem ini juga menggunakan modul *traffic light* untuk mengisyaratkan kondisi beban yang ada di jembatan [10].

Secara keseluruhan, pemanfaatan teknologi IoT dalam sistem pemantauan tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional, tetapi juga memberikan pendekatan yang lebih aman dan berkelanjutan dalam manajemen infrastruktur [11].

Sistem ini dilakukan pengujian pada kondisi jalan normal dan juga jalan rusak. Pengujian jalan rusak bertujuan untuk mensimulasikan kondisi nyata di lapangan, Dimana jalan tidak rata atau berlubang yang dapat membuat getaran lebih tinggi dan menimbulkan beban dinamis. Sehingga pengujian ini penting untuk mengetahui sistem dapat mendeteksi adanya kerusakan struktural pada permukaan jalan jembatan. Sehingga hasil yang diperoleh akan lebih komprehensif dan representatif terhadap keadaan sebenarnya di lapangan.

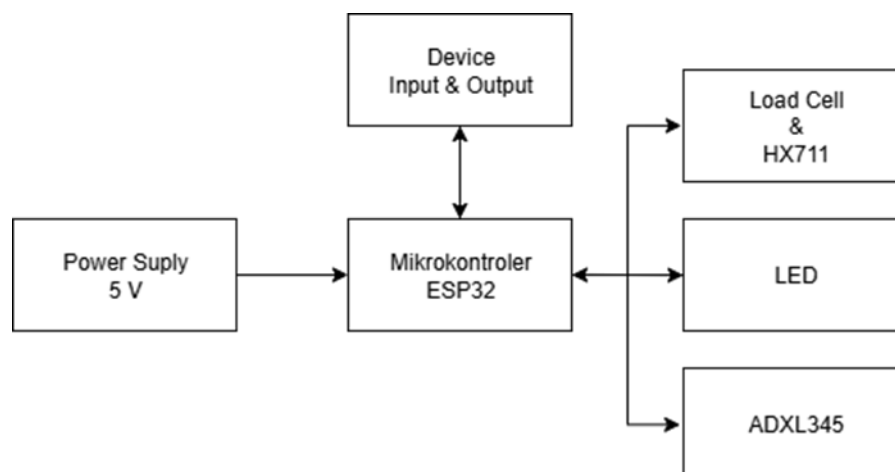
Penelitian ini bertujuan untuk merancang prototipe sistem pemantauan beban dan getaran pada jembatan serta memvisualisasikan nya pada Blynk. Dengan sistem ini, diharapkan mampu untuk membantu dalam menganalisa kondisi jembatan dan mendukung pemantauan jembatan jarak jauh secara *real-time*, serta memberikan peringatan dini terhadap potensi kerusakan dan beban berlebih, sehingga lebih efisien dalam menjaga keamanan struktural jembatan.

## 2. METODE

Pemantauan kondisi jembatan memiliki beberapa pendekatan menggunakan sensor seperti load cell sebagai sensor beban, ADXL345 sebagai sensor akselerometer, dan juga Blynk sebagai pendukung untuk pemantauan jarak jauh secara *real-time*. Pada sistem yang menggunakan ADXL345 sebagai pembaca getaran dengan implementasi algoritma FFT untuk mengetahui frekuensi dan magnitude jembatan [12]. Dan menggunakan load cell sebagai sensor untuk mengukur beban yang ada pada jembatan dan memvisualisasikan nya pada aplikasi Blynk [13].

Prototipe jembatan ini menggunakan material akrilik. Pemilihan akrilik didasarkan karena kemudahan perakitan dan bobot bahan yang ringan, sehingga sesuai untuk pengujian prototipe ini. Kendaraan yang di uji melintas jembatan dijalankan dengan kecepatan konstan sekitar 0,72 km/jam guna mendapat hasil yang stabil.

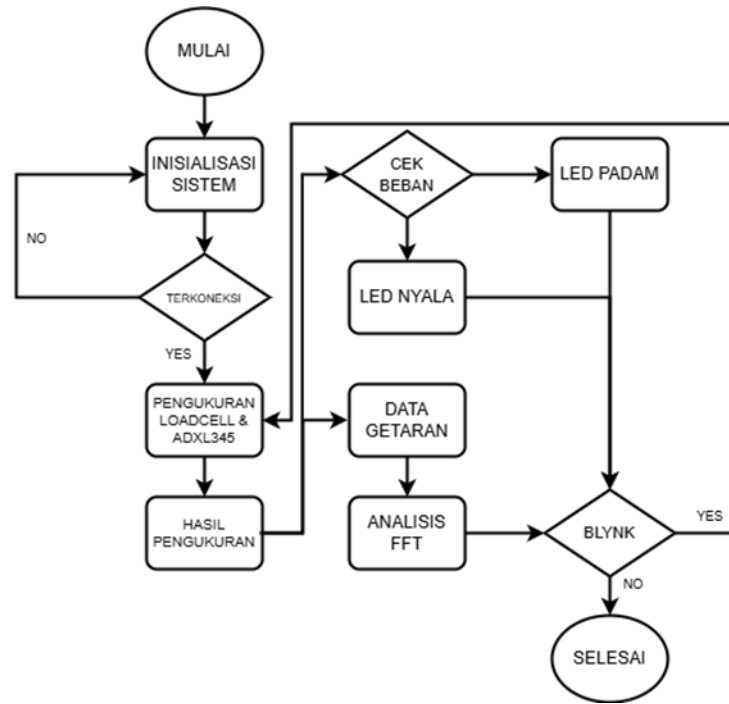
Metode yang dilakukan pada penelitian ini merupakan perancangan dan pengembangan prototipe sistem pemantauan jembatan menggunakan sensor load cell 5 kg dan ADXL345. Mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pemrosesan data dari sensor. ESP32 menggunakan daya dari power supply 5 V. Device sebagai perangkat input dan output sistem. Diagram blok sistem secara keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram blok sistem pemantauan jembatan

Saluran terbuka yang ditinjau adalah saluran dari beton bertulang dengan penampang huruf U. Ketinggian saluran terbuka ini dapat bervariasi mengikuti kebutuhan di lapangan atau elevasi saluran yang diinginkan.

## 2.1 Algoritma Sistem

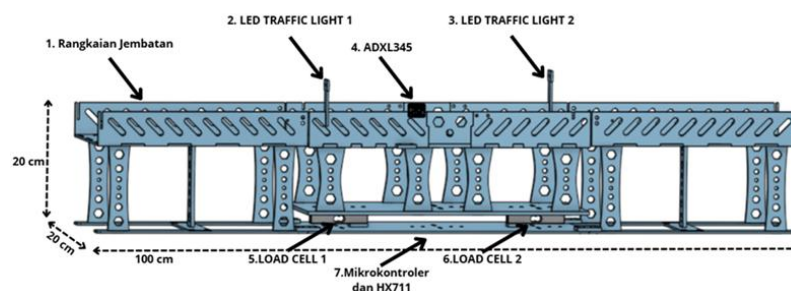


Gambar 2. Diagram alir sistem pemantauan jembatan

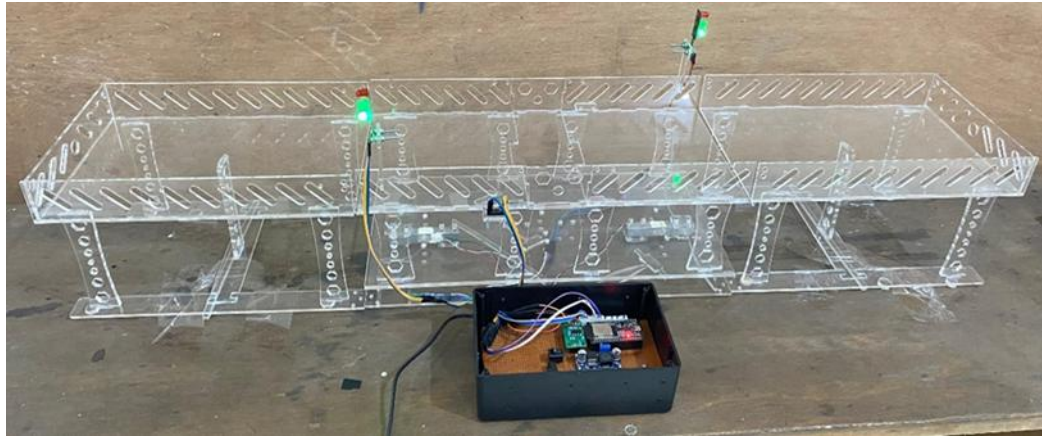
Diagram alir pada Gambar 2 merupakan alur kerja sistem pemantauan jembatan yang dirancang. Proses dimulai dengan inisialisasi sistem yang mencakup pengaktifan perangkat, penghubungan sistem ke jaringan wifi dan Blynk, serta kalibrasi sensor. Setelah terkoneksi, sistem akan melakukan pengukuran menggunakan load cell dan ADXL345. Selanjutnya dilakukan pengecekan beban untuk menentukan kondisi LED. Jika berat lebih dari sama dengan 2000 gram, maka lampu kuning dan hijau akan padam, dan lampu merah akan menyala. Jika berat kurang dari sama dengan 1499 gram, maka lampu kuning dan merah akan padam, dan lampu hijau akan menyala. Jika berat antara 1500 – 1999 gram, maka lampu hijau dan merah akan padam, lampu kuning akan menyala berkedip. Selain pengukuran beban, data getaran yang diperoleh dari ADXL345 di proses menggunakan algoritma FFT. Hasil pengukuran dan pembacaan beban dan getaran kemudian dikirimkan ke Blynk. Proses ini akan terus berulang hingga sistem dihentikan.

## 2.2 Realisasi Perangkat Keras

Perancangan perangkat keras dimulai dengan desain tiga dimensi menggunakan *software* Onshape yang sesuai dengan Gambar 3. Perancangan diperlukan *software* 3D dikarenakan part jembatan yang di *custome* agar sesuai dengan sistem prototipe sistem pemantauan jembatan dan kemudian di *cutting* seperti ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 3. Desain 3D dari alat



Gambar 3. Realisasi rancangan alat

### 2.3 Realisasi Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak menggunakan aplikasi Blynk untuk membuat tampilan grafik dan nilai, tombol *tare*, dan melakukan *input* nilai jika pengguna ingin mengetahui rata-rata terakhir. Bentuk perangkat lunak yang dibuat seperti Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. User interface pada blynk

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian pada prototipe sistem pemantauan jembatan ini dilakukan dengan mengukur dua parameter utama dan pengolahan data pada sistem. Dua parameter utama yang diukur adalah beban menggunakan sensor load cell dan getaran menggunakan sensor ADXL345 yang diolah dengan algoritma FFT. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan beban dan kemampuan sistem dalam mendeteksi kondisi jalan normal dan rusak. Selain itu, dilakukan pengujian notifikasi pada Blynk sebagai media pemantauan *real-time*.

### 3.1 Pengujian Load Cell

Beban dihitung menggunakan load cell pada jembatan dan menggunakan timbangan digital sebagai acuan beban sebenarnya. Hasil dari pembacaan load cell selanjutnya dipakai untuk mengklasifikasikan kondisi LED *traffic light*. Untuk menganalisa hasil pengukuran beban, pengukuran *error* beban dihitung menggunakan persamaan (1).

$$Error\ Beban = \frac{(beban\ pengukuran\ load\ cell - beban\ pengukuran\ timbangan\ digital)}{kapasitas\ maks.\ load\ cell} \times 100\% \quad (1)$$

Tabel 1. Pengujian beban 610 gram

| Percobaan ke-    | Load Cell (gram) | Timbangan Digital (gram) | Error Beban (%) | Kondisi LED |
|------------------|------------------|--------------------------|-----------------|-------------|
| 1                | 610              | 610                      | 0,00            | Hijau       |
| 2                | 610              | 610                      | 0,00            | Hijau       |
| 3                | 611              | 610                      | 0,02            | Hijau       |
| 4                | 610              | 610                      | 0,00            | Hijau       |
| 5                | 611              | 610                      | 0,02            | Hijau       |
| <b>Rata-rata</b> | 610,4            | 610                      | 0,01            |             |

Tabel 2. Pengujian beban 1110

| Percobaan ke-    | Load Cell (gram) | Timbangan Digital (gram) | Error Beban (%) | Kondisi LED |
|------------------|------------------|--------------------------|-----------------|-------------|
| 1                | 1108             | 1110                     | 0,04            | Hijau       |
| 2                | 1109             | 1110                     | 0,02            | Hijau       |
| 3                | 1110             | 1110                     | 0,00            | Hijau       |
| 4                | 1110             | 1110                     | 0,00            | Hijau       |
| 5                | 1111             | 1110                     | 0,02            | Hijau       |
| <b>Rata-rata</b> | 1110             | 1110                     | 0,02            |             |

Tabel 3. Pengujian beban 1610

| Percobaan ke-    | Load Cell (gram) | Timbangan Digital (gram) | Error Beban (%) | Kondisi LED |
|------------------|------------------|--------------------------|-----------------|-------------|
| 1                | 1610             | 1610                     | 0,00            | Kuning      |
| 2                | 1612             | 1610                     | 0,04            | Kuning      |
| 3                | 1610             | 1610                     | 0,00            | Kuning      |
| 4                | 1608             | 1610                     | 0,04            | Kuning      |
| 5                | 1608             | 1610                     | 0,04            | Kuning      |
| <b>Rata-rata</b> | 1610             | 1610                     | 0,02            |             |

Tabel 4. Pengujian beban 2110

| Percobaan ke-    | Load Cell (gram) | Timbangan Digital (gram) | Error Beban (%) | Kondisi LED |
|------------------|------------------|--------------------------|-----------------|-------------|
| 1                | 2118             | 2110                     | 0,16            | Merah       |
| 2                | 2119             | 2110                     | 0,18            | Merah       |
| 3                | 2119             | 2110                     | 0,18            | Merah       |
| 4                | 2119             | 2110                     | 0,18            | Merah       |
| 5                | 2118             | 2110                     | 0,16            | Merah       |
| <b>Rata-rata</b> | 2119             | 2110                     | 0,17            |             |

Tabel 5. Pengujian beban 2460

| Percobaan ke-    | Load Cell (gram) | Timbangan Digital (gram) | Error Beban (%) | Kondisi LED |
|------------------|------------------|--------------------------|-----------------|-------------|
| 1                | 2471             | 2460                     | 0,22            | Merah       |
| 2                | 2471             | 2460                     | 0,22            | Merah       |
| 3                | 2470             | 2460                     | 0,20            | Merah       |
| 4                | 2472             | 2460                     | 0,24            | Merah       |
| 5                | 2472             | 2460                     | 0,24            | Merah       |
| <b>Rata-rata</b> | 2471             | 2460                     | 0,22            |             |

Dari hasil pembacaan load cell, sistem dapat berjalan dengan baik saat diuji menggunakan kendaraan dengan berat 610 g, 1110 g dan 1610 g. Pada pengujian ini, diperoleh hasil perhitungan rata-rata error beban sebesar 0,02%. Namun saat beban 2110 g dan 2460 g, hasil perhitungan rata-rata error meningkat menjadi 0,20%. Peningkatan error ini disebabkan oleh lendutan struktural pada jembatan saat dilewati beban berat, sehingga mempengaruhi hasil pembacaan sensor.

Kondisi LED indikator menyala sesuai dengan beban yang melintas pada jembatan dan mengikuti parameter batas yang telah ditentukan, sehingga memberikan informasi visual mengenai status berat beban yang ada di atas jembatan.



Gambar 4. Pengukuran menggunakan load cell



Gambar 5. Pengukuran menggunakan timbangan digital

Pengukuran beban menggunakan load cell dan timbangan digital pada pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7. Pengukuran dilakukan pada saat kendaraan mencapai beban puncak ketika berada di tengah jembatan

### 3.2 Pengujian ADXL345

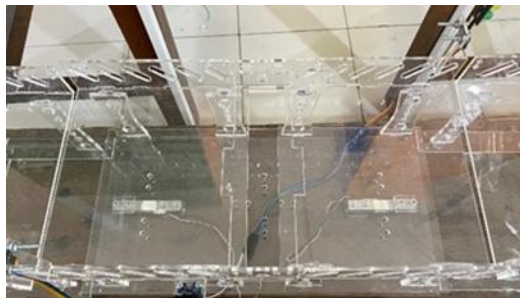
Pengukuran getaran pada jembatan dilakukan saat kendaraan melintas, menggunakan sensor akselerometer ADXL345 pada sumbu Z. Data getaran yang terkumpul akan diolah menggunakan algoritma FFT yang menghasilkan frekuensi dan *magnitude*. Permukaan jalan pada jembatan dikategorikan dalam kondisi normal jika hasil frekuensi dibawah 40 Hz atau *magnitude* tidak melebihi  $0,72 \text{ m/s}^2$ . Jika hasil frekuensi diatas 40 Hz atau *magnitude* diatas  $0,72 \text{ m/s}^2$ , maka sistem akan mendeteksi kondisi jalan rusak. Hasil FFT ini menjadi dasar untuk menentukan kondisi permukaan jalan pada jembatan yang dilintasi, di mana notifikasi pada Blynk akan muncul saat kondisi jalan terindikasi rusak.



Karakteristik akrilik yang digunakan untuk prototipe jembatan ini sangat mempengaruhi hasil pengujian. Karena material yang ringan dibanding material konstruksi jembatan nyata, laju kendaraan dengan kecepatan tinggi dapat membuat hasil perhitungan FFT menjadi tinggi dan tidak stabil meski beban yang melintas sama. Dengan demikian, pengujian ini menggunakan kecepatan konstan sekitar 0,72 km/jam untuk menjaga kestabilan data dan struktur jembatan.



Gambar 6. Permukaan jalan jembatan normal



Gambar 7. Permukaan jalan jembatan rusak

Pengujian ini dilakukan pada dua kondisi permukaan jalan yang berbeda, yaitu permukaan jalan normal seperti pada Gambar 8 dan permukaan jalan yang memiliki kerusakan (lubang) selebar 3 cm seperti pada Gambar 9.

### 3.2.1 Pengujian Jalan Normal

Pengujian pada permukaan jalan jembatan yang normal dilakukan dengan variasi beban kendaraan yang berbeda, yaitu 610 g, 1110 g, 1610 g, 2110 g, dan 2460 g. Pengujian ini untuk melihat hasil analisis frekuensi dan magnitudo menggunakan ADXL345 dengan algoritma FFT. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 6 hingga Tabel 10

Tabel 6. Pengujian beban 610 g pada jalan normal

| Percobaan ke-    | Frekuensi (Hz) | Magnitudo ( $m/s^2$ ) | Notifikasi Blynk |
|------------------|----------------|-----------------------|------------------|
| 1                | 35,16          | 0,46                  | -                |
| 2                | 35,16          | 0,53                  | -                |
| 3                | 35,16          | 0,46                  | -                |
| 4                | 35,16          | 0,26                  | -                |
| 5                | 31,25          | 0,56                  | -                |
| <b>Rata-rata</b> | <b>34,38</b>   | <b>0,45</b>           |                  |

Tabel 7. Pengujian beban 1110 g pada jalan normal

| Percobaan ke- | Frekuensi (Hz) | Magnitudo ( $m/s^2$ ) | Notifikasi Blynk |
|---------------|----------------|-----------------------|------------------|
| 1             | 23,44          | 0,52                  | -                |
| 2             | 27,34          | 0,45                  | -                |
| 3             | 27,34          | 0,61                  | -                |
| 4             | 23,44          | 0,52                  | -                |
| 5             | 23,44          | 0,34                  | -                |

|                  |       |      |  |
|------------------|-------|------|--|
| <b>Rata-rata</b> | 25,00 | 0,49 |  |
|------------------|-------|------|--|

Tabel 8. Pengujian beban 1610 g pada jalan normal

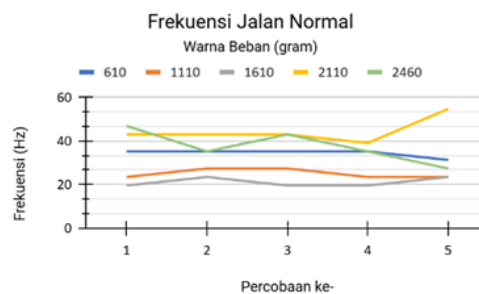
| Percobaan ke-    | Frekuensi (Hz) | Magnitude (m/s <sup>2</sup> ) | Notifikasi Blynk |
|------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| 1                | 19,53          | 0,15                          | -                |
| 2                | 23,44          | 0,32                          | -                |
| 3                | 19,53          | 0,21                          | -                |
| 4                | 19,53          | 0,36                          | -                |
| 5                | 23,44          | 0,4                           | -                |
| <b>Rata-rata</b> | 21,09          | 0,29                          |                  |

Tabel 9. Pengujian beban 2110 g pada jalan normal

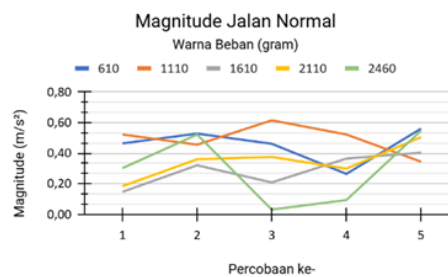
| Percobaan ke-    | Frekuensi (Hz) | Magnitude (m/s <sup>2</sup> ) | Notifikasi Blynk |
|------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| 1                | 42,96          | 0,18                          | Jalan Rusak      |
| 2                | 42,96          | 0,36                          | Jalan Rusak      |
| 3                | 42,96          | 0,38                          | Jalan Rusak      |
| 4                | 39,06          | 0,3                           | -                |
| 5                | 54,69          | 0,5                           | Jalan Rusak      |
| <b>Rata-rata</b> | 44,53          | 0,34                          |                  |

Tabel 10. Pengujian beban 2460 g pada jalan normal

| Percobaan ke-    | Frekuensi (Hz) | Magnitude (m/s <sup>2</sup> ) | Notifikasi Blynk |
|------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| 1                | 46,88          | 0,3                           | Jalan Rusak      |
| 2                | 35,16          | 0,52                          | -                |
| 3                | 42,96          | 0,03                          | Jalan Rusak      |
| 4                | 35,16          | 0,09                          | -                |
| 5                | 27,34          | 0,55                          | -                |
| <b>Rata-rata</b> | 37,50          | 0,30                          |                  |



Gambar 8. Grafik frekuensi pada jalan normal



Gambar 9. Grafik magnitude pada jalan normal



Dari hasil pengujian sistem yang dilakukan pada jalan normal, menunjukkan grafik data frekuensi pada berat 610 g, 1110 g, 1610 g yang lebih stabil pada Gambar 10 dibandingkan dengan pengujian menggunakan kendaraan dengan berat 2110 g dan 2460 g yang terlihat tidak stabil dan mengakibatkan notifikasi indikasi kondisi jalan rusak muncul pada Blynk. Dan hasil perhitungan magnitudo lebih rendah yaitu dibawah 0,62 m/s<sup>2</sup> seperti pada Gambar 11. Hasil pembacaan yang tidak stabil disebabkan karena lendutan yang terjadi saat jembatan menerima beban diatas 2000 g.

### 3.2.2 Pengujian Jalan Rusak

Pengujian dilakukan pada permukaan jalan jembatan yang rusak dengan variasi beban kendaraan, yaitu 610 g, 1110 g, 1610 g, 2110 g, dan 2460 g. Pengujian ini dilakukan untuk menguji apakah sistem dapat mendeteksi adanya kerusakan pada jembatan dengan akurat. Pengujian pada kondisi jalan rusak diperlukan untuk mengevaluasi sistem terhadap kondisi struktural jembatan yang tidak ideal. Hasil pengukuran frekuensi dan magnitudo menggunakan ADXL345 dengan algoritma FFT ditunjukkan pada Tabel 11 hingga Tabel 15

Tabel 11. Pengujian beban 610 g pada jalan rusak

| Percobaan ke-    | Frekuensi (Hz) | Magnitudo (m/s <sup>2</sup> ) | Notifikasi Blynk |
|------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| 1                | 35,16          | 0,74                          | Jalan Rusak      |
| 2                | 39,06          | 0,81                          | Jalan Rusak      |
| 3                | 35,16          | 0,81                          | Jalan Rusak      |
| 4                | 46,88          | 0,26                          | Jalan Rusak      |
| 5                | 35,16          | 0,89                          | Jalan Rusak      |
| <b>Rata-rata</b> | <b>38,28</b>   | <b>0,70</b>                   |                  |

Tabel 12. Pengujian beban 1110 g pada jalan rusak

| Percobaan ke-    | Frekuensi (Hz) | Magnitudo (m/s <sup>2</sup> ) | Notifikasi Blynk |
|------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| 1                | 35,16          | 2,01                          | Jalan Rusak      |
| 2                | 35,16          | 1,34                          | Jalan Rusak      |
| 3                | 46,88          | 0,62                          | Jalan Rusak      |
| 4                | 35,16          | 1,66                          | Jalan Rusak      |
| 5                | 50,78          | 2,69                          | Jalan Rusak      |
| <b>Rata-rata</b> | <b>40,63</b>   | <b>1,66</b>                   |                  |

Tabel 13. Pengujian beban 1610 g pada jalan rusak

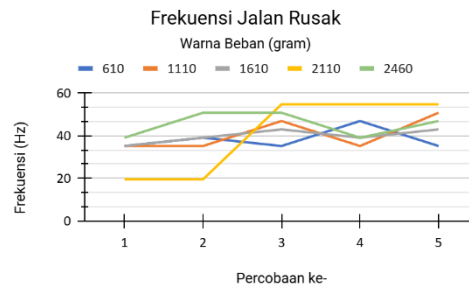
| Percobaan ke-    | Frekuensi (Hz) | Magnitudo (m/s <sup>2</sup> ) | Notifikasi Blynk |
|------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| 1                | 35,16          | 0,81                          | Jalan Rusak      |
| 2                | 39,06          | 0,96                          | Jalan Rusak      |
| 3                | 42,96          | 0,84                          | Jalan Rusak      |
| 4                | 39,06          | 0,89                          | Jalan Rusak      |
| 5                | 42,96          | 0,28                          | Jalan Rusak      |
| <b>Rata-rata</b> | <b>39,84</b>   | <b>0,76</b>                   |                  |

Tabel 14. Pengujian beban 2110 g pada jalan rusak

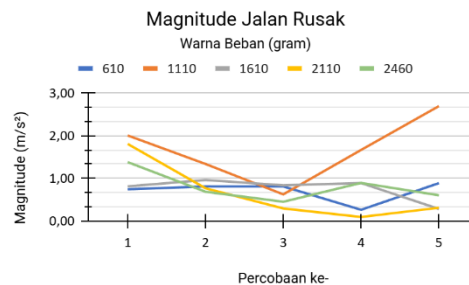
| Percobaan ke-    | Frekuensi (Hz) | Magnitudo (m/s <sup>2</sup> ) | Notifikasi Blynk |
|------------------|----------------|-------------------------------|------------------|
| 1                | 19,53          | 1,81                          | Jalan Rusak      |
| 2                | 19,53          | 0,77                          | Jalan Rusak      |
| 3                | 54,69          | 0,29                          | Jalan Rusak      |
| 4                | 54,69          | 0,09                          | Jalan Rusak      |
| 5                | 54,69          | 0,31                          | Jalan Rusak      |
| <b>Rata-rata</b> | <b>40,63</b>   | <b>0,65</b>                   |                  |

Tabel 15. Pengujian beban 2410 g pada jalan rusak

| Percobaan ke-    | Frekuensi (Hz) | Magnitude ( $m/s^2$ ) | Notifikasi Blynk |
|------------------|----------------|-----------------------|------------------|
| 1                | 39,06          | 1,38                  | Jalan Rusak      |
| 2                | 50,78          | 0,68                  | Jalan Rusak      |
| 3                | 50,78          | 0,45                  | Jalan Rusak      |
| 4                | 39,06          | 0,89                  | Jalan Rusak      |
| 5                | 46,88          | 0,6                   | Jalan Rusak      |
| <b>Rata-rata</b> | <b>45,31</b>   | <b>0,80</b>           |                  |



Gambar 10. Grafik frekuensi pada jalan rusak



Gambar 11. Grafik magnitude pada jalan rusak

Dari hasil pengujian sistem yang dilakukan pada jalan rusak, sistem berhasil mendeteksi adanya gangguan pada permukaan jalan jembatan dan dapat mengirimkan notifikasi peringatan secara otomatis pada Blynk. Dapat dilihat pada Gambar 12 dan Gambar 13 grafik data yang tidak stabil dan nilai magnitude yang tinggi, hal ini dikarenakan kendaraan melewati jalan yang rusak, sehingga menghasilkan respon dinamis berlebih pada jembatan dan menghasilkan pembacaan yang tidak stabil dan membuat sistem mendeteksi adanya indikasi jalan rusak.

### 3.3 Notifikasi Blynk



Gambar 12. Notifikasi pada blynk

Pada Gambar 14 merupakan notifikasi yang terdapat pada sistem pemantauan jembatan. Notifikasi berjalan sesuai kondisi yang terjadi dan sesuai dengan permintaan dari pengguna. Berikut penjelasan dari setiap notifikasi:

- (a). Notifikasi rata-rata beban yang akan muncul setiap 2 menit.
- (b). Notifikasi peringatan beban berlebih yang akan muncul setiap sistem membaca beban diatas 2000 g.
- (c). Notifikasi peringatan rata-rata beban tinggi akan muncul jika dalam 2 menit terakhir beban pada jembatan berada diatas 2000 g.
- (d). Notifikasi jalan akan muncul saat sistem mendeteksi adanya indikasi jalan yang rusak pada jembatan.
- (e). Notifikasi rata-rata khusus akan muncul saat pengguna memasukkan antara nilai 1-5(menit) pada slider yang berisi nilai rata-rata terakhir pada waktu yang diminta.
- (f). Jika data yang diminta pengguna pada poin (e) belum tersedia, maka notifikasi rata-rata khusus tidak menampilkan nilai rata-rata terakhir yang diminta pengguna.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian, prototipe pemantauan jembatan berbasis *Internet of Think* dengan menggunakan Blynk sebagai visualisasi pemantauan, load cell sebagai sensor pengukuran beban dan ADXL345 sebagai sensor akselerometer untuk mengukur getaran yang kemudian diproses menggunakan *Fast Fourier Transform* berhasil dirancang dengan baik.

Hasil pengujian menggunakan sensor load cell menunjukan nilai error pembacaan yang relatif kecil, yakni 0,01% dan 0,02% pada beban dibawah 2000 g, serta 0,22% dan 0,17% pada beban diatas 2000 g. Hasil nilai error yang tinggi pada beban diatas 2000 g disebabkan karena struktur jembatan yang mengalami lendutan cukup besar. Kondisi LED menyala sesuai dengan berat beban yang berada diatas jembatan dan notifikasi yang ditampilkan pada Blynk sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.

Hasil pengolahan data akselerometer dari ADXL345 menggunakan algoritma FFT pada sistem mampu membedakan kondisi jalan normal dan rusak. Di mana jalan rusak menghasil nilai frekuensi yang tidak stabil dan nilai magnitude yang tinggi dibanding dengan jalan normal yang nilai frekuensi nya stabil dan nilai magnitude nya rendah. Selain itu, karakteristik dari material akrilik yang digunakan menyebabkan pengujian dilakukan dengan kecepatan kendaraan sekitar 0,72 km/jam. Selain itu, material prototipe menggunakan akrilik juga dapat mempengaruhi hasil. Karena akrilik memiliki massa ringan dan lebih lentur dibanding dengan material asli pada jembatan, maka pengujian dilakukan pada kecepatan kendaraan sekitar 0,72 km/jam untuk menjaga hasil data yang stabil. Jika kendaraan melintas dengan kecepatan lebih tinggi, akrilik akan mengalami deformasi dan getaran tambahan yang membuat pembacaan hasil jadi tidak stabil.

#### REFERENSI

- [1] M. F. Fauzi, D. S. Devi, and I. Nazila, "Analisis Penilaian Kondisi Jembatan Ruas Jalan Peninggalan – Sei Lilin Dengan Metode Bridge Management System (BMS)," *J. Deform.*, vol. 9, no. 1, pp. 60–66, 2024, doi: 10.31851/deformasi.v9i1.14394.
- [2] M. A. Ridla and M. F. Rahman, "Perancangan Prototype Monitoring Suhu Berbasis Internet Of Things (IoT)," *JUSIFOR J. Sist. Inf. dan Inform.*, vol. 3, no. 1, pp. 72–79, 2024, doi: 10.33379/jusifor.v3i1.4367.
- [3] A. H. Widayatno, "Penggunaan Teknologi dalam Monitoring Ketahanan Struktur Jembatan," Prodi Teknik Sipil, Sekolah Vokasi, Universitas Sebelas Maret, 2024. [Online]. Available: <https://www.academia.edu/120937778>
- [4] A. ArjunPratikto, "Simulasi Kendali Dan Monitoring Daya Listrik Peralatan Rumah Tangga Berbasis ESP32," *ALINIER J. Artif. Intell. Appl.*, vol. 3, no. 1, pp. 38–48, 2022, doi: 10.36040/aliner.v3i1.4855.
- [5] F. R. Firdaus, "Sistem Pemantauan Infus Mandiri Untuk Pasien Lansia Yang Menjalani Perawatan Rawat Jalan Berbasis Internet of Things (IoT)," p. 9, 2024.
- [6] R. Hendrawan, A. S. Rohman, D. Hidayat, and T. Nugroho, "Sistem Monitoring Berat Pada Alat Organic Waste Chopper (Gasper) Dengan Sensor Berat (Load Cell) Berbasis Arduino Mega 2560," Institut Teknologi Sumatera, 2020.
- [7] L. Sabillah and R. Hidayat, "Sistem Monitoring Pemakaian Energi Listrik Pada Kamar Kost Menggunakan Aplikasi Blynk Berbasis Internet of Things," *J. Komput. dan Elektro Sains*, vol. 1, no. 2, pp. 25–29, 2023, doi: 10.58291/komets.v1i2.104.
- [8] S. D. D. Satria and R. P. Astutik, "Perancangan Sistem Monitoring Ketahanan Jembatan Berbasis Iot ( Internet Of Things )," vol. 13, no. 1, 2025.
- [9] E. W. Batubara and P. Sitompul, "Implementasi Fast Fourier Transform dalam Penyelesaian Persamaan Difusi Panas Satu Dimensi Universitas Negeri Medan , Indonesia," no. 6, 2024.
- [10] M. R. Sholahuddin and B. H. Kusuma, "Sistem Lampu Lalu Lintas Pintar untuk Kendaraan Prioritas," vol. 4, pp. 633–640, 2025.
- [11] Zulkarnain and Arman, "Potensi Internet of Things (IoT) Untuk Masa Depan Perkotaan Cerdas (Smart Cities)," *J. Inf. Syst. Technol.*, vol. 06, no. 01, pp. 7–11, 2025, [Online]. Available:

<https://journal.uib.ac.id/index.php/joint/>

- [12] A. Fatah, U. Ungkawa, and M. M. Barmawi, "Implementasi Algoritma Fast Fourier Transform Pada Monitor Getaran Untuk Analisis Kesehatan Jembatan," *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 5, no. 2, p. 48, 2020, doi: 10.32897/infotronik.2020.5.2.414.
- [13] S. A. E. Mahendra, S. Subairi, N. Nachrowie, D. C. Permatasari, S. Sulistiyanto, and S. Fuada, "Implementasi Mikrokontroler ESP8266 sebagai Sensor Berat dan Jumlah Orang pada Beban Jembatan," *JASIEK (Jurnal Apl. Sains, Informasi, Elektron. dan Komputer)*, vol. 5, no. 1, pp. 17–24, 2023, doi: 10.26905/jasiek.v5i1.9950.