



Perencanaan Gedung Perkuliahan Lantai Lima Kampus Universitas Dr. Soetomo Menggunakan Stuktur Baja (Studi Kasus : Gedung I Universitas DR. Soetomo)

Fadlur Rochman Irgi Feriawan*

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas DR. Soetomo, Indonesia

*Penulis Korespondensi: irgicly234@gmail.com

Abstract. *The rapid advancement of science and technology requires universities to provide safe, comfortable, and representative learning facilities. One such initiative is the construction of a five-story lecture building at Dr. Soetomo University, designed with a steel structure as an alternative to reinforced concrete. Steel was chosen due to its high tensile strength, uniform material properties, lighter weight, ease of installation, and strong resistance to earthquake loads. This study aims to design a five-story lecture building with a steel structure that meets the requirements of strength, stability, and safety in accordance with applicable standards. The method applied is structural planning based on SNI 1729:2020, SNI 1727:2020, and SNI 1726:2019 using the Load and Resistance Factor Design (LRFD) approach. Structural analysis was conducted with SAP2000 version 2014 through three-dimensional modeling that considers geometry, material properties, loading, and placement. The results show that the selected steel profiles for beams, columns, and connections are capable of supporting the combination of dead loads, live loads, and seismic loads with safe performance. The maximum stress remains below the allowable limit, and the deflection values do not exceed the permitted deviation. These findings confirm that steel provides efficiency in dimensions and materials while offering practicality and earthquake resistance, and the design produced can serve as a useful reference for future multi-story building projects in earthquake-prone regions.*

Keywords: *Building; Earthquake; LRFD; SAP2000; Steel.*

Abstrak. Bahasa Indonesia: Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi yang pesat menuntut perguruan tinggi untuk menyediakan fasilitas pembelajaran yang aman, nyaman, dan representatif. Salah satu inisiatif tersebut adalah pembangunan gedung perkuliahan lima lantai di Universitas Dr. Soetomo, yang dirancang dengan struktur baja sebagai alternatif beton bertulang. Baja dipilih karena memiliki kekuatan tarik yang tinggi, sifat material yang seragam, bobot yang lebih ringan, kemudahan pemasangan, dan ketahanan yang kuat terhadap beban gempa. Penelitian ini bertujuan untuk merancang gedung perkuliahan lima lantai dengan struktur baja yang memenuhi persyaratan kekuatan, stabilitas, dan keamanan sesuai dengan standar yang berlaku. Metode yang diterapkan adalah perencanaan struktur berdasarkan SNI 1729:2020, SNI 1727:2020, dan SNI 1726:2019 dengan pendekatan Load and Resistance Factor Design (LRFD). Analisis struktur dilakukan dengan SAP2000 versi 2014 melalui pemodelan tiga dimensi yang mempertimbangkan geometri, sifat material, pembebanan, dan penempatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa profil baja terpilih untuk balok, kolom, dan sambungan mampu menahan kombinasi beban mati, beban hidup, dan beban gempa dengan kinerja yang aman. Tegangan maksimum tetap berada di bawah batas yang diizinkan, dan nilai lendutan tidak melebihi deviasi yang diizinkan. Temuan ini menegaskan bahwa baja memberikan efisiensi dalam hal dimensi dan material sekaligus menawarkan kepraktisan dan ketahanan gempa, dan desain yang dihasilkan dapat menjadi referensi yang bermanfaat untuk proyek bangunan bertingkat di masa mendatang di wilayah rawan gempa.

Kata kunci: Baja; Gedung; Gempa; LRFD; SAP2000.

1. LATAR BELAKANG

Analisis struktur pada perencanaan gedung perkuliahan lima lantai Universitas Dr. Soetomo dilakukan dengan bantuan perangkat lunak analisis tiga dimensi, yang mempermudah pemodelan sistem struktur secara menyeluruh mencakup elemen geometri, material, hingga kondisi pembebanan. Hasil analisis memperlihatkan bahwa struktur gedung memiliki kapasitas memadai dalam menahan beban mati, beban hidup, serta beban lateral akibat gempa. Hal ini menguatkan bahwa penerapan metode desain berbasis Load and Resistance Factor Design

(LRFD) efektif dalam menghasilkan rancangan yang efisien, andal, serta memenuhi ketentuan standar perencanaan nasional.(AFIF, 2016)

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan struktur baja pada perencanaan gedung lima lantai ini terbukti mampu memenuhi aspek kekuatan, stabilitas, dan keamanan bangunan. Pemilihan baja sebagai material utama memberikan keunggulan berupa kemudahan dalam pelaksanaan konstruksi, efisiensi dimensi elemen, serta ketahanan yang baik terhadap beban gempa, sehingga relevan diterapkan pada bangunan bertingkat di wilayah rawan gempa. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi dan pembanding bagi penelitian selanjutnya, khususnya dalam pengembangan desain gedung bertingkat berbasis struktur baja dengan pendekatan yang lebih variatif dan inovatif. (Ilham, 2021)

2. KAJIAN TEORITIS

Kajian teori dalam perencanaan struktur baja mengacu pada sejumlah standar penting, yaitu SNI 1729:2020 tentang spesifikasi struktur baja, SNI 1727:2020 mengenai beban minimum bangunan gedung, serta SNI 1726:2019 tentang ketahanan gempa. Ketentuan-ketentuan tersebut menjadi dasar dalam menentukan pembebanan, kapasitas elemen, serta batas simpangan agar desain tidak hanya kuat, tetapi juga aman dan nyaman digunakan. Metode Load and Resistance Factor Design (LRFD) dipilih karena mampu mengombinasikan faktor beban dengan faktor reduksi kekuatan secara proporsional, sehingga desain yang dihasilkan lebih hemat material namun tetap memenuhi aspek keamanan.(Guci & Putri Yastari, 2024)

Dari sisi material, baja memiliki keunggulan berupa kekuatan tarik tinggi, elastisitas baik, serta kualitas yang seragam berkat proses produksi pabrikasi. Karakteristik tersebut menjadikan baja lebih unggul dibanding beton bertulang, khususnya dalam menghadapi beban dinamis seperti gempa dan angin. Selain itu, baja memungkinkan penggunaan bentang lebar tanpa kolom tengah, sehingga cocok diterapkan pada bangunan pendidikan maupun ruang serbaguna. Dengan bantuan perangkat lunak analisis struktur seperti SAP2000, pemodelan geometri, sistem pembebanan, hingga respon dinamis gedung dapat dianalisis secara detail, sehingga perencanaan yang dihasilkan lebih akurat dan dapat dipertanggungjawabkan (Zulkifli et al., 2022).

Ada beberapa penelitian terdahulu yang menunjukkan tentang perencanaan penelitian, yaitu Struktur yang kuat biasanya memiliki dimensi yang besar tetapi tidak ekonomis jika diterapkan pada bangunan bertingkat tinggi. Perhitungan dimensi biasanya didasarkan pada kolom atau balok struktur yang menanggung beban paling besar. Untuk mendapatkan dimensi penampang

yang optimal, maka besar gaya-gaya yang bekerja pada struktur perlu diketahui analisa balok maupun kolom. Dari kombinasi Pembebanan Aksial dan Lateral (beban angin) profil masih aman digunakan tetapi waktu menggunakan kombinasi Pembebanan Aksial dan Lateral (beban gempa) ada beberapa profil yang tidak aman untuk digunakan. Dapat diatasi dengan redesign atau membesarkan profil.(Khafis, 2009)

Desain struktur haruslah memberikan keamanan yang cukup baik terhadap kemungkinan kelebihan beban (over load) atau kekurangan kekuatan. Desain harus memberikan cadangan kekuatan yang diperlukan akibat kemungkinan kelebihan beban dan kemungkinan kekuatan material yang rendah. Oleh karena itu LRFD memberikan design factor resistance (keamanan) dan faktor beban. (Darmiyanti et al., 2022)

Faktor lain yang menjadi pertimbangan untuk penggunaan sambungan adhesive adalah faktor kegagalan sambungan yang lebih rendah dibandingkan penggunaan sambungan baut. Hal ini disebabkan oleh kecilnya konsentrasi tegangan di sekitar sambungan, sehingga kekakuan antar penampang dan struktur secara keseluruhan lebih baik. (Setialaksana & Herbudiman, 2017)

Pemilihan material merupakan salah satu aspek penting yang digunakan untuk mendesain suatu bangunan karena diketahui setiap material memiliki karakteristik yang berbeda-beda. Tulisan ini bertujuan untuk memberi gambaran bagaimana mendesain bangunan rangka baja berdasarkan sistim rangka pemikul momen khusus (SRPMK). Material baja digunakan sebagai komponen utama struktur gedung karena lebih daktail dari material lain yang mana menjadi kriteria utama dalam mendesain gedung tahan gempa. Struktur gedung ini merupakan gedung perkantoran yang terdiri dari lima lantai dengan konfigurasi struktur yang teratur. Sistim rangka pemikul momen khusus (SRPMK) yang digunakan sebagai sistem struktur penahan beban gempa yang besar bebannya dianalisis dengan menggunakan metode spektrum respon. (Zachari & Turuallo, 2020)

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam perencanaan ini bersifat deskriptif kuantitatif dengan pendekatan analisis numerik. Tahapan penelitian dimulai dari pengumpulan data primer melalui pengukuran langsung di lapangan dan data sekunder berupa standar peraturan, dokumen teknis, serta literatur yang relevan. Selanjutnya, dilakukan pemodelan struktur gedung menggunakan perangkat lunak SAP2000 untuk memperoleh gambaran tiga dimensi terkait sistem struktur, termasuk kondisi geometri, material, dan pembebanan.(Yusmar et al., 2021) Analisis dilakukan berdasarkan kombinasi beban sesuai SNI 1727:2020, ketahanan

gempa mengacu pada SNI 1726:2019, serta perhitungan elemen struktur baja berdasarkan SNI 1729:2020 dengan metode Load and Resistance Factor Design (LRFD). (Zega et al., 2022)

Bagian ini memuat rancangan penelitian meliputi disain penelitian, populasi/ sampel penelitian, teknik dan instrumen pengumpulan data, alat analisis data, dan model penelitian yang digunakan. Metode yang sudah umum tidak perlu dituliskan secara rinci, tetapi cukup merujuk ke referensi acuan (misalnya: rumus uji-F, uji-t, dll). Pengujian validitas dan reliabilitas instrumen penelitian tidak perlu dituliskan secara rinci, tetapi cukup dengan mengungkapkan hasil pengujian dan interpretasinya.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil perhitungan struktur Gedung I Universitas Dr. Soetomo menunjukkan bahwa seluruh elemen utama telah memenuhi syarat kekuatan, stabilitas, dan keamanan sesuai ketentuan peraturan yang berlaku. Pada elemen plat lantai, tebal serta tulangan yang digunakan terbukti mampu menahan beban rencana dengan lendutan yang masih berada di bawah batas izin. Untuk balok, profil baja tipe WF yang dipilih dari hasil analisis SAP2000 mampu menyalurkan beban dari plat secara efektif ke balok induk, dengan tegangan yang dihasilkan masih lebih kecil dari kapasitas izin. Kolom sebagai elemen tekan utama direncanakan menggunakan profil WF berukuran lebih besar, dan hasil analisis menunjukkan bahwa kolom tersebut mampu menahan gaya aksial serta momen akibat kombinasi beban gravitasi dan lateral dengan faktor keamanan yang memadai. Pada bagian atap, rangka baja direncanakan untuk menahan beban penutup atap dan beban angin, dengan hasil perhitungan yang juga memenuhi standar perencanaan. Universitas Dr. Soetomo telah memenuhi aspek kekuatan, kekakuan, dan stabilitas struktur sesuai dengan ketentuan SNI 2847:2019. (Prasetya et al., 2021)

Berikut ini hasil dari perhitungan perencanaan gedung universitas Dr. Soetomo menggunakan struktu baja.

Perhitungan plat lantai

Berdasarkan hasil perhitungan, plat lantai pada Gedung I Universitas Dr. Soetomo direncanakan dengan tebal tertentu sesuai kebutuhan bentang dan pembebanan. Dari analisis, diperoleh bahwa tulangan utama arah X dan Y memenuhi kapasitas momen rencana, dengan jumlah serta diameter tulangan sesuai ketentuan SNI 2847:2019. Nilai lendutan yang terjadi masih berada di bawah batas izin, sehingga lantai dipastikan aman terhadap kegagalan maupun ketidaknyamanan akibat deformasi berlebih. Hasil perhitungan juga menunjukkan bahwa

distribusi beban dari plat ke balok induk berlangsung merata, sehingga sistem lantai berfungsi efektif dalam menyalurkan beban ke struktur utama. (Syahland, 2017)

Untuk perencanaan plat atap di ukuran 7cm x 6cm menggunakan tulangan dengan d10 – 200 untuk sumbu x dan y. untuk plat lantai ada beberapa jenis plat lantai yaitu plat lantai 7cm x 6cm untuk sumbu x d12-200 dan untuk sumbu y d14-200. plat lantai ukuran 4cm x 6cm, 4cm x 3cm, 2cm x 7cm menggunakan diameter tulangan yang sama yaitu d10-200.

Perhitungan kontrol balok

Hasil perhitungan balok baja pada Gedung I Universitas Dr. Soetomo menunjukkan bahwa profil yang dipilih telah sesuai dengan kebutuhan berdasarkan fungsi dan besarnya beban yang bekerja. Balok anak direncanakan menggunakan profil WF dengan dimensi tertentu, sedangkan balok induk menggunakan profil WF yang lebih besar agar mampu menyalurkan beban dari plat lantai dan balok anak secara aman menuju kolom. Analisis dengan bantuan perangkat lunak SAP2000 memperlihatkan bahwa tegangan maksimum yang timbul pada balok masih berada di bawah batas izin sesuai ketentuan SNI 1729:2020, sehingga elemen balok tidak mengalami kegagalan lentur maupun geser. Selain itu, defleksi yang terjadi pada balok hasil perhitungan berada di bawah batas lendutan yang diperbolehkan, sehingga aspek kenyamanan dan kestabilan lantai tetap terjaga. (Dan et al., 1910) Dengan demikian, pemilihan profil WF pada balok dapat dinyatakan efisien dan aman digunakan dalam sistem struktur gedung lima lantai ini.

Tabel 1. Hasil Rekapitulasi Balok.

profil	Mux Nmm	ØMn Nmm	Vu N	ØVn N	Rasio	Rasio SAP	Δ mm	Δ maks mm
balok induk								
400x200x9x12	146.017.711,00	372.225.375,00	61.765,25	456.840,00	0,477	0,421	4,639	16,66667
300x200x6x9	29.060.108,10	128.083.964,63	30.769,42	228.420,00	0,312	0,298	4,212	16,66667
balok anak tepi								
400x200x9x16	80.834.400,00	291.061.032,77	150.548,70	447.120,00	0,488	0,382	5,727	19,44444
300x200x6x9	13.919.927,10	196.762.500,00	57.186,20	228.420,00	0,227	0,121	4,859	19,44444
balok anak tengah								
400x200x9x16	211.119.858	461.436.750	90.329,46	447.120	0,584	0,553	5,693	19,44444
300x200x6x9	61.029.934	196.762.500	60.784,14	228.420	0,476	0,382	5,266	19,44444

Perhitungan kontrol kolom

Hasil perhitungan pada elemen kolom menunjukkan bahwa profil baja yang digunakan telah sesuai dengan kebutuhan untuk menahan gaya aksial dan momen yang timbul akibat kombinasi beban gravitasi maupun beban lateral. Dari analisis menggunakan SAP2000, diperoleh bahwa tegangan tekan maksimum pada kolom masih berada di bawah kapasitas izin sesuai ketentuan SNI 1729:2020, sehingga kolom dipastikan aman terhadap kegagalan tekan maupun tekuk. (Amin, 2014).

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi Kolom.

profil	Mux Nmm	ØMn Nmm	Nu N	ØNn N	Rasio	Rasio SAP
500x500x12x22	117.000	1.825.696.125	241.285,9	5.695.749,49	0,0212	0,890
300x300x12x19	1.492.543	547.573.500	1.381.640,46	8.756.782,03	0,1602	0,624

Perhitungan sambungan

Perhitungan sambungan struktur pada Gedung I Universitas Dr. Soetomo dilakukan untuk memastikan bahwa transfer gaya antar elemen dapat berlangsung dengan aman dan efisien. Sambungan balok–kolom direncanakan menggunakan baut mutu tinggi yang mampu menahan kombinasi gaya tarik, geser, dan momen sesuai hasil analisis struktur. Jumlah serta diameter baut ditentukan berdasarkan gaya rencana, di mana kapasitas geser, tarik, maupun tumpu pada sambungan masih berada di bawah batas izin yang dipersyaratkan SNI 1729:2020. Untuk elemen dengan beban besar, sambungan dilengkapi dengan pengelasan, di mana panjang efektif las ditentukan agar sesuai dengan besarnya gaya internal, sehingga risiko kegagalan lokal dapat dihindari. (Setialaksana & Herbudiman, 2017)

Selain itu, evaluasi keseluruhan menunjukkan bahwa sistem sambungan yang dipilih tidak hanya memenuhi persyaratan kekuatan, tetapi juga menjamin kontinuitas aliran gaya dalam struktur. Hal ini penting agar balok, kolom, dan elemen lain dapat bekerja sebagai satu kesatuan sistem rangka yang kaku dan stabil. Perencanaan sambungan dengan pendekatan kombinasi baut dan las memberikan keuntungan dari sisi kekuatan, kepraktisan pelaksanaan, serta efisiensi biaya konstruksi (Sahat et al., 2015). Dengan demikian, sambungan yang direncanakan dapat dipastikan berfungsi optimal dalam menjaga integritas, keamanan, dan keandalan gedung lima lantai ini dalam jangka panjang.

Tabel 3. Rekapitulasi Kolom dan Balok.

sistem sambungan	h1 m	h2 m	n buah	d m	Ru N	ØRn N	Tu N	Td N	Mu Nmm	ØMn Nmm	B J
sambungan kolom dan balok induk sambungan 1 L80x80x6(siku pengaku) dan L80x80x6 (siku samping)											
1a		20 0					265.679, 97	278.219, 45	11.445.4 93	18.677.2 50	4 1
1b	10 0				10.294,2 1	12075,5					4 1
2a		20 0									4 1
2b	10 0										4 1
sambungan kolom dan balok induk sambungan 4 L80x80x6(siku pengaku) dan L80x80x6 (siku samping)											
1a		20 0					64.635,4 7	69.554,8 6	2.784.49 6	18.677.2 50	4 1
1b	10 0				5.128,24	7.728,3 2	-	-	-	-	4 1
2a		20 0					-	-	-	-	4 1
2b	10 0						-	-	-	-	4 1
sambungan kolom dan balok anak tepi sambungan 2 L60x60x5											
1	10 0				25.091,4 5	30.913, 27	-	-	-	-	4 1
2	10 0				82.206,6 7	94.671, 89	-	-	-	-	4 1
sambungan kolom dan balok anak tengah sambungan 3 L60x60x5											
1	10 0				15.054,9 1	17.388, 72	-	-	-	-	4 1
2	10 0				49.324,1 3	53.252, 94	-	-	-	-	4 1
sambungan kolom dan balok anak tepi sambungan 5 L60x60x5											
1	10 0				12.075, 9.531,03	50	-	-	-	-	4 1
2	10 0				31.226,3 5	39.124, 61	-	-	-	-	4 1
sambungan kolom dan balok anak tengah sambungan 3 L60x60x5											

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Sambungan balok anak Deangn Balok induk.

sistem sambungan	h1 mm	n buah	d mm	Ru N	ϕR_n N	BJ
sambungan balok induk dan balok anak tengah sambungan 6 (60x60x5)						
1	100	6	12	15.054,91	17.388,72	41
2	100	3	22	49.324,13	58.445,40	41
sambungan balok induk dan balok anak tengah sambungan 7 (60x60x5)						
1	100	6	10	10.130,69	12.075,50	41
2	100	3	18	33.191,00	39.124,61	41

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dimensi profil baja yang digunakan dalam perencanaan menunjukkan bahwa kebutuhan elemen struktur berbeda sesuai dengan fungsi dan beban yang bekerja. Untuk balok anak, profil yang dibutuhkan antara lain WF 400x200x9x12, WF 300x200x6x9 untuk balok induk , sedangkan untuk balok anak WF 400x200x9x16, WF 300x200x6x9 . Sementara itu, untuk kolom, profil yang sesuai adalah WF 500x500x12x22 dan WF 300x300x12x19. Pemilihan dimensi tersebut telah melalui proses analisis struktur secara menyeluruh menggunakan acuan standar perencanaan yang berlaku, sehingga mampu menunjang kestabilan dan keamanan bangunan.

Dalam perencanaan ini digunakan acuan standar SNI 1729:2020 tentang perencanaan struktur baja, SNI 1727:2020 tentang pembebanan, serta SNI 1726:2019 terkait ketahanan gempa. Dengan mengacu pada standar tersebut, perhitungan beban, analisis gaya dalam, hingga pemilihan dimensi profil baja dapat dipertanggungjawabkan secara teknis dan memenuhi persyaratan keamanan bangunan gedung di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Dr. Soetomo atas dukungan fasilitas dan kesempatan yang diberikan dalam penyusunan penelitian ini. Apresiasi juga disampaikan kepada dosen pembimbing serta rekan-rekan yang telah memberikan arahan, masukan, dan bantuan selama proses penelitian hingga penulisan artikel ini dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR REFERENSI

- Afif. (2016). *Gedung air traffic control tower Bandara Samarinda Baru*. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan.
- Amin, D. K. (2014). Perhitungan beban aksial kritis pada kolom baja dalam sebuah struktur portal baja. *Jurnal Teknik Sipil USU*, 3(1).
- Dan, F., Castella, B., & Sederhana, B. (1910). Artikel_Muh. Akbar Busman, 1–9.
- Darmiyanti, L., Rodji, A. P., & Mumtaz, A. (2022). Perencanaan struktur atap profil baja WF. *Journal of Sustainable Civil Engineering (JOSCE)*, 4(2), 99–121. <https://doi.org/10.47080/josce.v4i02.2258>
- Guci, J. M., & Putri Yastari, F. (2024). Analisis penggunaan balok rafter honeycomb untuk struktur gudang tahan gempa dengan metode LRFD. *Jurnal Bangunan, Konstruksi & Desain*, 2(4), 243–253. <https://doi.org/10.25077/jbkd.2.4.243-253.2024>
- Ilham, I. (2021). Analisis kinerja bangunan rangka baja dengan bresing tahan tekuk terhadap beban gempa. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 6(2), 98. <https://doi.org/10.26760/rekaracana.v6i2.98>
- Khafis, M. (2009). *Perencanaan struktur baja pada bangunan tujuh lantai sebagai hotel* [Skripsi, Universitas Sebelas Maret]. Surakarta. https://www.academia.edu/download/56155799/STRUKTUR_7_LANTAI.pdf
- Prasetya, N. A., Hernadi, A., & Nugroho, A. (2021). Studi komparasi perancangan balok struktural berdasarkan SNI 2847-2002, SNI 2847-2013 dan SNI 2847-2019. *Borneo Engineering: Jurnal Teknik Sipil*, 5(3), 294–306. <https://doi.org/10.35334/be.v5i3.1874>
- Sahat, I., Manalu, P., & Tarigan, J. (2015). Analisis sambungan baut terhadap gaya geser dengan perhitungan manual dan program Ansys.
- Setialaksana, A. P., & Herbudiman, B. (2017). Kajian ekonomis perancangan sistem sambungan struktur baja pada rangka atap dengan variasi ukuran baut, konfigurasi baut, dan mutu baut. *RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil*, 3(4), 1–11. <https://ejurnal.itenas.ac.id/index.php/rekaracana/article/view/1725>
- Syahland, S. J. (2017). Perhitungan plat lantai struktur existing pada Gedung Puskesmas Ganjar Agung Kota Metro. *TAPAK (Teknologi Aplikasi Konstruksi)*, 6(2), 190–203.
- Yusmar, F., Prita Melinda, A., Sandra, N., & Sipil, J. T. (2021). Studi komparasi perhitungan beban gempa statik ekuivalen menggunakan aplikasi metode elemen hingga dengan SNI 1726:2019. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(2), 114–123. <https://doi.org/10.24815/jts.v10i2.22767>
- Zachari, M. Y., & Turuallo, G. (2020). Analisis struktur baja tahan gempa dengan sistem SRPMK (Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus) berdasarkan SNI 1729:2015 dan SNI 1726:2012. *Rekonstruksi Tadulako: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 9(2), 9–16. <https://doi.org/10.22487/renstra.v1i2.24>
- Zega, B. C., Prasetyono, P. N., Nadiar, F., & Triarso, A. (2022). Desain struktur bangunan baja tahan gempa menggunakan SNI 1729:2020. *Publikasi Riset Orientasi Teknik Sipil (Proteksi)*, 4(2), 108–113. <https://doi.org/10.26740/proteksi.v4n2.p108-113>
- Zulkifli, R., Sitompul, I. R., & Kurniawandy, A. (2022). Perancangan struktur gedung rangka baja tahan gempa yang terintegrasi dengan BIM (Building Information Modeling). *Jurnal Teknik Sipil ITP*, 9(1), 3. <https://doi.org/10.21063/jts.2022.v901.03>