

Respon Struktur Bangunan Rumah Sakit terhadap Gempa dengan Struktur Beton Bertulang dan Baja

¹Muhammad Caesar Pradana ¹), Nauval Rabbani ^{2*)}

¹) Program Studi Teknik Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Pekalongan, Email: caesarpradana.pt2@gmail.com

²) Program Studi Teknik Konstruksi, Fakultas Teknik, Universitas Pekalongan, Email: nauvrabbani@gmail.com

Abstrak

Negara Indonesia terutama di wilayah Pulau Jawa, fenomena bencana alam seperti gempa sangat sering terjadi yang berdampak terhadap kondisi infrastruktur kota. Oleh karena itu, sangat penting untuk membangun bangunan yang tahan gempa dengan kinerja keselamatan hidup. Kinerja ini berarti bahwa meskipun bangunan dapat mengalami kerusakan, bangunan tidak akan mengalami keruntuhan total, sehingga memberikan cukup waktu untuk evakuasi. Dalam banyak proyek di Indonesia, struktur beton bertulang dan struktur baja sangat umum digunakan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbedaan gaya geser dasar dan perpindahan antara struktur beton bertulang dan struktur baja ketika menerima gaya gempa. Untuk menyusun penelitian ini, penulis menggunakan metode pengolahan data dari hasil pemodelan struktur dengan perangkat lunak SAP2000 V14. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa struktur beton bertulang memiliki nilai gaya geser dasar yang lebih besar dibandingkan dengan struktur baja, tetapi memiliki nilai perpindahan yang lebih kecil. Hal ini dipengaruhi oleh sifat alami dari masing-masing struktur. Struktur beton bertulang memiliki berat yang lebih besar dan kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan struktur baja, sedangkan struktur baja memiliki berat yang lebih ringan dan sifat yang lebih fleksibel.

Kata kunci: Performa Gempa, Struktur Bangunan, Respon Struktur

Abstract

In Indonesia, particularly in regions such as Java Island, natural disasters like earthquakes occur frequently. Therefore, it is crucial to construct earthquake-resistant buildings with life safety performance. This means that although buildings may suffer damage, they should not collapse completely, allowing sufficient time for evacuation. In many projects in Indonesia, reinforced concrete structures and steel structures are commonly used. The aim of this study is to determine the differences in base shear forces and displacements between reinforced concrete structures and steel structures when subjected to seismic forces. To conduct this research, the author utilized data processing methods from structural modeling results using SAP2000 V14 software. The modeling results show that reinforced concrete structures have higher base shear forces than steel structures but have lower displacements. These values are directly influenced by the inherent properties of each structure. Reinforced concrete structures have greater weight and stiffness compared to steel structures, while steel structures are lighter in weight and more flexible.

Keywords: Seismic Performance, Building Structure, Structural Response



Copyright © 2024 The Author(s)

This is an open access article under the [CC -NC-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) license.

1. PENDAHULUAN

Risiko kerusakan akibat gempa sangat tinggi di wilayah Indonesia, maka dari itu bangunan yang ada di Indonesia harus didesain tahan gempa. Untuk membuat bangunan tahan gempa, struktur bangunan harus dievaluasi dengan mempertimbangkan bahaya gempa bumi (Utomo et al. 2021). Gempa bumi yang terjadi pada tahun 2022 silam di Palu

menyebabkan kegagalan struktur pada bangunan, dimana kegagalan tersebut diakibatkan oleh tidak patuhnya perencana atau kontraktor dalam menerapkan kriteria desain pada SNI yang terbaru (Tampubolon et al. 2022).

Konstruksi beton bertulang dan struktur baja adalah dua jenis struktur yang paling umum digunakan saat membangun bangunan di

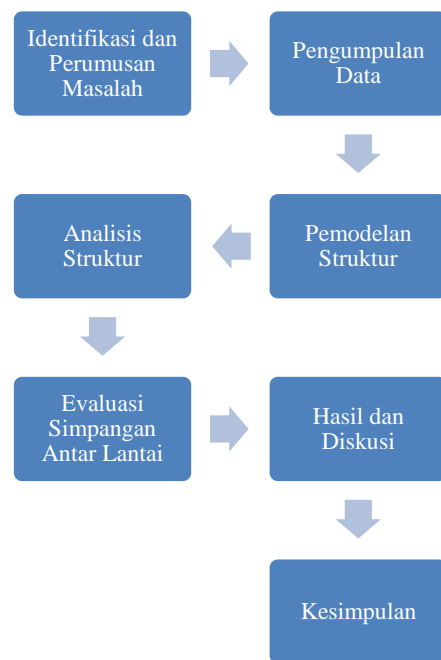
Indonesia ini. Struktur beton bertulang lebih sering digunakan di beberapa proyek konstruksi di Indonesia karena beberapa kelebihanannya dibanding dengan struktur baja, diantaranya adalah tidak mudah berkarat ketika terpapar langsung dengan cuaca (Aminullah 2020; Rabbani et al. 2024) dan kemudahan dalam menyesuaikan berbagai bentuk elemen struktur (Firman et al. 2024; Ruzuqi and Maryanto 2022). Dari segi biaya juga struktur beton lebih murah dibanding dengan struktur baja (Sadewo et al. 2024). Namun untuk bangunan tinggi, struktur baja lebih cepat pengerjaannya serta lebih hemat biayanya (Gagandeep 2021). Sistem sambungan pada konstruksi beton bertulang memiliki sambungan kaku jika dibandingkan dengan struktur baja yang lebih fleksibel karena memiliki sistem sambungan baut (Ratih et al. 2023). Struktur yang terbuat dari baja yang sangat fleksibel akan meleleh dalam waktu yang lama sebelum runtuh ketika sudah melalui kapasitas pembebanannya dibanding dengan beton bertulang (Patria et al. 2023).

Penelitian yang dilakukan oleh Sardiman dkk (Sardiman et al. 2023) membandingkan analisa struktur beton bertulang dengan baja pada gedung asrama dengan metode LRFD yang menghasilkan bahwa struktur baja memiliki perpindahan sambungan pada arah X dan Y lebih tinggi dibanding struktur beton, namun gaya geser dasar dan momen lentur memiliki nilai yang lebih kecil dibanding struktur beton. Penelitian serupa juga dilakukan oleh Kristiyanto dkk (Kristiyanto et al. 2021) dengan menggunakan metode LRFD, memiliki hasil yang sama yaitu struktur beton memiliki nilai gaya geser dan momen lentur lebih tinggi daripada struktur baja.

Penelitian terkait dengan respons struktur terhadap gempa masih belum banyak ditemukan pada wilayah Kabupaten Pekalongan dan sekitarnya. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja struktur beton bertulang dan struktur baja terhadap beban gempa di Kabupaten Pekalongan. Penelitian ini diharapkan memberikan kontribusi dalam pemilihan jenis struktur yang sesuai untuk bangunan tahan gempa di Kabupaten Pekalongan, berdasarkan analisis gaya geser dasar dan perpindahan struktur.

2. METODE

Alur penelitian dilakukan sedemikian rupa sesuai pada Gambar 1. Proses analisis dimulai dengan membuat model bangunan dalam tiga dimensi, yang mencakup kolom, balok, dan pelat lantai. Bangunan didesain menggunakan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Langkah selanjutnya adalah menghitung dan menempatkan beban pada struktur yang mencakup beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Beban yang dimasukkan mengacu pada SNI-1727-2020 (Badan Standarisasi Nasional 2020) terkait pembebanan bangunan gedung, dan beban gempa mengacu pada SNI-1726-2109 (Badan Standarisasi Nasional, 2019) terkait perencanaan bangunan tahan gempa. Untuk acuan struktur beton dan baja menggunakan SNI-2847-2019 (Badan Standarisasi Nasional, 2019) dan SNI-1729-2019 (Badan Standardisasi Nasional 2019).



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

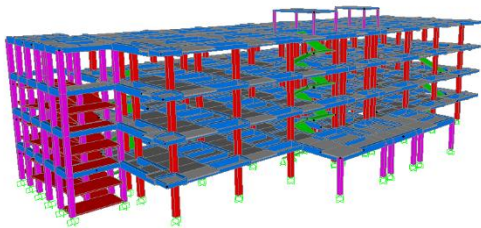
Pemodelan struktur dilakukan dengan bantuan program SAP2000 V14 dengan tujuan untuk memperoleh nilai gaya dalam struktur, gaya geser dasar (*base shear*) dan perpindahan (*displacement*) yang kemudian akan dianalisis untuk menentukan nilai simpangan antar lantai antara 2 jenis struktur bangunan. Data bangunan yang digunakan yaitu sebuah Gedung Poliklinik dan Rawat Inap Terpadu yang berada di Kajen yang memiliki 4 lantai dengan panjang bangunan 65,5 m dan lebar 24,2 m dengan

konstruksi atap berupa plat atap. Bangunan tersebut memiliki spesifikasi teknis berupa mutu beton ($f'c$) K-250 atau 20,36 MPa, mutu baja utama (f_y) 400 MPa, mutu baja tulangan sengkang (f_y) 240 MPa dan berada pada tanah dengan klasifikasi situs tanah lunak (SE).

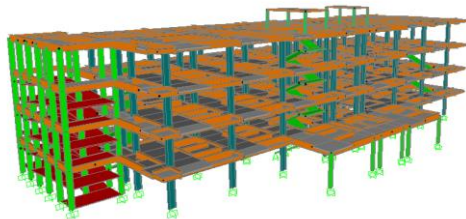
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Model Struktur Bangunan

Struktur yang akan dimodelkan dan dianalisis adalah bangunan Gedung Poliklinik dan Rawat Inap Terpadu di Kajen. Pemodelan ini dilakukan pada struktur beton bertulang (Gambar 2) dan struktur baja (Gambar 3).



Gambar 2. Pemodelan Struktur Beton Bertulang



Gambar 3. Pemodelan Struktur Baja

Pembebanan Gravitasi Pada Struktur

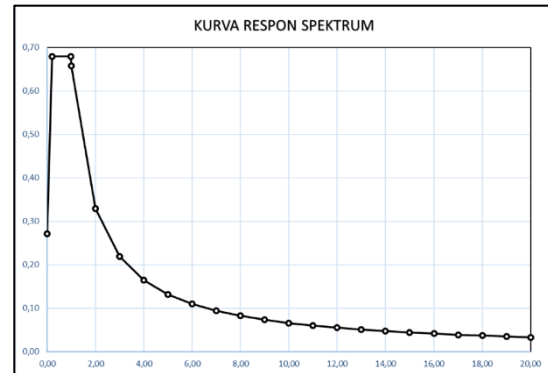
Pada tahap pembebanan ini dilakukan pada elemen-elemen struktur seperti balok dan pelat lantai. Beban yang diinput adalah beban mati dan beban hidup yang sesuai dengan ketentuan yang ada pada SNI-1727-2020. Data beban mati dan beban hidup dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Data Beban Gravitasi

Beban	Jenis Beban	Besaran
Beban keramik	Mati	24 Kg/m ²
Beban plesteran	Mati	21 Kg/m ²
Beban MEP	Mati	25 Kg/m ²
Beban plafon	Mati	18 Kg/m ²
Beban dinding	Mati	1000 Kg/m ²
Ruang operasi, laboratorium	Hidup	2,8 KN/m ²
Ruang pasien	Hidup	1,9 KN/m ²
Koridor di atas lantai pertama	Hidup	3,8 KN/m ²
Ruang tunggu	Hidup	4,79 KN/m ²

Analisis Respon Spektrum

Data beban gempa pada penelitian ini menggunakan data gempa yang terdapat pada peta gempa SNI 1726 2029 yang sesuai dengan lokasi penelitian yaitu gedung Poliklinik dan Rawat Inap Terpadu RSUD Kajen yang berada di Kabupaten Pekalongan dengan kondisi tanah lunak (SE). Hasil respon spektrum yang digunakan untuk pembebanan gempa yang telah disesuaikan dengan kondisi tanah dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Kurva Respon Spektrum

Faktor skala gempa sesuai dengan SNI yang dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$\text{Faktor Skala} = \frac{g \times I_e}{R}$$

Dengan g merupakan nilai gravitasi, R dengan nilai 8 adalah koefisien modifikasi respon pada struktur beton dan baja dengan struktur rangka pemikul momen khusus, dan I_e dengan nilai 1,5 sesuai dengan kategori risiko IV yang merupakan bangunan rumah sakit. Nilai faktor skala didapatkan 1,84.

Gaya Geser Dasar

Untuk mendapatkan nilai gaya geser dasar (V), dua jenis metode analisis digunakan, yaitu analisis dinamis menggunakan program SAP2000 dan analisis statik ekuivalen yang dihitung sesuai dengan SNI gempa yang nantinya akan dibandingkan satu dengan lainnya. Hasil perhitungan gaya geser dasar untuk struktur beton dan baja dengan menggunakan dua metode analisis dapat dilihat pada tabel 3 untuk arah X dan untuk arah Y.

Tabel 3. Nilai Gaya Geser Dasar Arah X

Gaya Geser	Arah X		Arah Y	
	Struktur Baja	Struktur Beton	Struktur Baja	Struktur Beton
Statis	73,82 ton	153,11 ton	73,82 ton	153,11 ton
Dinamis	238,76 ton	428,48 ton	217,90 ton	333,76 ton

Berdasarkan hasil perhitungan gaya geser dasar, rasio antara gaya geser statis terhadap dinamis untuk struktur baja yaitu 3,23 untuk arah Y dan 2,95 untuk arah X, untuk struktur beton yaitu 2,80 dan 2,18 untuk arah X dan Y. Dengan rasio tersebut, syarat kombinasi respons untuk gaya geser terpenuhi. Secara keseluruhan, nilai gaya geser dasar dari struktur beton memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding struktur baja, pada perhitungan gaya geser dasar dengan metode statis struktur beton memiliki kenaikan sebesar 207% dibanding dengan baja. Untuk metode dinamis, struktur beton memiliki kenaikan sebesar 179% untuk arah X, dan 153% arah Y. Dapat disimpulkan bahwa gaya geser dasar pada struktur beton memiliki nilai lebih tinggi dibanding struktur baja, hal ini karena berat sendiri elemen beton lebih tinggi daripada baja.

Gaya Dalam Struktur

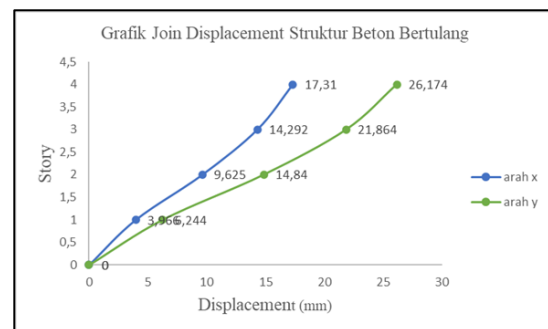
Gaya dalam struktur adalah hasil dari pembebanan yang diberikan kepada elemen-elemen struktur. Jenis beban, nilai beban yang diberikan, berat sendiri struktur mempengaruhi nilai gaya dalam struktur. Dalam analisis ini, gaya dalam akan diperiksa melalui kombinasi beban $1,2D + 0,5L + 0,3Eq_x + 1Eq_y$. Hasil gaya dalam struktur beton bertulang dan struktur baja dapat dilihat pada tabel 5, sampel yang dipakai untuk perbandingan yaitu untuk struktur beton, kolom ukuran 60 x 60 cm dan balok 45 x 70 cm, pada baja digunakan kolom IWF 700 x 400 mm dan balok menggunakan IWF 800 x 300 mm. Output Gaya Dalam Struktur Beton Bertulang seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Output Gaya Dalam Struktur Beton Bertulang

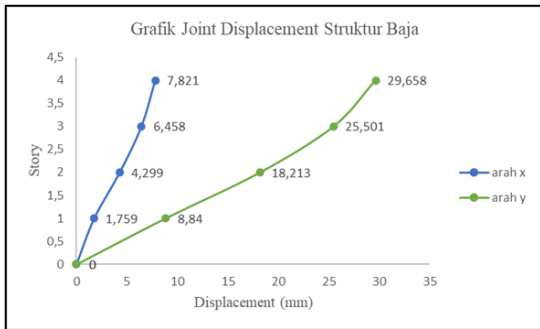
Tipe	Jenis Elemen	Output Pemodelan SAP		
		Gaya Aksial (ton)	Gaya Lintang (ton)	Gaya Momen (ton.m)
Kolom	Beton	-212,55	2,40	8,19
Balok	Beton	21,21	7,04	3,88
Kolom	Baja	-148,68	1,45	1,42
Balok	Baja	-0,11	7,33	1,80

Perpindahan

Berdasarkan hasil *output* program SAP2000 V14, nilai perpindahan yang disebabkan oleh gaya lateral yang berasal dari beban gempa respons spektrum terjadi pada bangunan arah x dan arah y. nilai perpindahan struktur beton bertulang dan struktur baja dapat dilihat pada gambar 5 dan 6. Dapat dilihat bahwa perpindahan pada struktur baja lebih tinggi pada arah Y dibanding dengan struktur beton, namun pada arah X struktur beton memiliki perpindahan yang lebih tinggi.



Gambar 5. Grafik Joint Displacement Struktur Beton Bertulang



Gambar 6. Grafik *Joint Displacement* Struktur Baja

Simpangan Antar Lantai

Penentuan simpangan antar lantai (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan defleksi pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Menurut SNI-1726-2019 nilai simpangan antar lantai (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar lantai tingkat ijin (Δ_a) untuk semua tingkat pada bangunan. Hasil perhitungan simpangan antar lantai dapat dilihat pada tabel 7 dan 8.

Tabel 7. Simpangan Antar Lantai Struktur Beton Bertulang

Lantai	Tingg i	Displacement		Simpangan Antar Lantai (Δ) Δ_x
		Arah x	Arah y	
Atap	4	17,31	26,17	11,06
4	4	14,29	21,86	17,11
3	4	9,62	14,84	20,75
2	4	3,96	6,24	14,54
1	0	0	0	0

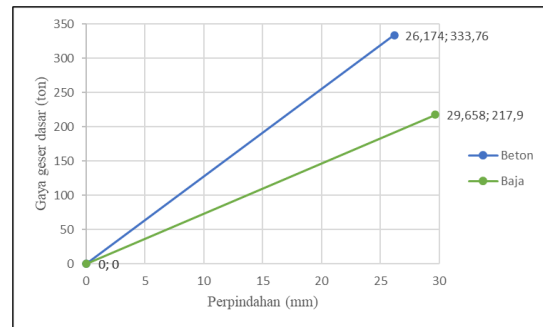
Tabel 8. Simpangan Antar Lantai Struktur Baja

Lantai	Tingg i	Displacement		Simpangan Antar Lantai (Δ) Δ_x
		Arah x	Arah y	
Atap	4	7,82	29,65	4,99
4	4	6,45	25,50	7,91
3	4	4,29	18,21	9,31
2	4	1,75	8,84	6,45
1	0	0	0	0

Hubungan Gaya Geser Dasar dan Perpindahan Pada Struktur Beton Bertulang dan Struktur Baja

Kurva hubungan antara gaya geser dasar dan perpindahan akan dibuat berdasarkan data respon struktur beton bertulang dan struktur baja yang diperoleh dari hasil analisis yang dilakukan menggunakan program SAP2000

V14. Karena kedua struktur memiliki nilai perpindahan terbesar pada arah Y, grafik akan ditinjau berdasarkan perpindahan arah Y. Berdasarkan hubungan ini, nilai gaya geser dasar mempengaruhi besarnya perpindahan yang terjadi pada kedua struktur bangunan. Kurva hubungan gaya geser dasar dan perpindahan kedua struktur dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9. Grafik Hubungan Gaya Geser Dasar dan Perpindahan Pada Struktur Beton Bertulang dan Struktur Baja

4. SIMPULAN

Hasil analisis dari pemodelan menggunakan program SAP2000 V14 menunjukkan bahwa struktur beton memiliki gaya geser dasar terbesar sebesar 428,48 ton, sedangkan struktur baja sebesar 238,76 ton. Perpindahan terbesar pada struktur baja adalah 29,65 mm, sedikit lebih besar daripada struktur beton bertulang yang memiliki perpindahan sebesar 26,17 mm. Hal ini menunjukkan bahwa struktur beton lebih kaku dibanding struktur baja, sehingga perpindahannya lebih kecil, meskipun gaya geser dasarnya lebih besar.

Penelitian ini menegaskan pentingnya memahami sifat material dan jenis struktur dalam merancang bangunan tahan gempa, khususnya di Kabupaten Pekalongan. Perencanaan antara struktur beton bertulang atau baja harus disesuaikan dengan kebutuhan fleksibilitas dan kekakuan struktur untuk meminimalkan risiko kerusakan akibat gempa.

5. DAFTAR PUSTAKA

Aminullah, A. (2020). Uji Kekuatan Mutu Beton Terhadap Pengaruh Cuaca Pada Variasi Waktu Tertentu Dalam Perlakuan Pada Sampel Kubus Sisi 15 Cm. *JURNAL KACAPURI*, 3(2), 196–208.

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). *SNI 1729-2020: Spesifikasi untuk bangunan gedung baja struktural*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019a). *SNI 1726-2019: Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019b). *SNI 2847-2019: Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. 2019. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). *SNI 1727-2020: Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Firman, A., Kumalasari, D., Abdul Malik, M., Rabbani, N., Imawan, A., & Latifah, E. (2024). *PENDAMPINGAN PENGAWASAN PEMBANGUNAN MASJID SHEIHK MOHIDEEN DESA PAYUNG KECAMATAN WELERI KABUPATEN KENDAL*. *Jurnal Pengabdian Masyarakat* (Vol. 5). <https://jurnal.unikal.ac.id/index.php/abdimas>
- Gagandeep. (2021). Time and cost comparison of reinforced cement concrete and steel structure. *Materials Today: Proceedings*, 37, 2917–2920. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.672>
- Kristiyanto, H., Muhammad, R., Iskandar, H., & Rizky, J. (2021). Komparasi Hasil Joint Displacement, Base Shear Dan Bending Moment Antara Struktur Beton Bertulang Dan Struktur Baja. *Civil Engineering and Technology Journal*, 3(2), 11–22. <https://jurnal.ucy.ac.id/index.php/CivETech/issue/archive>
- Patria, R., Eko Bawono, S., Pristyawati, T., & Sudjono Humardhani, L. (2023). Nilai Faktor Reduksi Pada Bangunan Bertingkat di Gunungkidul Yogyakarta. *Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (MoDuluS)*, 5(1), 6–13.
- Rabbani, N., Kumalasari, D., Firman, A., Nugroho, P., & Zulfa, N. (2024). Pendampingan Perencanaan Pengembangan Madrasah Ibtidaiyah Muhammadiyah Kauman Wiradesa. *Jurnal Abdimas PHB*, 7.
- Ratih, S. Y., Setyawan, A., & Hakim, A. N. (2023). Analisis Perbandingan Struktur Baja Menara Masjid Dengan Metode Ultimit dan Tegangan Ijin. *Jurnal Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil (MoDuluS)*, 5(1), 14–20.
- Ruzuqi, R., & Maryanto, T. (2022). Performa Material Dalam Upaya Mengurangi Panas Kota Sorong di Rusun Politeknik Kelautan dan Perikanan Sorong, 4(2).
- Sadewo, M. N. S., Septiandini, E., & Saefudin, A. (2024). Studi Perbandingan Efisiensi Kolom Beton Bertulang dengan Kolom Baja. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(1), 441–444.
- Sardiman, S., Azis Sila, A., & Astari, M. D. (2023). Perbandingan Struktur Beton Bertulang Dengan Baja Pada Gedung Asrama Barak Bujang Polresta Jayapura 3 Lantai Menggunakan Metode LRFD. In *Technological Innovation for Infrastructure and Building Development on Soft Soil to Achieve Sustainable Development Goals (SDG)* (pp. 169–179).
- Tampubolon, S. P., Sarasantika, I. P. E., & Suarjana, I. W. G. (2022). Analisis Kerusakan Struktur Bangunan dan Manajemen Bencana Akibat Gempa Bumi, Tsunami, dan Likuifaksi di Palu. *Bentang : Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 10(2), 169–186. <https://doi.org/10.33558/bentang.v10i2.3263>
- Utomo, J., Rabbani, N., Tudjono, S., & Aylie, H. (2021). The Influence of External CFRP String Reinforcement on The Behavior of Flexural RC Elements. *Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology*, 6(3), 141. <https://doi.org/10.25299/jgeet.2021.6.3.5685>