

PERANCANGAN SISTEM MONITORING KETAHANAN JEMBATAN BERBASIS IOT (INTERNET OF THINGS)

Syach Dewa Dinasti Satria ^{1*}, Rini Puji Astutik²

1,2Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik; Jl. Sumatera No. 101 GKB Gresik 61121, Jawa Timur, Indonesia; Telepon: (031) 3951414

Received: 2 Januari 2025

Accepted: 14 Januari 2025

Published: 20 Januari 2025

Keywords:

Jembatan; Internet of things; DHT22; Lora; ADXL345

Correspondent Email:

syachdewa50.sd@gmail.com

Abstrak. Jembatan ialah merupakan bagian penting dari infrastruktur jalan sering kali digunakan untuk layanan lalu lintas, menyatukan ruas jalan yang terputus oleh rintangan seperti sungai, lembah, dan saluran lainnya. Namun, seiring waktu, jembatan dapat mengalami kerusakan struktural akibat faktor lingkungan, beban berlebih, getaran, dan usia. Kerusakan ini sering kali tidak terlihat dan dapat mengakibatkan bencana jika tidak terdeteksi dan ditangani. Salah satu penyebab utama adalah beban berlebih yang melewati jembatan. Oleh karena itu, diperlukan pemeliharaan dan monitoring jembatan yang efektif untuk meminimalisir terjadinya keruntuhan. Pemantauan kondisi jembatan secara manual memiliki keterbatasan karena bersifat periodik dan tidak mampu mendeteksi perubahan atau kerusakan secara tiba-tiba, selain memerlukan biaya dan waktu yang besar. Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi dengan memungkinkan perangkat untuk memperbarui diri sesuai perubahan lingkungan dan bekerja dengan akurasi tinggi. Dalam penelitian ini, penulis mengusulkan sistem monitoring ketahanan jembatan berbasis IoT. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi parameter lingkungan yang berkaitan dengan ketahanan jembatan, seperti getaran, suhu, kelembaban, dan perubahan struktur. Dengan menggunakan mikrokontroler sebagai pusat data, sistem ini telah memberikan update secara real-time dan dapat diakses setiap saat, sehingga mendeteksi kerusakan dan ketahanan jembatan lebih awal.

Abstract. Bridges are an important part of road infrastructure used for traffic services, connecting road sections interrupted by obstacles such as rivers, valleys, and other channels. However, over time, bridges can experience structural damage due to environmental factors, overload, vibration, and aging. This damage is often invisible and can result in disaster if not detected and treated. One of the main causes is excessive load passing through the bridge. Therefore, effective bridge maintenance and monitoring are needed to minimize collapses. Manual monitoring of bridge conditions has limitations because it is periodic and unable to detect sudden changes or damage, in addition to requiring large costs and time. Internet of Things (IoT) technology offers a solution by enabling devices to update themselves according to environmental changes and work with high accuracy. In this research, the author proposes an IoT-based bridge resilience monitoring system. This system is designed to detect environmental parameters related to bridge durability, such as vibration, temperature, humidity, and structural changes. By using a microcontroller as a data center, this system can provide real-time updates and can be accessed at any time, thereby detecting damage and assessing bridge resilience early.

1. PENDAHULUAN

Definisi umum jembatan adalah bagian dari jalan yang digunakan untuk layanan

transportasi (untuk membawa lalu lintas). Kehadirannya sangat penting untuk menghubungkan ruas jalan yang terpisah oleh rintangan seperti sungai, lembah, gorong-gorong, jalur air (udara, pipa, kabel, dan lain-lain.) jalan atau lalu lintas lainnya [1]. Di Indonesia, keruntuhan jembatan merupakan suatu kejadian yang sering terjadi dan dapat mengakibatkan korban serta kerugian finansial yang signifikan. Salah satu faktor penyebab keruntuhan struktur jembatan adalah beban yang melebihi kapasitas yang ditentukan. Oleh karena itu, sangat penting untuk melakukan pemeliharaan dan pemantauan secara rutin terhadap jembatan, guna meminimalisir risiko terjadinya keruntuhan [2]. Internet of Things ialah suatu teknologi cerdas yang memungkinkan semua perangkat untuk terhubung memperbarui diri sesuai dengan perubahan lingkungan dan beradaptasi serta berfungsi di lingkungan eksternal lainnya dengan akurasi tinggi. hasilnya, sistem terhubung yang cerdas dapat muncul, asalkan infrastruktur IoT cerdas dirancang untuk memproses data yang dikumpulkan oleh perangkat dengan tepat dan mengambil suatu keputusan yang diperlukan [3].

Misalnya saja jembatan Kutai Kartanegara yakni merupakan jembatan gantung terpanjang di negara Indonesia. Jembatan ini mempunyai Panjang sekitar 710 meter, dengan bentang lebar sekitar 270meter [4]. Sistem monitoring pemantauan getaran serta beban pada suatu jembatan kayu. Semua parameter struktur jembatan akan diukur melalui pemodelan jembatan. Dari proses monitoring, nantinya diperoleh data terkait getaran, tekanan dan beban [5]. Material prototype yang akan di gunakan nantinya berupa kayu triplek dan kayu kaso yang memiliki ketahanan beban 3-5Kg dan ketahanan getaran 9.000–16.000 MPa. Dari beberapa spesifikasi yang di tentukan untuk menghindari kerusakan pada jembatan [6].

Dalam penelitian ini, penulis mengusulkan sistem monitoring ketahanan jembatan berbasis IOT. Sistem ini dirancang untuk mendeteksi parameter lingkungan yang berkaitan dengan ketahanan jembatan, seperti getaran, suhu, kelembaban, dan perubahan struktur. Sistem ini dapat memonitoring kerusakan serta ketahanan jembatan secara real-time lebih awal dengan menggunakan data center yang berbasis micrcontroller ESP-32,

maka dari itu sehingga dapat memberikan update secara realtime dan dapat diakses setiap saat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 ESP-32

ESP-32 ialah suatu mikrokontroler yang dikeluarkan oleh Espressif Systems sebagai lanjutan dari ESP8266. Mikrokontroler ESP-32 ini dilengkapi dengan modul WiFi terintegrasi dalam chipnya, yang membuatnya sangat mendukung dan ideal untuk pengembangan berbagai aplikasi Internet of Things [7]. Dengan adanya modul WiFi ini, ESP32 memungkinkan perangkat untuk terhubung dengan jaringan internet secara langsung, memudahkan pengembangan sistem yang cerdas dan terhubung [8].

2.2 LORA (SX1278)

Long Range (LoRa) ialah suatu sistem komunikasi nirkabel yang dirancang khusus untuk aplikasi Internet of Things. Teknologi ini menawarkan beberapa kemampuan komunikasi jangkauan jarak yang jauh dengan pemakaian daya yang sangat rendah, sehingga mumpuni untuk suatu perangkat IoT dengan membutuhkan pemakaian daya tahan baterai yang sangat lama [9]. Salah satu alasan utama efisiensi daya LoRa adalah model komunikasi asinkron yang digunakannya. Dalam model ini, sebuah node akan melakukan komunikasi ketika ada data yang perlu dikirimkan, menghemat penggunaan daya secara signifikan [10].

2.3 Sensor Accelerometer ADXL345

Accelerometer ialah suatu sensor perangkat yang dapat mengukur percepatan dalam berbagai bentuk. Percepatan ini bisa bersifat statis, seperti gaya gravitasi bumi yang konstan, atau dinamis akibat gerakan atau getaran [11]. Accelerometer dipakai atau berfungsi untuk mengukur dan memonitoring getaran yang telah terjadi pada elemen-elemen struktural jembatan seperti pilar, gelagar, dan lantai. Ini membantu dalam evaluasi kekuatan dan kestabilan struktural jembatan serta memungkinkan untuk dideteksi dini terhadap potensi yang menyebabkan kerusakan dan juga perubahan kondisi yang perlu diwaspadai [12].

2.4 Modul HX711

Alat ini penting dalam proses evaluasi terhadap kekuatan dan stabilitas keseluruhan struktur jembatan. Dengan kemampuannya untuk mendeteksi dan merekam perubahan-perubahan dalam pola vibrasi, accelerometer mungkin dapat untuk identifikasi leih dahulu terhadap potensi suatu kerusakan atau perubahan kondisi yang memerlukan perhatian lebih lanjut dalam pemeliharaan jembatan. Penggunaan teknologi ini membantu memastikan keamanan dan kinerja optimal dari infrastruktur jembatan yang vital bagi transportasi dan kehidupan sehari-hari [13]. Dikenal juga dengan struktur yang sederhana dan kemudahan penggunaannya, HX711 juga diapresiasi karena kemampuannya menghasilkan data yang stabil dan dapat diandalkan. Selain itu, modul ini memiliki sensitivitas tinggi yang memungkinkannya untuk mendeteksi perubahan kecil dengan respons yang cepat dan akurat [14].

2.5 Sensor Loadcell

Load Cell ialah suatu komponen sensor krusial dalam sistem timbangan digital, digunakan secara umum dapat menghitung massa atau berat suatu beban benda [15]. Pada umumnya, load cell digunakan juga untuk mengukur massa atau berat suatu beban benda. Struktur dasar dari sebuah sensor load cell mencakup dari berapa konduktor, pengukur regangan, serta jembatan kayu [16].

2.6 Sensor DHT22

DHT22 sensor dapat berfungsi pada rentang suhu dari -40°C sampai 80°C dengan tingkat akurasi sekitar $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$, serta mampu mengukur kelembaban dalam rentang 0 hingga 100% [16]. DHT22 adalah sensor yang mendeteksi parameter suhu serta kelembaban relatif dengan keluaran berupa sinyal digital, dilengkapi dengan empat pin yaitu ADC power supply, sinyal data, null, dan ground. Dibandingkan dengan DHT11, DHT22 juga memiliki akurasi yang lebih tinggi, dengan kesalahan relatif dalam parameter suhu sekitar 4% dan kelembaban sekitar 18% [17].

2.7 Web Server

Server web ialah merupakan perangkat lunak yang memungkinkan klien meminta data menggunakan aplikasi browser web dan

menyediakan layanan database melalui protokol HTTP atau HTTPS. Server mengirimkan data dalam bentuk halaman web, biasanya dokumen HTML [18].

2.8 Buzzer

Buzzer ialah komponen yang dapat mengubah arus listrik menjadi suara. Buzzer memiliki kumparan di sekeliling membran. Arus yang mengalir melalui kumparan ini menyebabkan terjadinya proses elektromagnetik dimana kumparan tertarik masuk atau keluar tergantung pada polaritas magnet [19].

3. METODE PENELITIAN

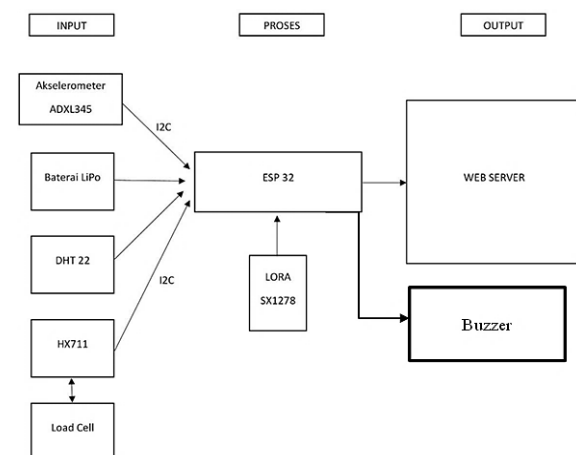
1. Studi Literatur

Studi literatur dapat dipelajari untuk memahami teknologi yang akan diterapkan, mencakup mikrokontroler, sensor, dan modul komunikasi. Referensi diperoleh dari jurnal ilmiah, buku, dan sumber-sumber terpercaya lainnya guna mendukung desain sistem.

2. Perencanaan Sistem dan Pembuatan

Komunikasi ESP32 pada jembatan dilakukan melalui modul LoRa SX1278. Hasil pembacaan suhu kelembaban, beban, dan getaran akan ditampilkan pada web server. Setelah tahap awal mengumpulkan data dari berbagai masukan penulis lainnya untuk mengidentifikasi komponen alat yang diperlukan, langkah selanjutnya yaitu ialah merancang sistem berdasarkan desain jembatan yang akan diterapkan dalam penelitian nantinya, yang mencakup:

3.1.1 Konsep Blok Diagram Sistem

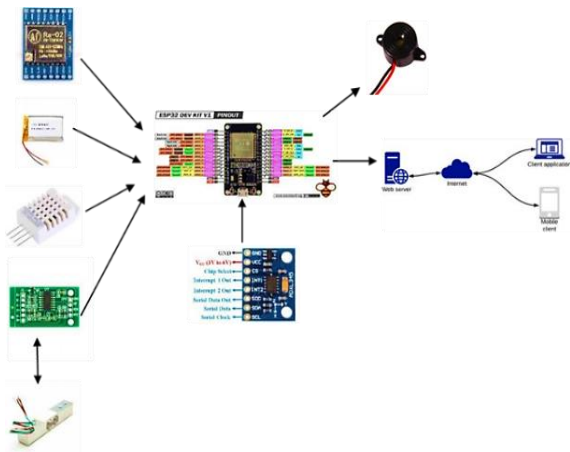


Gambar 1: Konsep Blok Diagram Sistem

Konsep blok diagram sistem untuk perancangan sistem monitoring ketahanan jembatan berbasis IoT internet of thinks melibatkan interaksi antara beberapa komponen utama. Serta juga konsep dari awal dalam pembuatan prototype ini dapat dilihat dari gambar 1.

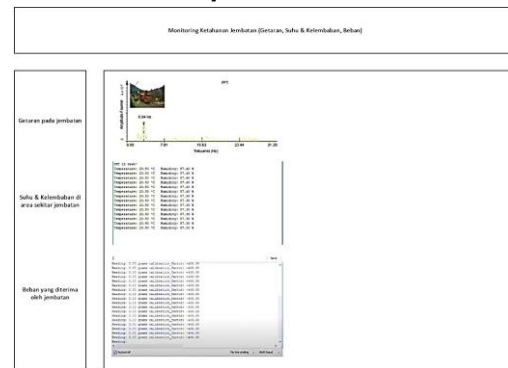
Dalam operasinya, ESP-32 akan membaca data akselerasi dari ADXL345 dan data beban dari load cell melalui HX711 secara periodik. Data yang dikumpulkan kemudian diolah dan dikirimkan ke server IoT atau platform cloud melalui koneksi WiFi. Hal ini memungkinkan pemantauan kondisi jembatan secara real-time, sehingga dapat mendeteksi perubahan atau potensi kerusakan dengan cepat. Diagram blok menggambarkan cara setiap komponen saling terhubung dan bekerja bersama untuk mencapai tujuan monitoring ketahanan jembatan yang efisien dan andal. Sedangkan Buzzer untuk notifikasi bagi pengguna jembatan ketika jembatan dalam kondisi bahaya. LoRa berfungsi sebagai saluran komunikasi antara sensor node yang terpasang di jembatan dan gateway pusat. Dengan menggunakan LoRa, data dari sensor-sensor seperti ADXL345 (akselerometer), sensor DHT22 (suhu dan kelembaban), serta load cell dengan modul HX711 juga dapat dikirim secara efisien ke gateway meskipun berada di lokasi yang terpencil atau sulit dijangkau. Hal ini memastikan pemantauan kondisi jembatan secara real-time dan berkelanjutan,tanpa memerlukan konektivitas internet yang stabil di setiap titik sensor.

3.1.2 Desain Hardware



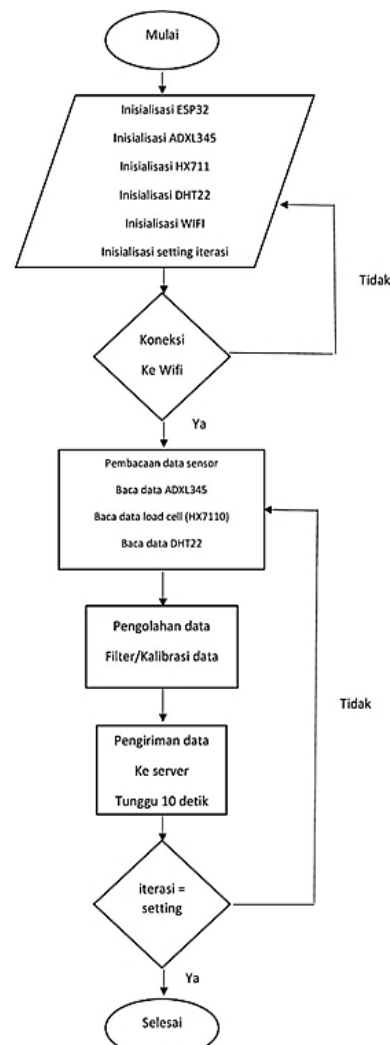
Gambar 2: Desain Hardware

3.1.3 Desain Software



Gambar 3: Desain Software

3. Proses Kerja Sistem



Gambar 4: Proses Kerja Sistem

Dari flowchart yang dapat diketahui bahwasannya dari alat yang akan dibuat memiliki suatu proses fungsi :

- Mulai : Titik awal program.

- Inisialisasi : Inisialisasi komponen hardware dan koneksi WiFi, termasuk ADXL345, HX711, DHT22 dan modul WiFi pada ESP32.
- Koneksi ke WiFi: Mencoba menghubungkan ESP32 ke jaringan WiFi. Jika koneksi gagal, proses akan diulangi sampai berhasil.
- Pembacaan data sensor : Membaca data akselerasi dari ADXL345, DHT22 dan data beban dari load cell melalui HX711.
- Pengolahan data : Melakukan pengolahan data seperti filter atau kalibrasi jika diperlukan untuk memastikan data yang akurat.
- Pengiriman data ke server : Mengirim data yang sudah diolah ke server IoT atau platform cloud melalui koneksi WiFi.
- Iterasi = setting : Proses diulangi dari langkah pembacaan data sensor untuk pemantauan kontinu.
- Selesai : Titik akhir program, biasanya tidak akan dicapai karena loop utama akan terus berjalan.

Flowchart ini membantu dalam memahami alur kerja sistem secara keseluruhan dan memastikan bahwa setiap langkah dalam proses monitoring dijalankan dengan benar.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari suatu sistem rangkaian alat atau prototype ini menggunakan microcontroller ESP-32 menggunakan sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan dan sensor accelerometer ADXL 345 untuk digunakan mendeteksi parameter suatu getaran dan sensor load cell untuk mendeteksi beban. Prototype ini dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5: Alat



Gambar 6; Prototype

Material : Kayu triplek dengan ketebalan 9mm dan kayu kaso ketebalan 6CM dan 4CM.

Dimensi : Panjang 150 CM, Lebar 56 CM, Tinggi 42 CM.

4.1 Uji Pengukuran Suhu dan Kelembapan

Uji Pengukuran parameter suhu dan kelembapan pada sensor DHT22 digunakan untuk mengambil suatu data sebagai berikut :

Tabel 1. Pengujian Sensor DHT22

No	Tanggal, waktu	Suhu	Kelembapan
1	2/11/2024, 12.02	30.23 C°	79%
2	2/11/2024, 12,35	29.23 C°	79%
3	2/11/2024, 12.57	29.55 C°	79%
4	2/11/2024, 13.13	28.89 C°	80%
5	2/11/2024, 13.33	29.02 C°	81%

Pengujian ini telah dilakukan berdasarkan hasil dari pembacaan dari sensor DHT22 memiliki range suhu 29.02 C° - 30.23 C° data tdari hasil pengujian dapat di lihat pada tabel 1.

4.2 Pengujian Sesnsor Loadcell

Uji beban jembatan pada sensor load cell dilakukan untuk mengambil data sebagai berikut :

Tabel 2: Pengujian Sensor Loadcell

No	Tanggal, waktu	Beban (Kg)
1	2/11/2024, 12.02	1.5
2	2/11/2024, 12,35	2.5
3	2/11/2024, 12.57	3
4	2/11/2024, 13.13	4
5	2/11/2024, 13.33	5

Berdasarkan pengujian sensor load cell yang telah dilakukan, sistem yang di buat berjalan dengan baik sehingga dapat mendeteksi beban yang sesuai.

4.3 Pengujian Getaran jembatan

Uji Pengukuran getaran jembatan pada accelerometer ADXL345 dilakukan untuk mengambil data sebagai berikut :

Tabel 3: Pengujian Accelerometer ADXL345

No.	Tanggal, waktu	Getaran (m/s)
1	2/11/2024, 12.02	0.87
2	2/11/2024, 12,35	1.55
3	2/11/2024, 12.57	1.47
4	2/11/2024, 13.13	2.86
5	2/11/2024, 13.33	1.97

Hasil dari pengujian Accelerometer ADXL345 dapat dilihat pada data table 3 sensor tersebut telah berjalan dengan baik.

4.4 Pengujian Lora

Pengujian lora akan dilakukan berdasarkan jarak jangkauan yang dapat di jangkau oleh lora mencapai 3-15km berikut ialah data yang harus diambil :

Tabel 4: Pengujian Lora

No	Tanggal, waktu	Jarak (Km)	Jarak deteksi
1	2/11/2024, 12.02	1	Berhasil
2	2/11/2024, 12,35	3	Berhasil
3	2/11/2024, 12.57	9	Berhasil
4	2/11/2024, 13.13	13	Berhasil
5	2/11/2024, 13.33	16	Tidak

Pengujian lora telah berhasil di lakukan dengan jarak 1-16km, lora tersebut dapat mendeteksi sampai 15km. Data tersebut dilihat pada table 4.

4.5 Pengujian Output Buzzer

Pada pengujian ini akan dilakukan uji coba notifikasi buzzer, jika beban mencapai atau melebihi dari 5kg buzzer akan ON sedangkan jika dibawah dari 5kg buzzer akan OFF. Pengambilan data dapat dilihat berikut ini.

Table 5: Pengujian Output Buzzer

No	Tanggal, waktu	Beban (Kg)	Buzzer (OFF/ON)
1	2/11/2024, 12.02	1.5	OFF
2	2/11/2024, 12,35	2.5	OFF
3	2/11/2024, 12.57	3	OFF
4	2/11/2024, 13.13	4	OFF
5	2/11/2024, 13.33	5	ON

Pengujian notifikasi buzzer berjalan dengan sesuai yang diinginkan jika beban melebihi 5kg notifikasi buzzer akan berbunyi.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan proses dari suatu perancangan, pembuatan serta pengujian alata tau prototype, ada beberapa Kesimpulan yang berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan;

- Sensor DHT22: Sensor berhasil membaca suhu dengan rentang 29.02°C hingga 30.23°C, sebagaimana tercantum pada tabel 1.
- Sensor Load Cell: Sistem yang dirancang berjalan dengan baik, mampu mendeteksi beban secara akurat sesuai pengujian. Sensor Accelerometer ADXL345: Sensor berfungsi dengan baik, Modul LoRa: Pengujian berhasil dengan jangkauan efektif hingga 15 km, meskipun diuji hingga jarak 16 km.

Secara keseluruhan, seluruh sistem yang diuji telah berfungsi dengan sangat baik serta sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti menyampaikan rasa syukur serta terima kasih kepada semua yang telah mesupport atau mendukung terlaksananya suatu penelitian ini, terutama kepada orang tua yang selalu ikut serta memberikan doa, motivasi, dan dukungan tanpa henti, serta kepada dosen pembimbing, Ibu Rini Puji Astutik, S.T., M.T., atas arahan, saran, dan bimbingannya selama proses penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Massaroh, "Perhitungan Struktur Jembatan Rangka (Truss Bridge) Bentang 60 Meter Di Samboja Kabupaten Kutai Kartanegara," J. Keilmuan Dan Apl. Tek. Sipil, vol. vol 4, no, pp. 1–13, 2014, [Online]. Available: <http://bappeda.kutaiartanegarakab.go.id>
- [2] H. Istiono and A. N. Aini, "Studi Keruntuhan dan Kinerja Struktur Jembatan Rangka Baja Tipe Pratt," Pros. Semin. Nas. Sains dan ..., pp. 1–13, 2022, [Online]. [Online]. Available: <http://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/3545%0Ahttp://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/download/3545/2808>
- [3] A. Tohir, A. F. Febriyansyah, and W. Istiana, "Fitur Protokol IoT Dalam Komunikasi Jaringan Cerdas," J. Portal Data, vol. 2, no. 7, pp. 1–19, 2022, [Online]. Available: <http://portaldata.org/index.php/portaldata/article/view/181%0Ahttp://portaldata.org/index.php/portaldata/article/download/181/173>
- [4] Azwaruddin, 2008, <http://azwaruddin.blogspot.com/2008/02/pengertian-jembatan.html>, diakses pada tanggal 30 september 2012.
- [5] Nababan, P. H. (2016). STRUCTURAL HEALTH MONITORING SYSTEM ALAT BANTU MEMPERTAHANKAN USIA TEKNIS JEMBATAN. Balai Besar Pelaksana Jalan Wilayah V.
- [6] Ali Murtono, "ANALISIS JEMBATAN KAYU KOMPOSIT BERBASIS MATERIAL DAN KEARIFAN LOKAL" Selodang Hayang no. 6-16 2019.
- [7] A. Imran, "Pengembangan tempat sampah pintar menggunakan esp32," vol. 17, no. 2, 2020.
- [8] A. Naufal, "RANCANG BANGUN ALAT MONITORING ALIRAN DAN JUMLAH AIR PADA GREENHOUSE BERBASIS ESP 32," vol. 7, no. 1, pp. 41–52, 2022.
- [9] P. Keselamatan and D. A. N. Kesehatan, SERTA DOKUMEN PEMASANGAN GATEWAY LONG RANGE (LORA) PT TELKOM STO KEBAYORAN. 2022.
- [10] L. Range, "Perancangan Sistem Telemetri Data Meteorologi Pertanian dengan Menggunakan LoRa secara Realtime," vol. 17, no. 4, pp. 137–142, 2020.
- [11] M. F. Yassar, Nurwahyudi, Z. Meidina, and I. G. B. Darmawan, "Konsep Awal Penerapan Alat Akselerometer dan Lora sebagai Pendeteksi Ketahanan Jembatan yang dapat Dipantau melalui Data Center," Pros. SINTA, vol. 3, pp. 1–4, 2020, [Online]. Available: <http://sinta.eng.unila.ac.id/prosiding/index.php/ojs/article/view/19/17>
- [12] D. Jenderal, B. Marga, J. A. H. Nasution, N. Ujungberung, and M. S. Ghafiruzzambi, "SHMS SEBAGAI SOLUSI TEKNOLOGI MONITORING ONLINE UNTUK MENGEVALUASI KONDISI JEMBATAN".
- [13] S. D. Ramdan, "Pengembangan Koper Pintar Berbasis Arduino," J. ICTEE, vol. 1, no. 1, pp. 4–8, 2020, doi: 10.33365/jictee.v1i1.699.
- [14] Y. Mukhammad, A. Santika, and S. Haryuni, "Analisis Akurasi Modul Amplifier HX711 untuk Timbangan Bayi," Med. Tek. J. Tek. Elektromedik Indones., vol. 4, no. 1, pp. 24–28, 2022, doi: 10.18196/mt.v4i1.15148.
- [15] S. Sibuea and B. Saftaji, "Perancangan Sistem Monitoring Beban Kendaraan Menggunakan Teknologi Sensor Load Cell," J. Teknol. Inform. dan Komput., vol. 6, no. 2, pp. 144–156, 2020, doi: 10.37012/jtik.v6i2.309.
- [16] Wahyudi, Abdur Rahman, and Muhammad Nawawi, "Perbandingan Nilai Ukur Sensor Load Cell pada Alat Penyortir Buah Otomatis terhadap Timbangan Manual," J. ELKOMIKA, vol. 5, no. 2, pp. 207–220, 2017.
- [17] S. Nurrahmi, N. Miseldi, and S. H. Syamsu, "Rancang Bangun Sistem Penyiraman

- Otomatis pada Green House Tanaman Anggrek Menggunakan Sensor DHT22,” JPF (Jurnal Pendidik. Fis. Univ. Islam Negeri Alauddin Makassar, vol. 11, no. 1, pp. 33–43, 2023, doi: 10.24252/jpf.v11i1.33419.
- [18] H. I. Islam et al., “Sistem Kendali Suhu Dan Pemantauan Kelembaban Udara Ruangan Berbasis Arduino Uno Dengan Menggunakan Sensor Dht22 Dan Passive Infrared (Pir),” vol. V, no. Lcd, pp. SNF2016-CIP-119-SNF2016-CIP-124, 2016, doi: 10.21009/0305020123.
- [19] A. Rahmatulloh and F. MSN, “Implementasi Load Balancing Web Server menggunakan Haproxy dan Sinkronisasi File pada Sistem Informasi Akademik Universitas Siliwangi,” J. Nas. Teknol. dan Sist. Inf., vol. 3, no. 2, pp. 241–248, 2017, doi: 10.25077/teknosi.v3i2.2017.241-248.