

Rancang Bangun Alat Pemantau Getaran Jembatan Berbasis *Internet of Things* Untuk Deteksi Dini Kerusakan

Arjuna T.P Sihombing¹, Himatul Amri²

^{1,2}Politeknik Negeri Bengkalis, Jl. Bathin Alam, Riau, Indonesia
email:arjonasihombing@gmail.com¹, hikmatul_amri@polbeng.ac.id²

Abstrak - Jembatan merupakan struktur yang dibangun untuk menghubungkan wilayah yang terpisah oleh sungai maupun jalan lain dan memiliki peranan penting dalam menunjang kelancaran transportasi masyarakat. Penelitian ini bertujuan merancang dan membangun alat pemantau getaran jembatan berbasis *internet of things* sebagai upaya deteksi dini kerusakan struktur. Pengujian dilakukan pada tiga titik pengukuran yaitu ujung pertama, bagian tengah, dan ujung kedua jembatan. Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan pada ketiga tabel tersebut, nilai frekuensi getaran yang diperoleh berada pada rentang 0,50 Hz hingga 1,50 Hz. Pada titik ujung pertama, nilai getaran cenderung stabil pada kisaran 0,50–1,00 Hz. Pada bagian tengah jembatan, nilai getaran mencapai 1,50 Hz saat kendaraan dengan beban lebih besar melintas. Sedangkan pada ujung kedua, nilai getaran kembali berada pada kisaran 0,50–1,50 Hz tergantung jenis dan beban kendaraan. Seluruh hasil pengukuran masih berada di bawah batas aman 3 Hz, sehingga kondisi jembatan saat pengujian dinyatakan dalam keadaan normal. Secara keseluruhan, alat yang dirancang mampu mendeteksi dan menampilkan data getaran secara *real-time* serta dapat digunakan sebagai sistem pemantauan awal untuk membantu menjaga keamanan dan kelayakan struktur jembatan.

Kata Kunci - Getaran jembatan, *internet of things* (IoT), pemantauan jembatan, sensor getaran, deteksi dini.

Abstrack - *A bridge is a structure built to connect separated areas such as rivers or roadways and plays an important role in supporting the smooth flow of transportation. This study aims to design and develop a bridge vibration monitoring device based on the internet of things as an early detection system for potential structural damage. Testing was conducted at three measurement points: the first end, the middle section, and the second end of the bridge. Based on the overall results from the three testing tables, the measured vibration frequency values ranged from 0.50 Hz to 1.50 Hz. At the first end point, the vibration values were relatively stable within the range of 0.50–1.00 Hz. In the middle section of the bridge, the vibration value reached 1.50 Hz when heavier vehicles passed. Meanwhile, at the second end, the vibration values ranged between 0.50 Hz and 1.50 Hz, depending on the type and load of the vehicles. All measured values were still below the safety threshold of 3 Hz, indicating that the bridge condition during testing was within normal limits. Overall, the designed system was able to detect and display vibration data in real-time and can be used as an initial monitoring tool to help maintain bridge safety and structural reliability.*

Keywords - *Ridge vibration, internet of things (IoT), bridge monitoring, vibration sensor, early detection.*

I. PENDAHULUAN

Jembatan merupakan struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Jembatan dibangun untuk penyeberangan

pejalan kaki, kendaraan atau kereta api di atas halangan. Jembatan juga merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat yang sangat vital dalam aliran perjalanan (*traffic flows*). Jembatan sering menjadi komponen kritis dari suatu ruas jalan, karena sebagai penentu beban maksimum kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut. Sayangnya, banyak kejadian bencana ambruknya suatu struktur jembatan terjadi karena keterlambatan dalam mengidentifikasi kerusakan struktural yang seharusnya dapat diantisipasi sejak awal. Sebagian besar kerusakan ini disebabkan oleh inspeksi berkala yang tidak cukup dan kekurangan sistem deteksi dini.

Oleh karena itu, sebagai inovasi untuk mendukung sistem deteksi dini kerusakan struktural, alat pemantau getaran jembatan berbasis *internet of things* (IoT) harus dirancang dan dikembangkan. Diharapkan bahwa alat ini dapat menangani masalah yang dihadapi dalam pemantauan infrastruktur jembatan di Indonesia dengan cara yang efektif dan fleksibel. Melalui deteksi dini dan penanganan tepat waktu, sistem ini memungkinkan proses pemeliharaan yang lebih proaktif, meningkatkan keselamatan pengguna jalan, dan memperpanjang umur teknis jembatan. Keberhasilan penggunaan alat ini juga dapat menjadi landasan bagi pengembangan sistem serupa di infrastruktur lainnya, seperti terowongan, gedung tinggi, atau jembatan gantung yang memiliki resiko struktural tinggi.

Pada penelitian ini dirancang sebuah alat pemantau getaran jembatan berbasis IoT menggunakan sensor WIT-*motion* dan mikrokontroler ESP-32. Sensor digunakan untuk membaca getaran pada struktur jembatan, sedangkan ESP-32 berfungsi mengolah dan mengirimkan data ke aplikasi Blynk melalui koneksi Wi-Fi. Sistem juga dilengkapi LCD sebagai tampilan lokal dan *buzzer* sebagai alarm peringatan dini. Diharapkan alat yang dirancang mampu membantu proses *monitoring* kondisi jembatan secara *real-time* dan mendukung upaya deteksi dini kerusakan struktural.

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana sistem dapat mendeteksi getaran jembatan secara akurat, mengolah data hasil pembacaan sensor secara *real-time*, serta mengirimkan informasi kondisi jembatan melalui teknologi *internet of things* (IoT). Selain itu, sistem juga diharapkan mampu memberikan peringatan dini apabila terjadi peningkatan getaran yang berpotensi menandakan adanya kerusakan struktur jembatan. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan alat pemantau getaran jembatan berbasis *internet of things* menggunakan sensor WIT-*motion* dan mikrokontroler ESP-32 yang mampu bekerja secara otomatis, *real-time*, dan dapat dipantau dari jarak jauh melalui aplikasi monitoring sehingga dapat membantu proses deteksi dini kerusakan struktur jembatan.

II. METODE

A. Kajian Pustaka

Penelitian mengenai rancang bangun alat pemantau getaran jembatan berbasis *internet of things* (IoT) telah banyak dilakukan sebagai upaya deteksi dini kerusakan struktur jembatan. Sistem ini menggunakan sensor WIT-*motion* untuk mendeteksi getaran pada jembatan dan mikrokontroler ESP-32 untuk mengolah serta mengirimkan data secara *real-time* melalui jaringan internet ke aplikasi Blynk. Berdasarkan hasil pengujian pada beberapa titik jembatan, nilai frekuensi getaran yang diperoleh berada pada rentang 0,50 Hz hingga 1,00 Hz dan masih berada di bawah batas aman 3 Hz, sehingga kondisi jembatan dinyatakan normal. Selain mampu menampilkan data getaran secara langsung pada LCD, sistem juga dapat memberikan peringatan melalui *buzzer* dan notifikasi aplikasi apabila terjadi peningkatan getaran yang melebihi batas yang ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem pemantauan berbasis IoT ini mampu bekerja secara otomatis, responsif, dan efektif untuk membantu

pemantauan kondisi jembatan secara jarak jauh serta mendukung deteksi dini potensi kerusakan struktur [1].

Beberapa teori yang dapat digunakan dalam menyelesaikan skripsi rancang bangun alat pemantau getaran jembatan berbasis *internet of things* untuk deteksi dini kerusakan, yaitu sebagai berikut:

1. *Internet of Things* (IoT)

Internet of things (IoT) adalah suatu konsep yang bermaksud untuk memperluas manfaat dari koneksi internet yang secara terus menerus yang tersambung. *Internet of things* (IoT) pada dasarnya mengacu pada benda yang dapat diidentifikasi secara unik sebagai perwakilan virtual dalam struktur berbasis internet. *Internet of things* (IoT) pertama kali diperkenalkan seorang *visioner* Inggris bernama Kevin Ashton pada tahun 1999. *Internet of things* (IoT) merupakan teknologi yang diharapkan mampu menawarkan perangkat canggih dengan kemampuan konektivitas, sehingga mampu melakukan komunikasi mesin ke mesin (M2M) dan mencakup berbagai protokol, domain dan aplikasi. Interkoneksi pada perangkat ini tertanam (*embedded*) sehingga diharapkan mampu untuk mengantarkan otomatis dalam hampir semua bidang [2].

2. Sensor WIT-Motion

Digunakan sebagai sensor utama untuk mendeteksi getaran dan perubahan orientasi pada struktur jembatan. Sensor ini bekerja dengan membaca percepatan dan sudut kemiringan pada sumbu X, Y, dan Z secara *real-time*. Data getaran yang diperoleh kemudian dikirim ke mikrokontroler ESP-32 untuk diproses sebagai parameter kondisi jembatan. Sensor WIT-motion memiliki sensitivitas yang cukup baik sehingga mampu mendeteksi perubahan getaran kecil maupun besar pada struktur jembatan [3].

3. ESP-32

Digunakan sebagai pusat pengendali sistem yang bertugas membaca data dari sensor WIT-motion, mengolah data, dan mengirimkan informasi ke aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi. ESP-32 dipilih karena telah dilengkapi modul Wi-Fi dan Bluetooth dalam satu *chip* sehingga sangat cocok digunakan pada sistem berbasis *internet of things* (IoT). Selain itu, ESP-32 memiliki kecepatan pemrosesan yang cukup tinggi dan jumlah GPIO yang banyak untuk mendukung berbagai perangkat *input* dan *output* [4].

4. Mini UPS

Digunakan sebagai sistem catu daya cadangan untuk menjaga kestabilan suplai listrik pada alat pemantau getaran jembatan. Mini UPS membantu sistem tetap bekerja ketika terjadi gangguan atau perpindahan sumber daya listrik sehingga proses pemantauan tidak terhenti. Modul ini mampu menghasilkan tegangan keluaran yang stabil untuk mendukung kerja sensor dan mikrokontroler selama pengoperasian alat [5].

5. Baterai *Lithium-Ion* 18650

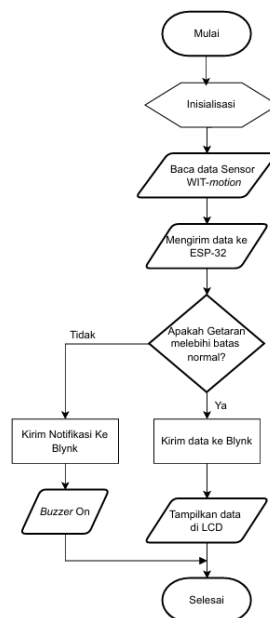
Digunakan sebagai sumber daya utama pada sistem pemantauan getaran jembatan. Baterai ini memiliki kapasitas penyimpanan energi yang cukup besar, ukuran yang ringkas, dan dapat diisi ulang sehingga cocok digunakan pada perangkat elektronik berbasis IoT. Tegangan keluaran baterai digunakan untuk menyuplai daya ke ESP-32, sensor, LCD, dan komponen lainnya [6].

6. *Liquid Cirstal Display*

Digunakan untuk menampilkan informasi hasil pembacaan sensor berupa nilai getaran dan status kondisi jembatan secara langsung di lokasi alat. LCD memudahkan pengguna dalam memantau kondisi sistem tanpa harus membuka aplikasi pada *smartphone*. Tampilan data dilakukan secara digital sehingga lebih mudah dibaca dan dipahami [7].

B. Tahapan Penelitian

Sistem pemantau getaran jembatan ini menggunakan sumber daya utama yaitu, baterai *lithium-ion* 18650 yang didukung mini UPS sebagai sumber suplai daya agar alat tetap bekerja stabil. Sensor WIT-motion digunakan untuk mendeteksi getaran pada struktur jembatan, kemudian data getaran diproses oleh mikrokontroler ESP32 untuk menentukan kondisi jembatan berdasarkan ambang batas yang telah ditentukan. Hasil pembacaan ditampilkan pada LCD sebagai informasi langsung di lapangan, sedangkan *buzzer* akan aktif apabila getaran melebihi batas normal. Selain itu, ESP32 memanfaatkan koneksi Wi-Fi untuk mengirim data ke aplikasi Blynk sehingga kondisi jembatan dapat dipantau secara *real-time* melalui smartphone sebagai upaya deteksi dini kerusakan struktur. Tahapan dalam pembuatan Alat ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Perancangan Alat
(Sumber: Data Olahan, 2026)

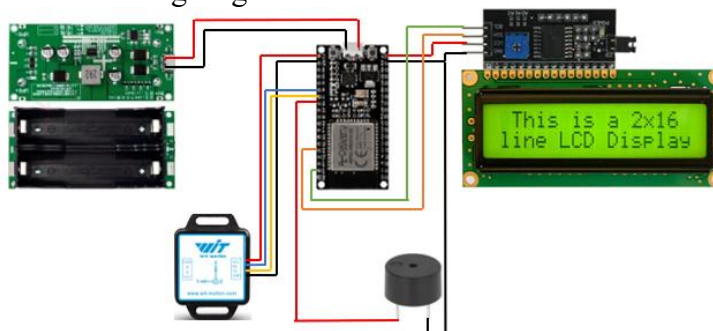
Penjelasan mengenai sistem kerja *flowchart* pada Gambar 1 Proses dimulai dari kondisi inisialisasi sistem. Setelah itu, sensor WIT-motion membaca data getaran yang terjadi. Data yang diperoleh kemudian dikirim ke ESP-32 untuk dianalisis. ESP-32 mengecek apakah getaran yang terdeteksi melebihi batas normal atau tidak. Jika getaran masih dalam batas normal, sistem mengirim data ke Blynk dan menampilkan informasi getaran tersebut pada layar LCD. Namun jika getaran melebihi batas normal, sistem mengirim notifikasi ke aplikasi Blynk dan mengaktifkan *buzzer* sebagai peringatan. Setelah semua proses selesai, sistem kembali ke kondisi awal untuk terus memantau getaran.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

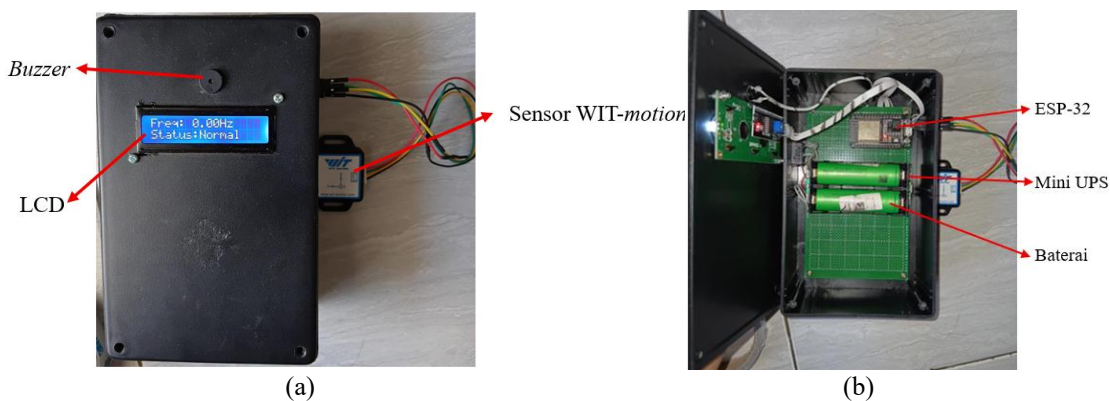
A. Hasil Perancangan Alat

Rancangan *hardware* atau perangkat keras pada sistem pemantau getaran jembatan berbasis *internet of things* (IoT) ini digunakan untuk mendeteksi getaran pada struktur jembatan dan menampilkan hasil pemantauan secara *real-time*. Sistem ini terdiri dari sensor WIT-motion sebagai pendeteksi getaran, ESP-32 sebagai pusat pengendali dan pengolah data, LCD 16×2 sebagai tampilan hasil pembacaan sensor, serta *buzzer* sebagai alarm peringatan ketika nilai getaran melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Selain itu, ESP-32 memanfaatkan

koneksi Wi-Fi untuk mengirim data pemantauan ke aplikasi Blynk sehingga kondisi jembatan dapat dipantau melalui *smartphone* secara jarak jauh. Seluruh komponen mendapatkan suplai daya dari baterai *lithium-ion* 18650 yang didukung mini UPS agar sistem tetap bekerja stabil selama proses pemantauan berlangsung.



Gambar 2. Rancangan *Hardware*



Gambar 3. Hasil Perancangan Alat

B. Hasil Pengujian

1. Pengujian Sistem Catu Daya

Uji coba dilakukan untuk mengetahui kinerja dan kestabilan sistem catu daya pada alat pemantau getaran jembatan. Pengujian dilakukan menggunakan baterai *lithium-ion* 18650 yang didukung mini UPS untuk melihat perubahan tegangan, arus, serta kapasitas baterai selama proses pengisian dan pemakaian alat. Pengambilan data dilakukan menggunakan USB tester dalam durasi waktu tertentu untuk mengetahui kemampuan sistem dalam menyuplai daya secara stabil selama alat beroperasi. Untuk hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

TABEL 1. PENGUJIAN WAKTU PENGISIAN SISTEM CATU DAYA

No.	Waktu (Menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Kapasitas (mAh)
1	0	3,03	1,16	390
2	30	3,20	1,13	989
3	60	3,38	1,09	1390
4	90	3,56	1,06	1587
5	120	3,73	1,02	1750
6	150	3,90	0,98	1910
7	180	4,08	0,45	2550
8	200	4,20	0	2950

TABEL 2 PENGUJIAN WAKTU PEMAKAIAN SISTEM CATU DAYA

No	Waktu (Menit)	Tegangan (V)	Arus (A)	Kapasitas (mAh)
1	0	4,20	0,35	2950
2	30	4,15	0,34	2775
3	60	4,10	0,34	2606
4	90	4,03	0,33	2440
5	120	3,97	0,33	2279
6	150	3,93	0,32	2125
7	180	3,87	0,32	1970
8	210	3,80	0,31	1820

2. Pengujian Sensor WIT-Motion

Uji coba dilakukan untuk mengetahui kemampuan dan respons sensor WIT-motion dalam mendeteksi getaran pada jembatan. Pengujian dilakukan dengan memberikan variasi getaran pada permukaan tempat sensor dipasang, yaitu getaran kecil, sedang, dan besar. Data hasil pembacaan sensor diamati untuk melihat perubahan nilai sudut kemiringan akibat getaran yang terjadi. Melalui pengujian ini dapat diketahui kemampuan sensor dalam membaca perubahan getaran secara stabil dan responsif sebagai pendukung sistem deteksi dini kerusakan jembatan. Untuk hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 3.

TABEL 3 PENGUJIAN SENSOR WIT-MOTION

No	Jenis getaran	Sumbu X (°)	Sumbu Y (°)	Sumbu Z (°)
1	Getaran kecil	-0,088	-1,181	8,641
2	Getaran sedang	2,384	-1,456	7,394
3	Getaran besar	30,35	3,675	0,939

3. Pengujian Hasil Keseluruhan

Uji coba dilakukan untuk mengetahui kinerja keseluruhan alat pemantau getaran jembatan berbasis *internet of things* pada kondisi lapangan secara langsung. Pengujian dilakukan di Jembatan Sungai Liong dengan memasang sensor WIT-motion pada struktur jembatan untuk mendeteksi getaran akibat kendaraan yang melintas. Data getaran yang diperoleh kemudian diproses oleh ESP-32 dan ditampilkan pada LCD serta aplikasi Blynk secara *real-time*. Melalui pengujian ini dapat diketahui kemampuan sistem dalam mendeteksi perubahan getaran, mengirim data pemantauan, serta memberikan peringatan melalui *buzzer* dan notifikasi aplikasi ketika nilai getaran melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Untuk hasil pengujiannya dapat dilihat pada Tabel 4, 5 dan 6.

TABEL 4 PENGUJIAN PADA PANGKAL JEMBATAN SUNGAI LIONG

No	Jenis Kendaraan	Jenis Muatan	Berat Kendaraan		Getaran	Status
			Kosong	Bermuatan		
1	Truk Canter	Kosong	2,3 Ton	2,3 Ton	0,50 Hz	Normal
2	Truk Canter Crane	Kosong	2,2 Ton	2,2 Ton	0,50 Hz	Normal
3	L300	Batu bata	1,2 Ton	4,0 Ton	0,50 Hz	Normal

TABEL 5 PENGUJIAN PADA TENGAH JEMBATAN SUNGAI LIONG

No	Jenis Kendaraan	Jenis Muatan	Berat Kendaraan		Getaran	Status
			Kosong	Bermuatan		
1	Truk Canter	Kosong	2,3 Ton	2,3 Ton	0,50 Hz	Normal

2	Truk <i>Canter</i>	Kosong	2,2 Ton	2,3 Ton	0,50 Hz	Normal
3	L300	Sawit	1,2 Ton	4,7 Ton	1,00 Hz	Normal

TABEL 6 PENGUJIAN PADA UJUNG JEMBATAN SUNGAI LIONG

No	Jenis Kendaraan	Jenis Muatan	Berat Kendaraan		Getaran	Status
			Kosong	Bermuatan		
1	Truk <i>Canter</i>	Kosong	2,3 Ton	2,3 Ton	0,50 Hz	Normal
2	Truk <i>Canter Crane</i>	Kosong	2,2 Ton	2,2 Ton	0,50 Hz	Normal
3	L300	Minuman botol	1,2 Ton	3,8 Ton	0,50 Hz	Normal

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pengujian terhadap setiap komponen dan sistem secara keseluruhan, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian pada tiga titik pengamatan (pangkal, tengah, dan ujung), frekuensi getaran yang terukur berada pada rentang 0,50 Hz hingga 1,00 Hz, baik pada kendaraan dengan berat 1,2 ton maupun hingga 4,7 ton. Seluruh hasil pengukuran menunjukkan status dalam kondisi normal, sehingga alat mampu membaca perubahan getaran secara stabil.
2. Pada pengujian kendaraan kosong dan bermuatan, seperti truk dengan berat 2,2–2,3 ton, nilai getaran tetap berada di angka 0,50 Hz, sedangkan beban lebih besar menunjukkan kenaikan hingga 1,00 Hz. Hal ini membuktikan bahwa sistem dapat mendeteksi perbedaan beban kendaraan dan merespons sesuai dengan perubahan frekuensi yang terjadi.
3. Dari seluruh rangkaian pengujian yang dilakukan, alat menunjukkan kinerja yang konsisten dengan nilai frekuensi berada pada kisaran 0,50 Hz sampai 1,00 Hz pada berbagai variasi beban kendaraan. Sistem juga mampu mengirim dan menampilkan data secara langsung melalui LCD dan aplikasi, sehingga proses pemantauan dapat dilakukan secara *real-time* tanpa kendala selama koneksi Wi-Fi terhubung.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dan masukan berharga yang telah diberikan selama proses penyusunan jurnal ini. Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada Politeknik Negeri Bengkalis atas dukungan fasilitas dan sarana yang telah diberikan, serta kepada seluruh pihak yang telah membantu sehingga jurnal ini dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] S. D. D. Satria and R. P. Astutik, "Perancangan Sistem Monitoring Ketahanan Jembatan Berbasis IoT (Internet of Things)," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.)*, vol. 13, no. 1, pp. 1658–1665, 2025.
- [2] Irvandi, *Perancangan Prototype Alat Monitoring Listrik Pada Rumah Tangga Berbasis IOT (Internet Of Things)*, vol. 33, no. 1. 2022.
- [3] A. S. P. Harshal A. Sanghvi, Riki H. Patel, Ali Danesh, B. Sue Graves, Javad Hashemi, "a Novel Game Application on Augmented Reality for People With Disabilities," *Int. Res. J. Mod. Eng. Technol. Sci.*, no. 08, pp. 4515–4520, 2022, doi: 10.56726/irjmet29271.

- [4] M. R. Putra, “Rancang Bangun Alat Penyiram Otomatis Pada Tanaman Mint Menggunakan Sensor Kelembaban Tanah Berbasis Nodemcu ESP8266,” *Pharmacogn. Mag.*, vol. 75, no. 17, pp. 399–405, 2021.
- [5] V. K. Najoran, J. O. Wuwung, and Pinrolin L. Manembu, “Rancang Bangun Multiple-UPS Switching System Berdasarkan Variasi Beban Menggunakan Microcontrolle,” *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 6, no. 3, pp. 133–140, 2017.
- [6] A. Fatah, “Implementasi Algoritma Fast Fourier Transform Pada Monitor Getaran Untuk Analisis Kesehatan Jembatan,” *J. Ilm. Teknol. Infomasi Terap.*, vol. 7, no. 1, pp. 70–82, 2021.
- [7] I. A. Wibisono, *Sistem Pendeteksi Getaran Motor Induksi Berbasis Arduino Uno*. Politeknik Negeri Cilacap, Cilacap, 2022.