

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN MASSA BERGERAK
PADA MINIATUR JEMBATAN MENGGUNAKAN PIEZOELEKTRIK
BERBASIS ARDUINO MEGA**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains

Program Studi Fisika Kelompok Bidang Kajian Fisika Instrumentasi



Disusun oleh:

Gabriela Oktaviani Subrata

2008806

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2024**

**RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN MASSA BERGERAK
PADA MINIATUR JEMBATAN MENGGUNAKAN PIEZOELEKTRIK
BERBASIS ARDUINO MEGA**

Oleh
Gabriela Oktaviani Subrata

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Gabriela Oktaviani Subrata
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2024

Hak Cipta dilindungi undang-undang.
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian,
dengan dicetak ulang, difoto kopi atau cara lainnya tanpa ijin dari penulis.

LEMBAR PENGESAHAN
GABRIELA OKTAVIANI SUBRATA

RANCANG BANGUN SISTEM PEMANTAUAN MASSA BERGERAK PADA
PURWARUPA JEMBATAN MENGGUNAKAN TRANSDUSER
PIEZOELEKTRIK BERBASIS ARDUINO MEGA

Disetujui dan disahkan oleh:

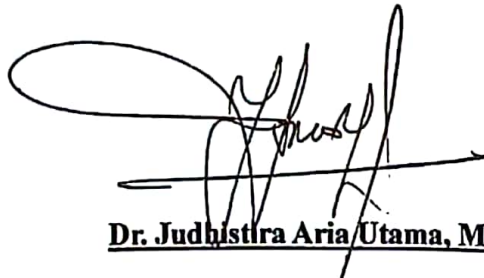
Pembimbing 1,



Dr. Ahmad Aminudin, M.Si.

NIP. 197211122008121001

Pembimbing 2,

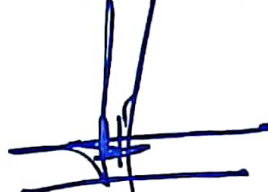


Dr. Judhistira Aria/Utama, M.Si.

NIP. 197703312008121001

Mengetahui

Ketua Program Studi Fisika



Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si.

NIP. 197905012003121001

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi berjudul “**Rancang Bangun Sistem Pemantauan Massa Bergerak Pada Miniatur Jembatan Menggunakan Piezoelektrik Berbasis Arduino Mega**” ini beserta seluruh isisnya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung risiko / sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,

Gabriela Oktaviani Subrata

NIM 2008806

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, penulis panjatkan puji dan syukur ke hadirat-Nya yang telah melimpahkan rahmat dan ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Massa Bergerak Pada Miniatur Jembatan Menggunakan Piezoelektrik Berbasis Arduino Mega”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Sains pada program Strata-1 di Program Studi Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi baik secara langsung maupun tidak langsung selama penyusunan skripsi. Terlepas dari semua itu, penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan skripsi ini. Oleh karena itu, dengan tangan terbuka penulis menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar dapat memperbaiki skripsi ini. Akhir kata penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca serta dapat dijadikan bahan acuan untuk penelitian lebih lanjut.

Bandung, Agustus 2024

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari skripsi ini tidak akan dapat terselesaikan dengan baik tanpa adanya bantuan, bimbingan, nasihat, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ahmad Aminudin, M.Si. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan masukan, saran, arahan, dan dukungan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Judhistira Aria Utama, M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan masukan, saran, arahan, dan dukungan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Endi Suhendi, M.Si. selaku Ketua Program Studi Fisika FPMIPA UPI yang telah memberikan bimbingan, masukan, saran, dan dorongan selama penulis menempuh studi.
4. Bapak Drs. Waslaluddin, M.T. (*Alm*) selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan masukan, saran, dan dorongan selama selama penulis menempuh studi.
5. Segenap dosen Program Studi Fisika atas ilmu dan steladan yang telah diberikan selama perkuliahan.
6. Ayah, Mama, mbak Nanda, dan sekeluarga yang senantiasa memberikan semangat dan dukungan baik secara material maupun non-material.
7. Teman-teman kelas Fisika C atas kerjasama dan kebersamaan yang pernah diberikan selama menempuh studi.

ABSTRAK

Jembatan merupakan bagian penting dalam suatu jaringan jalan, karena pengaruhnya yang signifikan terhadap mobilitas manusia maka jembatan harus dirancang bangun dengan baik agar mampu menahan beban yang dilaluinya. Dalam penelitian ini dirancang suatu prototipe sistem pemantauan massa bergerak pada miniatur jembatan menggunakan transduser piezoelektrik berbasis Arduino Mega 2560. Penelitian ini bertujuan untuk mencegah kegagalan struktur jembatan akibat beban berlebih melalui *Structural Health Monitoring* (SHM) yang merupakan pengawasan struktur konstruksi terutama struktur konstruksi jembatan secara langsung dan setiap saat, akurat, serta ekonomis dengan memanfaatkan transduser piezoelektrik. Pemantauan massa bergerak dapat dilakukan dengan menganalisis pola perubahan tegangan keluaran transduser piezoelektrik sehingga dapat diperoleh besar momen lentur jembatan relatif terhadap posisi beban. Pada penelitian ini dilakukan uji beban statik melalui pemberian beban pada miniatur jembatan secara terkendali dan terukur agar dapat mewakili beban lalu lintas yang sebenarnya. Transduser piezoelektrik sebagai salah satu material yang memiliki sensitivitas tinggi dan respon cepat serta dapat menghasilkan muatan listrik jika mengalami deformasi, berpotensi dapat digunakan untuk mendeteksi distribusi gaya akibat beban tersebut sehingga dapat diketahui respon miniatur jembatan secara langsung melalui LCD 16x2. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemantauan massa bergerak pada miniatur jembatan dapat ditampilkan melalui pendekatan model balok sederhana berupa gelagar dua *layer* dengan tumpuan sendi-rol beserta sambungan baut-mur, tetapi dapat juga dimodelkan tanpa sambungan baut-mur namun dengan momen lentur yang lebih besar. Sensitivitas piezoelektrik sebagai alat ukur momen lentur miniatur jembatan diperoleh sebesar 4,2 mV/g dengan tingkat keakurasian 98%.

Kata kunci: Transduser Piezoelektrik, Momen Lentur, Pemodelan Struktur, Sensitivitas Piezoelektrik, Pemantauan Massa Bergerak

ABSTRACT

Bridges are crucial components of a road network. Given their significant impact on human mobility, bridges must be well-designed and constructed to withstand the loads they carry. This research develops a prototype system for monitoring moving masses on a miniature bridge using a piezoelectric transducer based on Arduino Mega 2560. The aim of this study is to prevent structural failure of bridges through real-time, accurate, and cost-effective health monitoring using piezoelectric transducer technology. Early detection of structural failure can be achieved by analyzing the pattern of voltage changes from the piezoelectric transducer, allowing the determination of the bending moment of the girder relative to the load position. This study conducted static load tests by applying controlled and measured loads to a miniature bridge to represent actual traffic loads. Piezoelectric transducers, as materials with high sensitivity and fast response, capable of generating electric charges when deformed, were used to detect the stress distribution caused by the load in real-time, allowing the direct observation of the miniature bridge's response via a 16x2 LCD. The results show that monitoring moving masses on a miniature bridge can be represented using a simple beam model consisting of a two-layer girder with pin-roller supports and bolt-nut connections, but can also be modeled without bolt-nut connections, albeit with a larger bending moment. The sensitivity of the piezoelectric transducer as a bending moment measurement tool for the miniature bridge was obtained at 04,2 mV/g with an accuracy of 98%. This research is expected to provide an alternative method for developing more effective, efficient, and cost-effective bridge health monitoring systems, thereby improving bridge safety and service life.

Keywords: Piezoelectric Transducer, Bending Moment, Structural Modeling, Piezoelectric Sensitivity, Moving Load Monitoring

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR PERNYATAAN.....	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	ii
ABSTRAK	1
ABSTRACT	2
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1. Jembatan Gelagar (<i>beam bridge</i>).....	8
2.2. Tegangan (<i>Stress</i>).....	9
2.3. Regangan (<i>Strain</i>)	10
2.4. Deformasi Elastis.....	11
2.5. Tegangan Lentur	12
2.6. Macam-macam Pembebanan	15
2.7. Model-model Perletakan / Tumpuan.....	16

2.8.	Gaya-gaya Dalam.....	17
2.9.	Struktur Statis Tertentu	18
2.10.	Balok Sederhana Tunggal	19
2.11.	Balok Sederhana dengan Beban Merata Segitiga	19
2.12.	Balok Sederhana dengan Beban Terpusat	21
2.13.	Sifat Penampang Datar	23
2.14.	Kurva Elastis.....	25
2.15.	Piezoelektrik (PZT).....	27
2.16.	Arduino Mega 2560	29
2.17.	Arduino IDE.....	30
2.18.	Modul REES52	30
2.19.	LCD I2C 16x2.....	31
BAB III METODE PENELITIAN		32
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian	32
3.2	Metode Penelitian.....	32
3.3	Prosedur Penelitian.....	34
3.3.1	Perancangan Sistem Pemantauan Miniatur Jembatan	34
3.3.2	Perancangan Sistem Mekanik.....	34
3.3.3	Perancangan Sistem Elektronik	35
3.3.4	Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	37
3.3.5	Uji Karakteristik Sensitivitas Transduser Piezoelektrik	39
3.3.6	Pembuatan Prototipe Sistem Pemantauan Miniatur Jembatan	40
3.4	Kalibrasi Prototipe Sistem Pemantauan Miniatur Jembatan	40
3.5	Pengujian Prototipe Sistem Pemantauan Miniatur Jembatan.....	41
3.6	Analisis Hasil Pengujian.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		42

4.1 Pengujian Karakteristik Sensitivitas Transduser Piezoelektrik	42
4.2 Kalibrasi Prototipe.....	44
4.3 Pemrograman Mikrokontroler.....	46
4.4 Hasil Pembuatan Prototipe Sistem Pemantauan Massa Bergerak pada Miniatur Jembatan.....	49
4.5 Perhitungan Kekuatan Miniatur Jembatan dengan Gelagar Satu <i>Layer</i>	50
4.6 Pengujian Miniatur Sistem Pemantauan Massa Bergerak pada Jembatan dengan Gelagar Satu <i>Layer</i>	53
4.6.1 Pengujian sistem pemantauan massa bergerak pada miniatur jembatan tanpa sambungan baut	54
4.6.2 Pengujian sistem pemantauan massa bergerak pada miniatur jembatan dengan sambungan baut.....	57
4.7 Perhitungan Kekuatan Miniatur Jembatan dengan Gelagar Dua <i>Layer</i>	59
4.8 Pengujian Miniatur Sistem Pemantauan Massa Bergerak pada Miniatur Jembatan dengan Gelagar Dua <i>Layer</i>	61
4.8.1 Pengujian sistem pemantauan massa bergerak pada miniatur jembatan tanpa sambungan baut	61
4.8.2 Pengujian sistem pemantauan massa bergerak pada miniatur jembatan dengan sambungan baut.....	64
BAB V SIMPULAN DAN REKOMENDASI.....	67
5.1 Simpulan.....	67
5.1 Rekomendasi.....	68
DAFTAR PUSTAKA	69
LAMPIRAN.....	73

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi piezoelektrik	28
Tabel 2. 2 Spesifikasi Arduino Mega.....	29
Tabel 2. 3 Spesifikasi modul REES52	30
Tabel 2. 4 Spesifikasi LCD I2C 16x2	31
Tabel 3. 1 Alat dan Bahan Pembuatan Sistem Pemantauan Miniatur Jembatan....	40
Tabel 4. 1 Repeatability pengujian karakteristik transduser	44
Tabel 4. 2 Hasil pengujian kalibrasi miniatur	45
Tabel 4. 3 Section properties gelagar satu layer.....	51
Tabel 4. 4 Hasil perhitungan momen lentur gelagar satu <i>layer</i>	52
Tabel 4. 5 Section properties gelagar dua layer	59
Tabel 4. 6 Hasil perhitungan momen lentur dengan gelagar dua <i>layer</i>	60

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Regangan normal pada elemen batang.....	11
Gambar 2.22 Piezoelektrik PZT	27
Gambar 2. 23 Modul piezoelektrik REES52	30
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	33
Gambar 3. 2 Diagram blok sistem pemantauan miniatur jembatan.....	34
Gambar 3. 3 (a) Desain model miniatur jembatan (b) Implementasi model miniatur jembatan	35
Gambar 3. 4 Rangkaian skematik sistem.....	36
Gambar 3. 5 Diagram Alir sistem.....	39
Gambar 4. 1 Pengujian sensitivitas transduser	42
Gambar 4. 2 Grafik pengujian sensitivitas transduser	43
Gambar 4. 3 (a) Pembacaan hasil kalibrasi transduser (b) Pembacaan serial monitor.....	45
Gambar 4. 4 Compile dan Upload Kode Program Sistem Pemantauan Miniatur Jembatan	47
Gambar 4. 5 Tampilan Serial Monitor Hasil Monitoring Miniatur Jembatan.....	48
Gambar 4. 6 Tampilan LCD saat monitoring miniatur jembatan.....	48
Gambar 4. 7 Sistem pemantauan massa bergerak pada miniatur jembatan	49
Gambar 4. 8 Sistem elektronik pemantauan massa bergerak pada miniatur jembatan.....	49
Gambar 4. 9 Miniatur jembatan dengan gelagar satu layer	50
Gambar 4. 10 Miniatur jembatan dengan gelagar dua layer.....	50
Gambar 4. 11 Balok sederhana dengan beban rata segitiga.....	51
Gambar 4. 12 karekteristik momen lentur gelagar satu layer	53
Gambar 4. 13 Pengujian sistem pemantauan massa bergerak gelagar satu layer ..	53
Gambar 4. 14 Grafik respon transduser piezoelektrik terhadap massa bergerak pada miniatur jembatan tanpa sambungan baut	55
Gambar 4. 15 Grafik respon momen lentur akibat massa bergerak pada miniatur jembatan tanpa sambungan baut	56

Gambar 4. 16 Grafik respon transduser piezoelektrik terhadap massa bergerak pada miniatur jembatan dengan sambungan baut	57
Gambar 4. 17 Grafik respon momen lentur terhadap massa bergerak pada miniatur jembatan dengan sambungan baut	58
Gambar 4. 18 Balok sederhana dengan beban terpusat	59
Gambar 4. 19 karekteristik momen lentur gelagar dua layer	60
Gambar 4. 20 Pengujian miniatur sistem pemantauan massa bergerak pada gelagar dua layer.....	61
Gambar 4. 21 Grafik respon transduser piezoelektrik terhadap massa bergerak pada miniatur jembatan tanpa sambungan baut	62
Gambar 4. 22 Grafik respon momen lentur terhadap massa bergerak pada miniatur jembatan tanpa sambungan baut.....	63
Gambar 4. 23 Grafik respon transduser piezoelektrik terhadap massa bergerak pada miniatur jembatan dengan sambungan baut	64
Gambar 4. 24 Grafik respon momen lentur terhadap massa bergerak pada miniatur jembatan dengan sambungan baut	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Codingan Sistem.....	73
Lampiran 2 Hasil respon transduser terhadap massa bergerak pada gelagar satu layer dengan sambungan baut.....	77
Lampiran 3 Hasil respon transduser terhadap massa bergerak pada gelagar dua layer dengan sambungan baut.....	80
Lampiran 4 Hasil respon transduser terhadap massa bergerak pada gelagar satu layer tanpa sambungan baut.....	83
Lampiran 5 Hasil respon transduser terhadap massa bergerak pada gelagar dua layer tanpa sambungan baut.....	86
Lampiran 6 Hasil Pengujian Sensitivitas Transduser.....	89

DAFTAR PUSTAKA

- Abdillah, M. (2019). Rancang Bangun Sistem Transduser Strain Gauge Alat Percobaan Regangan Dan Tegangan Beam Dengan Sistem Akuisisi Data National Instrumen Cdaq 9172.
- Ardhi, S. A., & Utomo, T. C. (2015). Analisis Kemampuan Layan Jembatan Rangka Baja Soekarno-Hatta Malang Ditinjau Dari Aspek Getaran, Lendutan Dan Usia Fatik.
- Azarya Putra, G., & Ediansjah. (2016). Identifikasi Modal Parameter Struktur. Annual Civil Engineering Seminar.
- Alrashdan, M. H. S., Hamzah, A. A., & Majlis, B. Y. (2015). Design And Optimization Of Cantilever Based Piezoelectric Micro Power Generator For Cardiac Pacemaker. *Microsystem Technologies*, 21(8), 1607–1617. <https://doi.org/10.1007/S00542-014-2334-1>
- Bambang Sulistyono Budhi. 2003. Pedoman Perkuliahan Mekanika Teknik I. Surakarta: Pusbangjari Uns
- Cahyati, M. D. (2016). Pengaruh Variasi Tebal Terhadap Kekuatan Lentur Pada Balok Komposit Menggunakan Response 2000 (Effect Of Thickness Web Variations Against Flexural Strength On The Encased Partially Composite Beam Using Response 2000) Martyana Dwi Cahyati. 19(2), 157–164.
- Deha, K., Kader, A., & Setia Budi, A. (2021). Sistem Pemantauan Struktur Jembatan Dengan Metode Real Time Operating System (Rtos). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 5(2), 566–571. <http://j-ptiik.ub.ac.id>
- Dewi, S. M., Suseno, H., & Harianto, T. F. (2014). Pengaruh Besar Dan Posisi Beban Terhadap Momen, Defleksi Dan Regangan Pada Balok Melintang Jembatan Komposit Bambu. *Jurnal Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil*, 1(1), 35–46.
- Ditjen Bina Marga. 1993a. Panduan Pemeriksaan Jembatan. 1st Ed. Ed. Ditjen Bina Marga. Jakarta: Ditjen Bina Marga.
- 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>
- Hidayatullah, W., Syukri, M., & Syukriyadin. (2016). Perancangan Prototype Penghasil Energi Listrik Berbahan Dasar Piezoelektrik. *Kitekro: Jurnal Online Teknik Elektro*, 1(3), 63–67.
- Frick Heinz. 1979. Mekanika Teknik 1. Yogyakarta: Kanisius.
- 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>.
- Hidayatullah, W., Syukri, M., & Syukriyadin. (2016). Perancangan Prototype Penghasil Energi Listrik Berbahan Dasar Piezoelektrik. *Kitekro: Jurnal Online Teknik Elektro*, 1(3), 63–67.
- Huda, C., & Purwandi, A. W. (2017). Rancang Bangun Pemantauan Getaran Jembatan Rangka Baja Soekarno-Hatta Malang Sebagai Penilaian Kondisi Bangunan Atas Jembatan Melalui Web. *Jurnal Jartel (Issn (Print): 2407-0807 Issn (Online): 2407-0807) Vol: 4, Nomor: 1*.
- Imanningtyas, E., Akbar, S. R., & Syauqy, D. (2017). Implementasi Wireless Transduser Network Pada Pemantauan Kondisi Struktur Bangunan Menggunakan Transduser Accelerometer Mma7361. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*.
- Khurmi, R. S. 1977. *Strength Of Materials*. New Delhi: S. Chand & Company Ltd
- Kurnia Paranita Kartika Riyanti, Nurjanah, & Hazairin Nikmatul Lukma. (2021). Introduction Of Automatic Wooden Bridge Load Testing Detector For Pedestrians Using Load Cell Sensor. *Procedia Of Engineering And Life Science*, 2. <https://doi.org/10.21070/pels.v2i0.1154>
- Masagala, A. A. (2023). Evaluasi Struktur Jembatan Gantung Pejalan Kaki Dumpoh, Magelang Jawa Tengah. *Rekayasa Sipil*, 17(2), 140–145. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasipil.2023.017.02.4>
- Mirza A, M. I., & Wibisono, W. (2017). Rancang Bangun Sistem Pemantauan Struktur Bangunan Berbasis Jaringan Transduser Nirkabel Dengan Analisis Nilai Modal Struktur (Studi Kasus Prototype Jembatan).
- Nababan, P. H. (2016). *Structural Health Pemantauan System Alat Bantu Mempertahankan Usia Teknis Jembatan*. Balai Besar Pelaksana Jalan Wilayah V.
- Nugraha, W., & Sukmara, G. (2017). Evaluasi Beban Layan Jembatan Apung Pejalan Kaki Tipe Pelengkung Rangka Baja Berdasarkan Uji Pembebanan. *Pusat Litbang Jalan Dan Jembatan*.
- Nielsen Stuart, S. 1997. *Introductory Structural Analysis*. Nieko Technical Publishing.
- N/A (1980). "8th Edition Manual Errata," *Engineering Journal*, American Institute Of Steel Construction, Vol. 17, Pp. 79-79.
- Priatna, E. (2016). Pengembangan Transduser Vibrasi Menggunakan Accelerometer Lis3dsh Dengan Pemrosesan Data Secara Langsung Di Dalam Mikrokontroler Menggunakan Metode Fft.
- Putra, S. A., & Sani, G. A. (2018). Sistem Penilaian Kondisi Jembatan Menggunakan Respons Dinamik Dengan Wireless Transduser Network. *Jnteti*, Vol. 7, No. 3.

- Putra, Y. H., & Aprianto, R. (2016). Alat Bantu Penyandang Tunanetra Menggunakan Transduser Ultrasonik.
- Putri, A. E., & Pranoto, Y. (2018). Analisis Perbandingan Struktur Rangka Baja Bukaka Dan Sni Dengan Pemodelan Tekla Pada Jembatan Betapus Samarinda. Snitt- Politeknik Negeri Balikpapan.
- Poloni, T., & Lu, J. (2017). An Indirect Tire Health Monitoring System Using On-Board Motion Sensors. Sae Technical Papers, 2017-March(March). <https://doi.org/10.4271/2017-01-1626>
- Ramadhan, M. R., Sasmono, S., & Ekaputri, C. (2021). Perancangan Miniatur Konversi Hybrid Energi Suara , Energi Tekanan Dan Energi Angin Menjadi Energi Listrik Menggunakan Komponen Piezoelektrik. E-Proceeding Of Engineering, 8(5), 4447–4457.
- Ridwan, M., & Umroniah, L. (2023). Perencanaan Jembatan Rangka Baja Tipe Parker Bentang 78 Meter Menggunakan Sni 1725-2016 Dan Sni 1729-2020. Jurnal Indonesia Sosial Teknologi, 4(5), 570–578. <https://doi.org/10.59141/jist.v4i5.617>
- Rinaldi, R. G., & Kuncoro, M. A. (2019). Jupiter (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro) Perbandingan Pengisian Kapasitor Oleh Piezoelektrik Dengan Baterai. 04, 7–14.
- Rizaldy, R. R., Murti, M. A., & Priramadhi, R. A. (2020). Perancangan Dan Implementasi Sistem Uji Struktur Beton Pada Jembatan Menggunakan Sensor Geophone. Eproceedings Of Engineering, 7(1).
- Suharto, S., Budio, S. P., & Arifi, E. (N.D.). Model Jembatan Rangka Baja.
- Susanti, M., Arisalwadi, M., Mayantasari, M., Rahmania, R., & Sastrawan, F. D. (2022). Prototype Design Of Geophone Using Piezoelectric Sensor Based On Arduino Uno. Journal Of Multidisciplinary Science, 1(3), 111–117.
- Setiati, N. R., & Surviyanto, A. (2013). Analisis Uji Beban Kendaraan Terhadap Jembatan Integral Penuh. Pusat Litbang Jalan Dan Jembatan.
- Sujadi, H., & Sopiandi, I. (2017). Sistem Pengolahan Suara Menggunakan Algoritma Fft (Fast Fourier Transform). Prosiding Sintak.
- Todd J.D. 1984. Teori Dan Analisis Struktur. Erlangga: Jakarta.
- Tiffany, A., & Bintoro Kusumo, B. P. (2019). Optimasi Dimensi Web Balok Gelagar I Terhadap Pembebanan Truk Pada Jalan Tol Xyz. Spirit Of Civil Engineering (Spring) Journal (Issn: 2528-6234).
- Wardhana, F. N., Sumaryo, S., Wibowo, A. S., Elektro, F. T., & Telkom, U. (2018). Pemantauan Struktur Atas Jembatan. Eproceeding Of Engineering, 5(3), 3973–3980.
- Widyanto, S. A., & Widodo, A. (2016). Karakteristik Peredaman Getaran Konstruksi Model Jembatan Untuk Pengembangan Sistem Diagnosis Pola Gagal.

- Wijaya, Andi; Suryanita, Reni. (2016). Prediksi Respons Struktur Jembatan Beton Prategang Berdasarkan Spektrum Gempa Indonesia Dengan Metode Jaringan Saraf Tiruan. *Jom Fteknik* Volume 3 No.1.
- Wijayanto, A., & Nasution, A. (2017). Evaluasi Integritas Sistem Struktur Jembatan Dr. Ir. Soekarno. *Jurnal Teoretis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*. Alrashdan, M. H. S., Hamzah, A. A., & Majlis, B. Y. (2015). Design And Optimization Of Cantilever Based Piezoelectric Micro Power Generator For Cardiac Pacemaker. *Microsystem Technologies*, 21(8), 1607–1617. <https://doi.org/10.1007/S00542-014-2334-1>
- Wahyudi, A., & Agoes, S. (2016). Implementasi Otomatisasi Mesin Grating Menggunakan Mikrokontroler Arduino Mega 2560. *Tesla*, 18(2), 177–187.
- Wang, Y., Fu, N., Fu, Z., Lu, X., Liao, X., Wang, H., & Qin, S. (2019). Seismic Detection.
- Widodo, S. (2010). Analisis Tegangan Dan Regangan Identifikasi Kekuatan Bahan. *Jurnal Ilmiah*, 1, 4–15.