



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**P ENGEMBANGAN SISTEM PENGUJIAN PEMBEBANAN STATIS DAN  
DINAMIS PADA STRUKTUR JEMBATAN**

Sub Judul:

**Perancangan Sistem *Data Logger* Pengukuran Menggunakan  
Protokol Komunikasi MQTT**

SKRIPSI

Taufik Hidayat  
2003431001

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL INDUSTRI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2024**



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**PENGEMBANGAN SISTEM PENGUJIAN PEMBEBANAN STATIS DAN  
DINAMIS PADA STRUKTUR JEMBATAN**

Sub Judul:

**Perancangan Sistem *Data Logger* Pengukuran Menggunakan  
Protokol Komunikasi MQTT**

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

SKRIPSI

Taufik Hidayat  
2003431001

**PROGRAM STUDI INSTRUMENTASI DAN KONTROL INDUSTRI**

**JURUSAN TEKNIK ELEKTRO**

**POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

**2024**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORSINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Taufik Hidayat

NIM : 2003431001

Tanda Tangan : 

Tanggal : 6 Juni 2024

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

LEMBAR PENGESAHAN  
SKRIPSI

Tugas Akhir diajukan oleh:

Nama : Taufik Hidayat  
NIM : 2003431001  
Program Studi : Instrumentasi dan Kontrol Industri  
Judul Tugas Akhir : Perancangan Sistem *Data Logger* Pengukuran Menggunakan Protokol Komunikasi MQTT

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada tanggal 29 Juli 2024 dan dinyatakan .....

Pembimbing : Rika Novita Wardhani, S.T., M.T.  
NIP. 197011142008122001

(*Rika*)

Depok, 02 Agustus 2024

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Murte Dwiyanti, S.T., M.T.

NIP. 197803312003122002



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan laporan ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mendapat gelar Sarjana Terapan Teknik, Politeknik Negeri Jakarta, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Instrumentasi dan Kontrol Industri. Skripsi ini berjudul “Perancangan Sistem *Data Logger* Pengukuran Menggunakan Protokol Komunikasi MQTT”. Dalam proses penyusunan Skripsi ini, penulis banyak mendapatkan ilmu pengetahuan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Murie Dwiyaniti, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro – Politeknik Negeri Jakarta;
2. Sulis Setiowati, S.Pd., M.Eng. selaku Kepala Program Studi (KPS) D4 – Instrumentasi dan Kontrol Industri;
3. Rika Novita Wardhani, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulisan dalam penyusunan skripsi ini
4. Dr Anis selaku kepala Lab Puti jurusan teknik sipil dosen sipil bla bla;
5. Kedua orangtua serta keluarga yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
6. Rekan satu tim skripsi Iis Ismail dan seluruh rekan penelitian SIMON BATAPA yang telah mendukung, membantu dan memotivasi dalam menyelesaikan skripsi penulis;

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 6 Juni 2024

Taufik Hidayat

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## ABSTRAK

Dalam perancangan struktur, observasi terhadap respons struktur saat dikenai beban adalah esensial untuk menilai kemampuannya dalam menahan beban statis dan dinamis. Uji pembebanan pada struktur, seperti jembatan, menjadi krusial untuk menentukan kondisi dan kinerjanya. Data yang akurat dan andal sangat diperlukan untuk evaluasi ini. Penggunaan protokol komunikasi MQTT terbukti dapat digunakan dalam mengirim data pengukuran secara realtime dengan nilai latensi yang rendah dan kecepatan pengiriman yang tinggi dibandingkan dengan protokol HTTP, sehingga meningkatkan kualitas data pengukuran. Protokol komunikasi MQTT ini dirancang untuk diimplementasikan pada perangkat IoT (Internet of Things) yang memiliki keterbatasan sumber daya seperti memori penyimpanan, memori program, serta kecepatan pemrosesan. Penggunaan bahasa pemrograman JavaScript mampu mengoptimalkan kinerja data *logger* dikarenakan kemampuannya dalam mengeksekusi program dengan cara asinkron dan memungkinkan pemrosesan data dan perintah terjadi hampir bersamaan dan bersifat *non-blocking* yang terbukti efektif untuk menjalankan fungsi data *logging* untuk data *realtime* dengan kemampuan hingga 98.84% dengan error sebesar 1.16%. Hasil pemodelan dengan SAP 2000 menunjukkan frekuensi alami kerangka jembatan sebesar 7.43 Hz, sedangkan pengujian menunjukkan frekuensi sebesar 6.12 Hz, dengan perbedaan sebesar 1.31 Hz. Berdasarkan pedoman SHMS, selisih frekuensi ( $\Delta f$ ) sebesar 1.31 Hz menandakan kondisi struktural jembatan masih baik dan aman tanpa indikasi kerusakan signifikan.

Kata kunci : Pengujian Struktur, Regangan, Frekuensi Alami, IoT, MQTT, TCP/IP

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**ABSTRACT**

*In structural design, observations of structural responses under load are essential to assess its ability to withstand static and dynamic loads. Loading tests on structures like bridges, becoming crucial to determining their condition and performance. Accurate and reliable data is essential for this evaluation. The use of the MQTT communication protocol has been proven to be useful in transmitting measurement data in real time with low latency values and high test speeds compared to the HTTP protocol, thereby improving the quality of measuring data. The MQTT communication protocol was originally designed to be implemented on IoT (Internet of Things) devices that have limited resources such as storage memory, program memory, and processing speed. The use of the JavaScript programming language is capable of optimizing the data logger performance due to its ability to execute programs in an asynchronous manner and allows data and command processing to occur almost simultaneously and is non-blocking which has proven effective for running data logging functions for real-time data with a capacity of up to 98.84% with an error rate of 1.16%. The modeling results with SAP 2000 showed the natural frequency of the bridge frame of 7.43 Hz, while testing showed frequencies of 6.12 Hz, with a difference of 1.31 Hz. According to the SHMS guidelines, a frequency difference ( $\Delta f$ ) of 1.31 Hz indicates the structural condition of the bridge is still good and safe without any indication of significant damage.*

*Keywords: Structure Testing, Tension, Natural Frequency, IoT, MQTT, TCP/IP*

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORSINALITAS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR.....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Luaran .....	4
BAB II TINJUAN PUSTAKA .....	5
2.1 State of The Art Penelitian .....	5
2.2 Jembatan.....	7
2.3 Jembatan Kerangka Baja.....	8
2.4 Jembatan Penyebrangan Orang.....	9
2.5 Pengujian Pembebanan Statis dan Dinamis .....	9
2.6 Tegangan dan Regangan.....	10
2.7 Getaran Jembatan .....	11
2.8 <i>Fast Fourier Transform</i> (FFT).....	11
2.9 <i>Python</i> .....	12
2.10 <i>OSI Layer</i> .....	12
2.11 TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol).....	15
2.12 Protokol Komunikasi <i>Message Queuing Telemetry Transport</i> MQTT .....	17
2.13 MySQL Database .....	19
2.14 Bahasa Pemrograman JavaScript .....	20
2.15 NodeJS .....	20





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.16 Bahasa Pemrograman C .....	21
2.17 Visual Code Editor dan PlatformIO .....	21
2.18 FreeRTOS ( <i>Free Real Time Operating System</i> ).....	21
2.19 Komponen.....	22
BAB III PERANCANGAN DAN REALISASI .....	20
3.1 Rancangan Alat .....	20
3.1.1 Deskripsi Alat.....	21
3.1.2 Cara Kerja Alat.....	23
3.1.3 Spesifikasi Alat .....	25
3.1.4 Diagram Blok Alat .....	28
3.1.5 Penggunaan Protokol Komunikasi MQTT pada sistem akuisisi dan data logger.....	31
3.1.6 Cara Kerja Alat Sub-Sistem Perancangan Sistem Data Logger Pengukuran Menggunakan Protokol Komunikasi MQTT .....	32
3.1.7 Diagram Blok Sub-Sistem.....	34
3.2 Realisasi Alat.....	35
3.2.1 Realisasi <i>Hardware</i> Perancangan Sistem Data Logger Pengukuran Menggunakan Protokol Komunikasi MQTT .....	39
3.2.2 Realisasi Program Perancangan Sistem Data Logger Pengukuran Menggunakan Protokol Komunikasi MQTT .....	41
BAB IV PEMBAHASAN.....	44
4.1 Pengujian Perbandingan Kecepatan Protokol Komunikasi MQTT dengan Protokol HTTP.....	44
4.1.1 Deskripsi Pengujian .....	44
4.1.2 Daftar Peralatan Pengujian.....	44
4.1.3 Prosedur Pengujian .....	45
4.1.4 Data dan Grafik Hasil Pengujian.....	46
4.2 Pengujian Perbandingan Latensi Protokol Komunikasi MQTT dengan Protokol HTTP.....	48
4.2.1 Deskripsi Pengujian .....	48
4.2.2 Daftar Peralatan Pengujian.....	49
4.2.3 Prosedur Pengujian .....	49
4.2.4 Data dan Grafik Hasil Pengujian.....	50
4.3 Analisis Data dan Hasil Pengujian .....	51
4.4 Pengujian dan Integrasi Algoritma <i>Kalman Filter</i> pada Akuisisi .....	53



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.4.1 Deskripsi Pengujian .....	53
4.4.2 Daftar Peralatan Pengujian.....	54
Prosedur Pengujian .....	55
4.4.3 Hasil Pengukuran pada <i>Data Logger</i> .....	57
4.4.4 Data dan Hasil Pengujian Analisis Perbandingan Hasil Pengukuran dan Pemodelan Struktur.....	59
BAB V PENUTUP.....	5
5.1 Simpulan .....	5
5.2 Saran.....	5
DFTAR PUSTAKA.....	5
LAMPIRAN.....	5





## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Referensi Penelitian 1.....	5
Tabel 2. 2 Referensi Penelitian 2.....	5
Tabel 2. 3 Referensi Penelitian 3.....	6
Tabel 4. 1 Daftar peralatan Pengujian.....	44
Tabel 4. 2 Data hasil pengujian kecepatan pengiriman data protokol komunikasi MQTT QoS 0.....	46
Tabel 4. 3 Data hasil pengujian kecepatan pengiriman data protokol komunikasi MQTT QoS 1.....	46
Tabel 4. 4 Data hasil pengujian kecepatan pengiriman data protokol komunikasi MQTT QoS 2.....	47
Tabel 4. 5 Data hasil pengujian kecepatan pengiriman data protokol komunikasi HTTP.....	47
Tabel 4. 6 Data perbandingan nilai rata-rata hasil pengujian kecepatan pengiriman data protokol komunikasi HTTP.....	47
Tabel 4. 7 Daftar peralatan Pengujian.....	49
Tabel 4. 8 Data hasil pengujian perbandingan latensi pengiriman data protokol komunikasi MQTT dan HTTP.....	50
Tabel 4. 9 Data rata-rata hasil pengujian perbandingan latensi pengiriman data protokol komunikasi MQTT dan HTTP.....	51
Tabel 4. 10 Korelasi antara latensi dan kecepatan pengiriman.....	52
Tabel 4. 11 Daftar peralatan Pengujian.....	54
Tabel 4. 12 Pembebanan pengujian.....	55
Tabel 4. 13 Waktu data hilang.....	57
Tabel 4. 14 Hasil data pengukuran dalam bentuk teks dengan sampling rate sebesar 25 Hz.....	58
Tabel 4. 15 Perbandingan data pengukuran dan pemodelan uji statis.....	59
Tabel 4. 16 <i>Modal Periods and Frequencies</i> .....	61
Tabel 4. 17 Frekuensi alami hasil pengukuran.....	61
Tabel 4. 18 Perbandingan hasil permodelan dan pengujian.....	62

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Jembatan Sei Wampu, Medan .....	8
Gambar 2. 2Jembatan Rangka Baja tipe Warren.....	8
Gambar 2. 3 JPO Kota Depok.....	9
Gambar 2. 4 (a) Uji Statis .....	10
Gambar 2. 5 (b) Uji Dinamis.....	10
Gambar 2. 6 Logo bahasa pemrograman Python .....	12
Gambar 2. 7 Logo MQTT .....	19
Gambar 2. 8 Sensor Accelerometer AKF392B (2g).....	22
Gambar 2. 9 Strain Gauge ST350 .....	23
Gambar 2. 10 Orange Pi 5B .....	23
Gambar 2. 11 Microcontroller ESP32.....	24
Gambar 2. 12 Modul RS485 .....	24
Gambar 2. 13 Modul Charger TP4056.....	25
Gambar 2. 14 Modul MT6038 .....	25
Gambar 2. 15 Modul ADS1115.....	26
Gambar 2. 16 <i>Batterai Lithium Ion Cell 18650</i> .....	26
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian.....	20
Gambar 3. 2 Diagram alir kerja sistem secara keseluruhan (1) .....	23
Gambar 3. 3 Diagram alir kerja sistem secara keseluruhan (2) .....	24
Gambar 3. 5Diagram Alir Sub-Sistem .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Gambar 3. 6 Diagram blok sub-sistem.....	34
Gambar 4. 1 Grafik perbandingan kecepatan MQTT dan HTTP.....	48
Gambar 4. 2 Grafik perbandingan latensi MQTT dan HTTP .....	51
Gambar 4. 3 Struktur Jembatan Rangka Baja .....	55
Gambar 4. 4Grafik data pengukuran accelerometer pada data logger .....	57
Gambar 4. 5 Grafik frekuensi alami pada struktur.....	61



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**DAFTAR LAMPIRAN**

L- 1 Daftar Riwayat Hidup Penulis.....	L1
L- 2 Dokumentasi Pengujian 1.....	L2
L- 3 Dokumentasi Pengujian 2.....	L3





**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jembatan memiliki peranan penting dalam kehidupan masyarakat sehari-hari. Karena, jembatan dapat menghubungkan satu daerah dengan daerah lainnya dan mendukung kebutuhan penting seperti Pendidikan, Ekonomi, Sosial, dan Budaya. Adanya infrastruktur tersebut memiliki dampak yang besar terhadap kehidupan masyarakat. Kerusakan jembatan, kinerja yang kurang optimal dan kesalahan pembangunan jembatan dapat mengganggu transportasi dan aktivitas penting masyarakat dan dapat mengancam keselamatan pengguna saat melewatinya.

Pemerintah secara aktif membangun berbagai jenis struktur dan infrastruktur. Banyak pembangunan harus dilakukan sesuai dengan rencana atau sesuai dengan desain dan perhitungan. Selain itu, proses pembangunan juga harus diperhatikan untuk menghindari kegagalan. Menurut Data Bina Marga menunjukkan terdapat 18.881 jembatan di seluruh Indonesia pada tahun 2021, dengan panjang total 536.622 km. Sebagian besar jembatan berada dalam kondisi yang berbeda: 4.729 jembatan dalam kondisi baik, 11.232 dalam kondisi sedang, 2.566 dalam kondisi rusak ringan, 265 dalam kondisi rusak berat, dan 89 jembatan runtuh (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2021). Karenanya diperlukan kepastian antara kesesuaian struktur yang telah dibangun dengan desain rancangan awal karena hal ini berkaitan dengan kepentingan banyak orang.

Uji struktur dan uji material merupakan metode untuk memverifikasi dan mengevaluasi keadaan struktur. Uji struktur mencakup uji statik dan dinamik, sedangkan uji material menentukan sifat, properti, mutu, dan kondisi bahan material (Soleh & Rastandi, 2021). Ketika merancang sebuah struktur, perilaku struktur tersebut dapat diamati saat struktur bereaksi terhadap beban yang bekerja padanya. Oleh karena itu, uji pembebanan pada struktur menjadi hal yang sangat penting untuk menilai kemampuan jembatan dalam menahan beban, baik secara statis maupun dinamis. Data

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

yang layak diperlukan untuk sistem agar dapat digunakan dengan baik dalam proses penilaian kondisi struktur. Jika data kurang atau melimpah tetapi tidak melalui prosedur yang tepat, setiap sistem akan menjadi tidak efektif (Hinawan T, 2020). Sistem Pengujian Pembebanan Statis dan Dinamis pada Struktur Jembatan melibatkan dua jenis sensor: *Strain Gauge* ST350 untuk mengukur regangan pada struktur saat diberikan pembebanan statis dan *Accelerometer* AKF392B 2(g) untuk mengukur perubahan getaran alami pada struktur saat diberikan pembebanan dinamis.

Dalam pengujian pembebanan statis dan dinamis pada struktur jembatan diperlukan data pengukuran secara *realtime*. Untuk dapat melakukan pengiriman data secara *realtime* pemilihan protokol komunikasi yang tepat untuk mengirimkan data pengukuran sangatlah penting, penggunaan protokol komunikasi MQTT dipilih karena protokol komunikasi MQTT dirancang untuk digunakan pada perangkat mikro komputer dan mikro kontroler yang memiliki *resource* seperti memori RAM (*Random Access Memory*), memori penyimpanan, dan kecepatan yang terbatas (MQTT.org, 2022). Selain itu protokol MQTT juga menawarkan sistem QoS (*Quality of Service*) atau kualitas pelayanan yang dapat diatur untuk mendapatkan kualitas pengiriman data yang optimal.

### 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang dan mengimplementasikan sistem pengiriman data yang efisien menggunakan protokol komunikasi MQTT untuk mengirim data sensor *Strain Gauge* dan *Accelerometer*?
2. Bagaimana mengatasi masalah keterbatasan bandwidth dan latensi jaringan dalam pengiriman data secara *realtime*?
3. Bagaimana memastikan keandalan pengiriman data agar tidak terjadi kehilangan atau duplikasi data dalam proses transmisi

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4. Bagaimana cara mengevaluasi kinerja protokol komunikasi MQTT untuk memastikan bahwa sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan?
5. Bagaimana merancang sistem *data logger* yang efisien untuk menyimpan data pengukuran secara *realtime*?
6. Bagaimana membuat sistem *data logger* yang efisien untuk menyimpan data pengukuran secara *realtime*?

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam penyusunan tugas akhir ini, terdapat batasan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Penerapan protokol komunikasi MQTT hanya dilakukan pada jaringan lokal atau LAN (*Local Area Network*).
2. Hanya mempertimbangkan kecepatan pengiriman dan latensi pengiriman protokol komunikasi MQTT.
3. Fokus pada pengaturan pemilihan QoS (*Quality of Service*) pada protokol komunikasi MQTT, dan pemilihan metode pemrograman sistem *data logger*.
4. Proses pemilihan QoS dan pemilihan model pemrograman dilakukan dengan pengamatan berdasarkan percobaan laboratorium menggunakan data palsu atau *dummy data*.
5. Pembahasan hanya mencakup implementasi dalam bahasa pemrograman C/C++ , dan JavaScript tanpa mempertimbangkan bahasa pemrograman lain.
6. Pengujian Perancangan Sistem Akusisi dan Data Logger Pengukuran Menggunakan Protokol Komunikasi MQTT menggunakan jembatan berjenis rangka baja dan jembatan penyebrangan orang (JPO).

### 1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam pembuatan tugas akhir ini yaitu:



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1. Mengembangkan sistem pengiriman data yang efisien menggunakan protokol komunikasi MQTT untuk mengirim data sensor Strain Gauge dan Accelerometer.
2. Mencari solusi untuk mengatasi keterbatasan bandwidth dan latensi jaringan dalam pengiriman data secara *realtime*, agar data dapat dikirim dengan cepat dan efisien.
3. Mengimplementasikan metode untuk memastikan keandalan pengiriman data, sehingga tidak terjadi kehilangan atau duplikasi data selama proses transmisi.
4. Mengevaluasi kinerja protokol komunikasi MQTT untuk memastikan sistem berjalan sesuai dengan yang diharapkan, termasuk penilaian terhadap kecepatan pengiriman dan latensi
5. Mengembangkan sistem *data logger* yang efisien untuk menyimpan data pengukuran secara *realtime* dengan optimal, memastikan data tersimpan dengan baik dan mudah diakses untuk analisis lebih lanjut.
6. Menentukan pengaturan QoS (*Quality of Service*) yang optimal pada protokol komunikasi MQTT dan memilih model pemrograman yang tepat berdasarkan pengamatan dari percobaan laboratorium menggunakan data palsu atau *dummy data*.

### 1.5 Luaran

Luaran yang diharapkan dari pembuatan tugas akhir ini yaitu:

1. Laporan Tugas Akhir
2. Publikasi Jurnal
3. Penerapan protokol komunikasi MQTT pada pengiriman data pengukuran sensor *Strain Gauge* dan *Accelerometer* serta purwarupa sistem pengujian pembebanan statis dan dinamis pada struktur jembatan yang telah dirancang diharapkan dapat membantu praktisi teknik sipil dan pemerintah dalam melakukan pengujian infrastruktur nasional khususnya jembatan untuk menjaga fungsi utama dari struktur tersebut.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## BAB V PENUTUP

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil, pembahasan, dan pengujian yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, terdapat beberapa kesimpulan yang penulis dapatkan sebagai berikut;

1. Hasil dari penggunaan protokol komunikasi MQTT dapat digunakan untuk mengirimkan data pengukuran dari node sensor strain gauge dan node sensor accelerometer
2. Penggunaan protokol MQTT bergantung pada perangkat penyedia jaringan seperti *router WiFi, network switch, network hub* dan lain sebagainya karena MQTT berjalan di atas protokol TCP/IP.
3. Penggunaan QoS 0 MQTT yang biasa disebut sebagai "*fire and forget*" memberikan kemampuan pengiriman data yang lebih cepat dibandingkan QoS 1 dan QoS 2 namun memiliki risiko kehilangan data ketika terjadi gangguan pada jaringan lokal karena *subscriber (node sensor)* tidak melakukan pengiriman data Kembali jika terjadi masalah saat pengiriman data.
4. Kemampuan *data logger* sebesar 98.48 % dengan nilai *error* sebesar 1.16 % dari sehingga diketahui ada data yang hilang atau tidak tersimpan, hal ini bisa disebabkan oleh beberapa faktor saat pengiriman data seperti; terputusnya koneksi jaringan lokal, interferensi *radio frequency*, dan lain-lain.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil, pembahasan, dan pengujian yang telah dilakukan pada tugas akhir ini. Adapun beberapa saran untuk pengembangan sistem pengujian pembebanan statis dan dinamis pada struktur jembatan agar menjadi lebih baik sebagai berikut:

1. Menambahkan dukungan koneksi komunikasi dengan port *ethernet* pada *node sensor* untuk menyediakan kemampuan pengiriman data

secara *wired* dari *node sensor* ke *data logger* untuk meminimalisir terputusnya koneksi *WiFi*.

2. Pemilihan protokol komunikasi yang lebih baik dan stabil yang dapat mengirimkan data dengan kecepatan dan keterjaminan pengiriman data.
3. Penggunaan sensor *accelerometer* AKF 394-B yang memiliki keluaran data berupa data *digital serial* UART digantikan menggunakan *accelerometer* yang memiliki output *analog* untuk menyederhanakan proses akuisisi data sensor ke mikrokontroler, sehingga kecepatan data sampling untuk data akselerasi menjadi lebih stabil.
4. Tampilan visualisasi data perlu diperbaiki agar lebih nyaman dan mudah digunakan. Pengembangan antarmuka yang intuitif dan representasi data yang lebih interaktif akan memudahkan pengguna dalam memahami hasil pengujian dan melakukan analisis lebih lanjut.
5. Penambahan algoritma kompresi pada *database* untuk memperkecil ukuran penggunaan memori penyimpanan data pengukuran.

POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA

## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





## DFTAR PUSTAKA

- Adafruit. (2022). *ADS1115 16-Bit ADC - 4 Channel with Programmable Gain Amplifier*. Adafruit.Com. <https://www.adafruit.com/product/1085>
- Afri Sugara, Y., & Naumar, A. (2022). "PERENCANAAN JEMBATAN RANGKA BAJA TIPE WARREN TRUSS DI KOTA PADANG."
- Amazon Web Services. (2023). *Apa itu MQTT?* Amazon Web Services.
- Andre. (2018). *Pengertian Bahasa Pemrograman C*. Duniaikom. <https://www.duniaikom.com/tutorial-belajar-c-pengertian-bahasa-pemrograman-c/>
- BDI. (2019). *ST350-STRAIN TRANSDUCER*.
- Becker, A. (2023). *Kilman Filter : From the Ground Up* (A. Becker (ed.); 1st ed., Vol. 1). KalmanFilter.Net.
- Component Info. (2020, April 11). *TP4056 3.7V Li-ion 18650 Battery Charger Module Pinout, Datasheet & Details*. Component Info.
- Components101. (2021, May 1). *MT3608 - 2A DC-DC Step Up (Boost) Power Module*. Components101.Com.
- Dian. (2024). *Apa itu Google Colab?* Ilmuteknik. <https://ilmuteknik.id/apa-itu-google-colab/>
- Digital Accelerometer, M. (2019). *INERTIAL ATTITUDE MEASUREMENT EXPERT INS&IMU RION AKF392*. [www.rion-tech.net](http://www.rion-tech.net)
- Dwi Adistiana, K. (2023, November 24). *Perbedaan Tegangan dan Regangan*. Ruangguru.Com.
- Fatah, A., Ungkawa, U., & Barmawi, M. M. (2020). IMPLEMENTASI ALGORITMA FAST FOURIER TRANSFORM PADA MONITOR GETARAN UNTUK ANALISIS KESEHATAN JEMBATAN. *Infotronik : Jurnal Teknologi Informasi Dan Elektronika*, 5(2), 48. <https://doi.org/10.32897/infotronik.2020.5.2.414>
- Guido Van Rossum, P. S. F. (2023, October 22). *Python Programming Language*. Python Software Foundation.
- Inc, G. (2024). Get started with Google Colab. *Website Google*. <https://colab.research.google.com/>
- Juniarta, Y. (2021, November 24). *Tegangan Elastisitas*. Zenius.
- KKJTJ kementerian PUPR. (2023, November 1). *Uji Laik Fungsi Jembatan Sei Wampu Sumatera Utara*. PU-Net.
- Luthfiyyah Purwanti, I. (2021). *PEMODELAN SISTEM MONITORING TINGKAT LAYAN JEMBATAN SATU DUIT BOGOR MENGGUNAKAN LABVIEW DENGAN KOMUNIKASI LORA*.

### Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritikan atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Ma'arif, A., Iswanto, I., Nuryono, A. A., & Alfian, R. I. (2019). Kalman Filter for Noise Reducer on Sensor Readings. *Signal and Image Processing Letters*, 1(2), 11–22. <https://doi.org/10.31763/simple.v1i2.2>
- Microcontrollerslab. (2024). *RS485 Serial Communication between two Arduino boards*. Microcontrollerslab.
- Microsoft. (2024). *Visual Studio Code*. Microsoft Corporation. <https://code.visualstudio.com/#meet-intellisense>
- Mohanan, V. (2022, December 20). *DOIT ESP32 DevKit V1 Wi-Fi Development Board*. Circuitstate.Com.
- Mulyana, R. (2023, November 23). *Kalman Filter*. Kamus AI.
- Orange Pi. (2023, December 1). *Orange Pi 5B Spesifikasi*. Orangepi.Org.
- PlatformIO. (2019). *What is PlatformIO?* PlatformIO Org. <https://docs.platformio.org/en/latest/what-is-platformio.html>
- Raisa Adnina, S. (2021). *IMPLEMENTASI ALGORITMA FAST FOURIER TRANSFORM (FFT) PADA MONITORING LENDUTAN DAN FREKUENSI UNTUK ANALISIS KESEHATAN JEMBATAN*.
- Rizki Ramadhan, A., Ranap Tua Naibaho, P., & Sembiring, K. (2022). ANALISIS DISPLACEMENT DAN PARTISIPASI MASSA STRUKTUR JEMBATAN TERHADAP BEBAN GEMPA (Studi Kasus : Pembangunan Jembatan Jalan TOL Ruas Besuki -Asembagus). *Cakrawala Ilmiah*, 1, 1–12.
- Rossum, G. van. (2022). *Python Tutorial Release 3.8.14 Guido van Rossum and the Python development team*.
- Soleh, C., & Rastandi, J. I. (2021). ALTERNATIF UJI BEBAN PADA STRUKTUR (STUDI KASUS : JEMBATAN BAJA). *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan*, 5(1), 27. <https://doi.org/10.24912/jmstkik.v5i1.7215>
- Tinycircuits. (2020). Lithium Ion Cell 18650 2500mAh Battery Datasheet. *Ciccuits Datasheet*.
- Tri Saputro, T. (2019, June 21). *FreeRTOS : #1 RTOS Ber- 'Open Source' Untuk Perangkat Embedded Dan IoT*. Embeddednesia.
- Wibowo, A., & Wijatmiko, I. (2014). Analisis Kemampuan Layan Jembatan Rangka Baja Soekarno-Hatta Malang Ditinjau dari Aspek Getaran, Lendutan, dan Usia Fatik. *Universitas Brawijaya*, 1, 1–9.
- Rihartanto, Arif S, & Rizal A. (2017). Performance of Parallel Computing in Bubble Sort Algorithm. *Institute of Advanced Engineering and Science*.



**Hak Cipta :**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

## LAMPIRAN

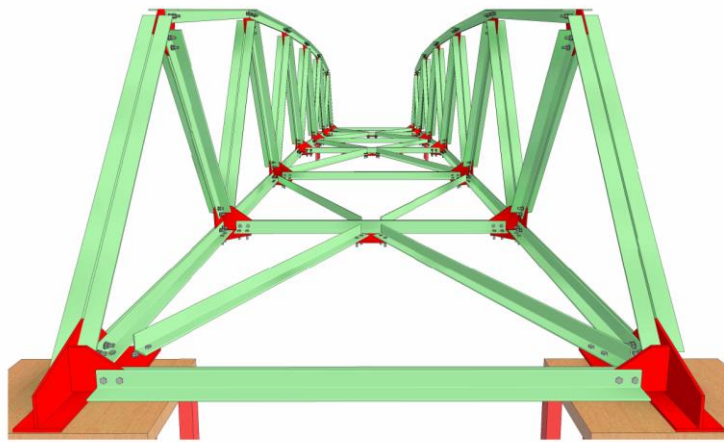
### L- 1 Daftar Riwayat Hidup Penulis



Penulis bernama Taufik Hidayat, anak terakhir dari empat bersaudara dan lahir di Jakarta pada 04 Oktober 2001. Latar belakang pendidikan formal penulis adalah sekolah dasar di Madrasah Ibtidaiyah Riayatul Athfal lulus pada tahun 2014. Melanjutkan ke sekolah menengah pertama di Madrasah Tsanawiyah Negeri 2 Jakarta lulus pada tahun 2017. Kemudian melanjutkan sekolah menengah atas di SMK Negeri 29 Penerbangan Jakrta lulus pada tahun 2020. Lalu penulis melanjutkan studi ke jenjang perkuliahan Sarjana Terapan (S.Tr) di politeknik Negeri Jakarta jurusan Teknik Elektro program studi Instrumentasi dan Kontrol Indsutri (2020 – 2024). Penulis dapat dihubungi melalui email [taufik.hidayat.te20@mhsw.pnj.ac.id](mailto:taufik.hidayat.te20@mhsw.pnj.ac.id)

**POLITEKNIK  
NEGERI  
JAKARTA**

## L- 2 Struktur Miniatur Jembatan Rangka

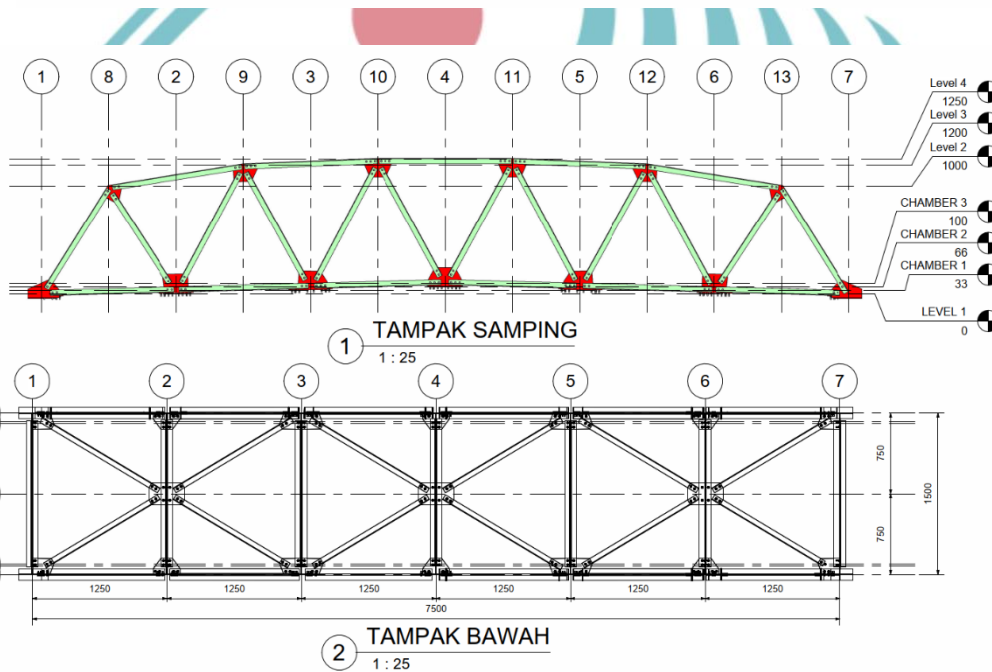


## DATA UMUM JEMBATAN

1. JEMBATAN RANGKA TERBUKA
2. KONFIGURASI WARREN
3. PANJANG JEMBATAN = 7,5 m
4. LEBAR JEMBATAN = 1,5 m
5. TINGGI JEMBATAN = 1,25 m (MAX)
6. TINGGI CHAMBER = 10 cm

## SPESIFIKASI ELEMEN JEMBATAN

1. RANGKA BAWAH = 2L 50X50X5
2. RANGKA ATAS = 2L 50X50X5
3. RANGKA DIAGONAL = 2L 50X50X5
4. CROSS BEAM = 2L 50X50X5
5. BRACING BAWAH = L 50X50X5



Gambar L-2. 1 Spesifikasi miniatur struktur jembatan rangka baja

## Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

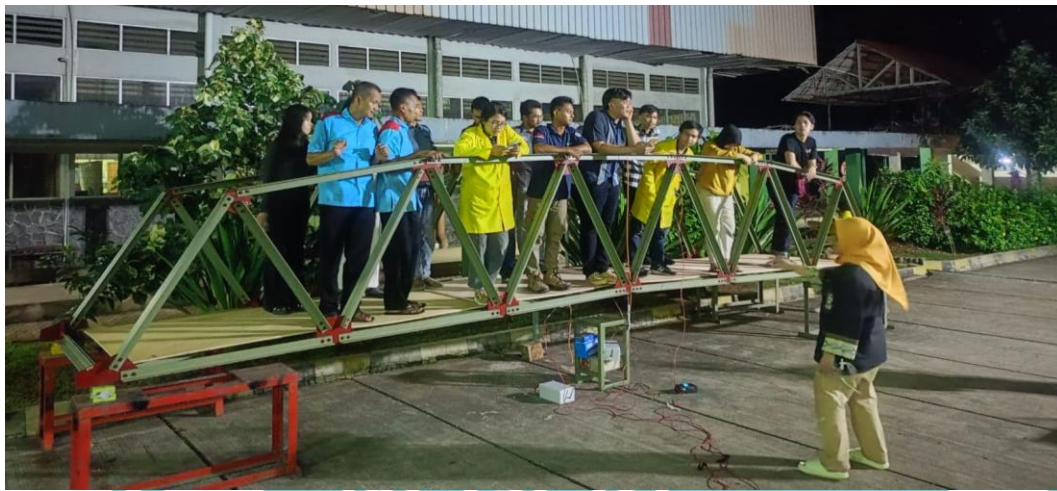
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

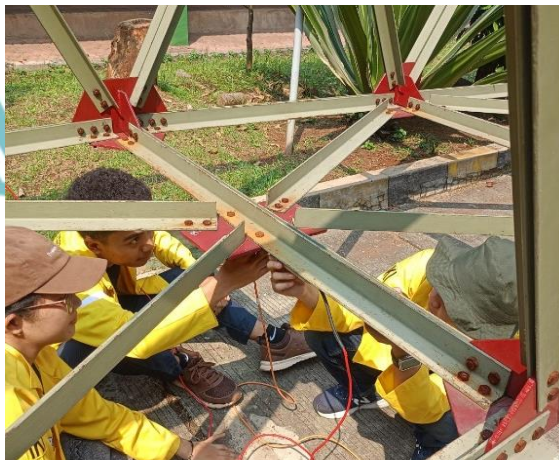
L- 1 Dokumentasi Pengujian



L-3. 2 Miniatur jembatan rangka baja



L-3. 1 Pengujian dinamis



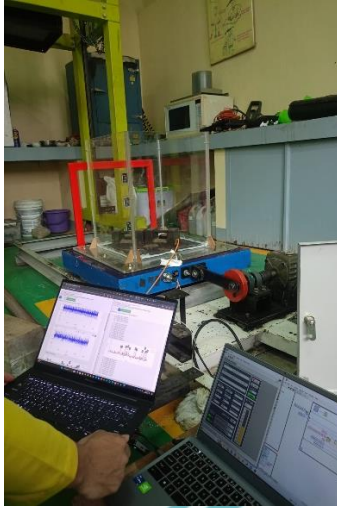
L-3. 3 Pemasangan sensor *accelerometer*



## © Hak Cipta milik Politeknik Negeri

### Hak Cipta :

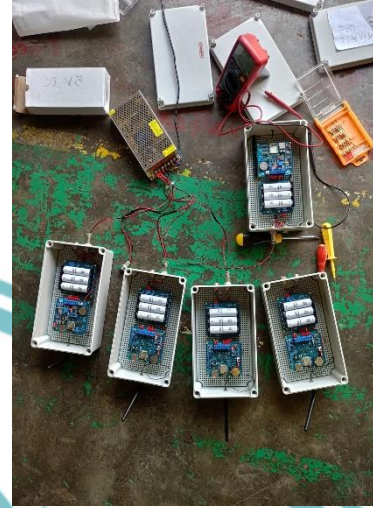
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun



L-3. 4 Pengujian accelerometer menggunakan shaker



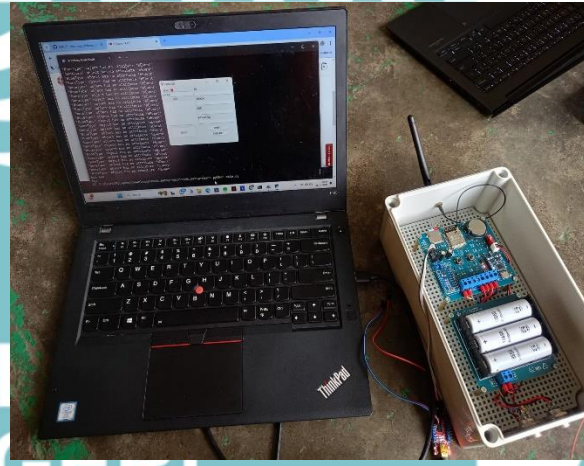
L-3. 5 Pemasangan accelerometer dan strain gauge



L-3. 6 Persiapan node Sensor



L-3. 7 Beban pengujian statis



L-3. 8 Konfigurasi node sensor



L-3. 9 Foto bersama rekan penelitian SIMON BATAPA