

Perencanaan dan Analisis Struktur Rangka Baja pada Gedung 3 Lantai Menggunakan SAP2000

¹Fatimah Insani Harahap, ²Titi Hayati, ³Nurul Atikah

^{1,2,3}Universitas Sumatera Utara; Jalan Dr. T. Mansyur No. 9, Padang Bulan, Medan Baru, Kota Medan, Sumatera Utara, Indonesia. Nomor telepon/fax USU adalah (061) 8211633
e-mail: ¹fatimahinsani@usu.ac.id, ²titihayati@usu.ac.id, ³nurulatikah@usu.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan dan menganalisis struktur rangka baja pada sebuah gedung bertingkat tiga dengan menggunakan perangkat lunak SAP2000 sebagai alat bantu pemodelan dan perhitungan struktur. Struktur dirancang berdasarkan standar nasional Indonesia, yaitu SNI 1726:2019 untuk beban gempa, SNI 1727:2020 untuk pembebanan umum, dan SNI 1729:2020 untuk struktur baja. Analisis struktur dilakukan untuk mengevaluasi kekuatan, stabilitas, dan deformasi akibat beban mati, beban hidup, serta beban gempa. Gedung dimodelkan sebagai sistem rangka pemikul momen (SRPM) dengan asumsi perletakan jepit di bagian bawah kolom. Hasil analisis menunjukkan bahwa dimensi profil baja yang digunakan mampu memenuhi syarat kekuatan dan batas lendutan yang ditetapkan oleh standar. Selain itu, gaya dalam dan perpindahan antar lantai masih berada dalam batas yang diizinkan. Hasil ini mengindikasikan bahwa struktur baja dengan konfigurasi dan dimensi yang direncanakan layak digunakan sebagai sistem struktur utama untuk gedung 3 lantai. Studi ini diharapkan dapat menjadi referensi dalam perencanaan struktur baja bertingkat di wilayah dengan risiko seismik sedang hingga tinggi.

Kata Kunci : Analisis Gempa, Perencanaan Struktur, Struktur Baja.

Abstract

This study aims to design and analyze the structural steel frame of a three-story building using SAP2000 as the primary modeling and analysis tool. The structural design follows Indonesian national standards, including SNI 1726:2019 for seismic loading, SNI 1727:2020 for general loading, and SNI 1729:2020 for steel structures. The analysis evaluates the strength, stability, and deformation of the structure under dead loads, live loads, and seismic loads. The building is modeled as a moment-resisting frame system with fixed supports at the column bases. The results indicate that the selected steel profiles meet the required strength and serviceability criteria, with internal forces and inter-story drifts remaining within acceptable limits. This confirms the structural feasibility of the proposed steel frame configuration for a mid-rise building. The findings are expected to serve as a useful reference for the design of steel structures in regions with moderate to high seismic risk.

Keywords : Seismic Analysis, Steel Structure, Structural Design.

PENDAHULUAN

Struktur baja merupakan salah satu sistem konstruksi yang semakin banyak digunakan dalam pembangunan gedung bertingkat di Indonesia, karena memiliki keunggulan dalam kekuatan, fleksibilitas, dan kemudahan dalam pemasangan (Subakti & Handoko, 2020). Baja sebagai material struktur mampu menahan beban tinggi dengan dimensi yang relatif kecil, sehingga efisien secara ruang dan biaya, terutama untuk bangunan bertingkat sedang hingga tinggi (Suharyanto et al., 2021).

Dalam merancang struktur baja untuk bangunan bertingkat, salah satu aspek yang paling krusial adalah kemampuan struktur dalam menghadapi gaya lateral akibat gempa, terutama di wilayah dengan aktivitas seismik tinggi seperti Indonesia (Putra & Anwar, 2022). Oleh karena itu, sistem rangka pemikul momen (SRPM) sering digunakan karena kemampuannya dalam menahan gaya lateral melalui sambungan kaku antar elemen (Teguh & Prasetyo, 2019).

Pemanfaatan perangkat lunak analisis seperti SAP2000 sangat penting dalam mendukung proses perencanaan struktur modern. SAP2000 memungkinkan pemodelan struktur tiga dimensi dengan akurasi tinggi dan dilengkapi fitur analisis statik dan dinamik sesuai dengan berbagai standar internasional dan nasional, termasuk SNI (Prmono & Widodo, 2020). Dengan bantuan SAP2000, perancang dapat mengevaluasi gaya dalam, lendutan, dan stabilitas struktur secara efisien dan menyeluruh.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis struktur rangka baja pada gedung tiga lantai menggunakan SAP2000, dengan mengacu pada peraturan SNI 1726:2019 untuk pembebanan gempa, SNI 1727:2020 untuk beban minimum, dan SNI 1729:2020 untuk struktur baja. Melalui penelitian ini, diharapkan diperoleh struktur yang aman secara teknis dan efisien dari segi penggunaan material.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan melalui pendekatan kuantitatif-deskriptif dengan fokus pada analisis struktur rangka baja menggunakan perangkat lunak SAP2000. Metodologi yang digunakan mencakup beberapa tahapan utama, yaitu pengumpulan data, perencanaan struktur, pemodelan struktur dalam SAP2000, analisis struktur, serta evaluasi hasil.

Building Code yang digunakan :

1. SNI 1726-2019 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Struktur Bangunan Gedung”
2. SNI 1727-2020/ ASCE 7-16 “Beban Desain Minimum untuk Bangunan Gedung”
3. SNI 1729-2020/ AISC 360-16 “Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural”
4. SAP2000 V22.0.0 Ultimate, digunakan dalam melakukan analisis dan desain struktur bangunan.
5. Microsoft Excel, digunakan dalam proses kalkulasi.
6. Microsoft Word, digunakan dalam penyusunan laporan.

Data Teknis Perencanaan :

Material utama yang digunakan dalam pemodelan struktur atas pada bangunan Gedung 3 Lantai adalah baja struktural dengan mutu Grade 50. Dengan karakteristik sebagai berikut:

- Modulus Elastisitas (E): 20.394.324 ton/m²
- Modulus Geser (G): 7.843.971 ton/m²
- Rasio Poisson (ν): 0,3
- Berat jenis: 7,85 ton/m³
- Tegangan leleh minimum (Fy): 42.828,08 kN/m² (setara \pm 428 MPa)
- Tegangan tarik minimum (Fu): 53.535,1 kN/m² (setara \pm 535 MPa)
- Tegangan leleh rencana (Fye): 47.110,89 kN/m²
- Tegangan tarik rencana (Fue): 58.888,61 kN/m²

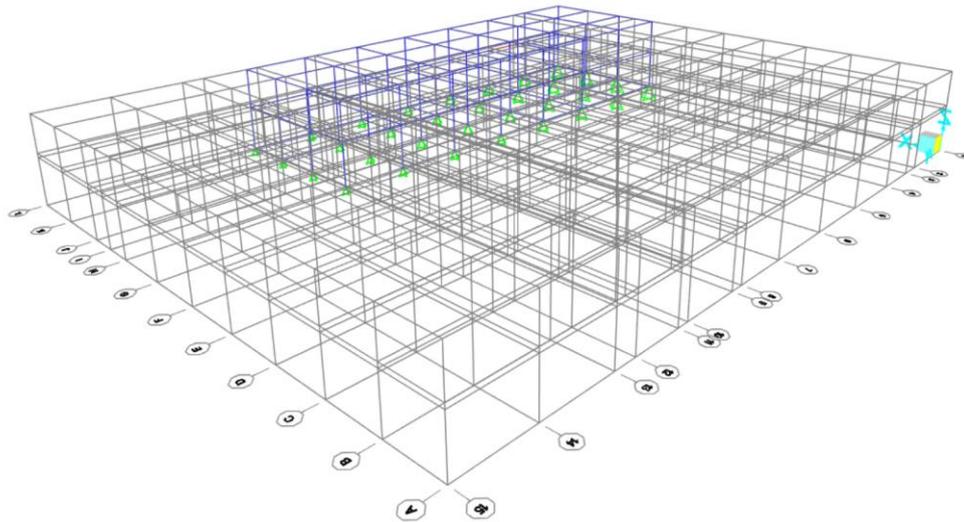
Grid Data

Sebelum mulai memodelkan elemen-elemen struktur seperti balok dan kolom, langkah pertama yang dilakukan adalah menyusun sistem grid sebagai acuan tata letak struktur. Grid ini mempermudah penempatan elemen dan menjaga agar jarak antar titik struktur sesuai dengan dimensi bangunan sebenarnya.

Dalam model struktur Gedung 3 Lantai, grid dibagi ke dalam tiga arah utama:

- Arah X: memanjang dari grid G sampai L dengan total panjang 46 meter,
- Arah Y: membujur dari grid 1 sampai 7 sepanjang 30 meter,
- Arah Z: menunjukkan elevasi, dari dasar (Z1) sampai titik tertinggi (Z4) di ketinggian 7,45 meter.

Grid ini dibuat langsung di SAP2000 versi 22 dengan mengatur posisi ordinat masing-masing garis. Data lengkap posisi grid bisa dilihat pada tabel berikut:



Gambar 1. 3D View Grid

Frame Properties

Pada proses pemodelan struktur menggunakan SAP2000 versi 22, setiap elemen struktur seperti balok, kolom, dan sloof didefinisikan berdasarkan properti penampang yang telah ditentukan sesuai dimensi dan jenis material yang digunakan. Properti penampang ini mencakup baja profil H, balok baja, serta elemen beton bertulang untuk elemen sloof.

Daftar penampang yang digunakan dalam pemodelan struktur Gedung 3 Lantai dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Frame Properties Baja yang Digunakan

No.	Nama Penampang	Keterangan / Ukuran (mm)
1	BB 300.150.6,5.9	Balok baja 300×150, tebal 6,5/5,9 mm
2	H 200.100.5.5.8	Profil H 200×100, tebal 5,5/8 mm
3	H 200.200.8.12	Profil H 200×200, tebal 8/12 mm
4	H 250.125.6.9	Profil H 250×125, tebal 6/9 mm
5	H 250.250.9.14	Profil H 250×250, tebal 9/14 mm
6	H 300.300.10.15	Profil H 300×300, tebal 10/15 mm
7	H 400.400.13.21	Profil H 400×400, tebal 13/21 mm
8	KOLOM 150.150.7.10	Profil kolom 150×150, tebal 7/10 mm
9	SLOOF 150×300	Beton bertulang 150×300 mm

Load Pattern

Dalam proses pemodelan struktur, beban-beban kerja yang mempengaruhi struktur didefinisikan melalui load pattern yang merepresentasikan jenis-jenis beban yang bekerja pada bangunan. Setiap pola beban memiliki tipe tertentu, pengaruh terhadap berat sendiri struktur, serta pengaturan beban lateral otomatis jika diperlukan.

Tabel berikut menyajikan daftar load pattern yang telah didefinisikan dalam perangkat lunak SAP2000 versi 22 untuk analisis struktur:

Tabel 2. Load Pattern yang Diterapkan

No.	Nama Beban (<i>Load Pattern Name</i>)	Tipe Beban (<i>Type</i>)	<i>Self Weight Multiplier</i>	<i>Auto Lateral Load Pattern</i>
1	<i>DEAD</i>	<i>Dead</i>	1	-
2	<i>LIVE</i>	<i>Live</i>	1	-
3	<i>RAIN</i>	<i>Other</i>	1	-
4	<i>WIND</i>	<i>Wind</i>	0	<i>User Defined</i>
5	<i>Ex</i>	<i>Quake</i>	0	ASCE 7-16
6	<i>Ey</i>	<i>Quake</i>	0	ASCE 7-16

Beban Mati dan Hidup yang Diinput

Pada model struktur Gedung 3 Lantai, beban yang diterapkan pada slab meliputi beban mati (DEAD) dan beban hidup (LIVE), yang diinputkan dengan nilai beban area sebesar 0,514 ton/m² untuk beban mati dan 0,64 ton/m² untuk beban hidup.

Beban Gempa

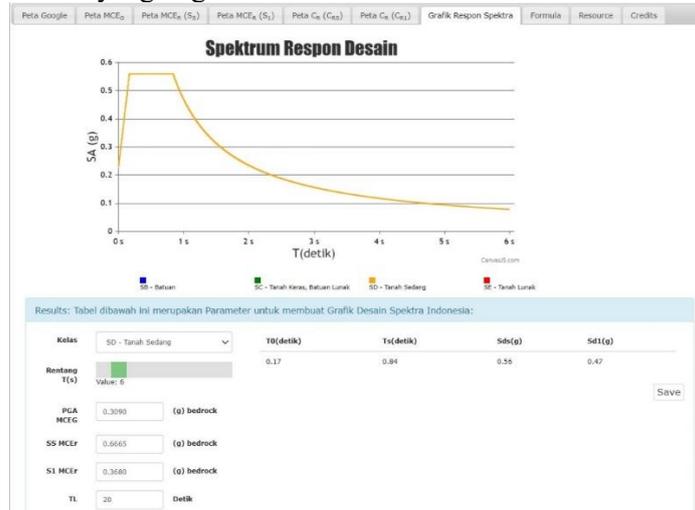
Berdasarkan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Bangunan Gedung dan Non-Gedung, pemilihan kategori risiko gedung ditentukan berdasarkan jenis pemanfaatan dan potensi dampak terhadap keselamatan jiwa manusia saat terjadi kegagalan struktural, khususnya akibat gempa. Dalam hal ini, Gedung 3 Lantai ini termasuk dalam kategori risiko II. Kategori ini diterapkan pada bangunan yang memiliki fungsi penting dan dapat mempengaruhi kehidupan masyarakat apabila terjadi kegagalan struktural, namun tidak memberikan dampak yang sangat besar terhadap keselamatan jiwa manusia secara langsung.

Tabel 3. Kategori risiko bangunan gedung dan nongedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan nongedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/ rumah susun - Pusat perbelanjaan/ mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Pada Gedung 3 Lantai ini termasuk dalam kategori risiko II, faktor keutamaan gempa yang diterapkan adalah 1,0. Hal ini sesuai dengan ketentuan yang tercantum pada SNI 1726:2019, di mana kategori I atau II memiliki faktor keutamaan gempa sebesar 1,0.

Respon Spektrum Desain yang Digunakan



Gambar 2. Respon Spektrum Desain

Sistem Struktur yang Dipilih

Tabel 4. Faktor R, Cd Untuk System Pemikul Gaya Seismik

Sistem pemikul gaya seismik	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih sistem, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur, h_n (m) ^d				
				Kategori desain seismik				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1¼	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringan (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^g	TI ^g	TI ^g

Load Combinations

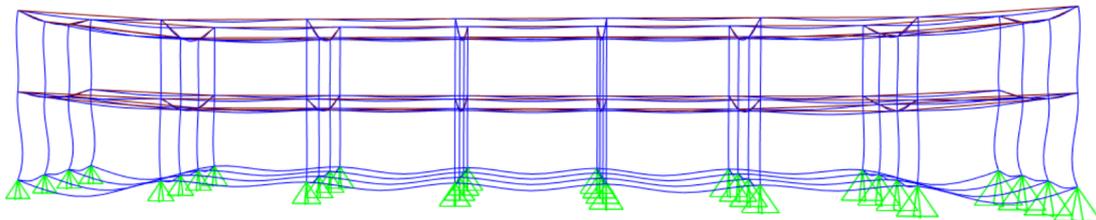
Tabel berikut menampilkan seluruh kombinasi beban yang disusun untuk keperluan analisis struktur. Kombinasi beban yang diberi warna kuning merupakan kombinasi yang benar diterapkan dalam pemodelan dan analisis struktur pada aplikasi SAP2000:

Tabel 5. Kombinasi Pembebanan

Nomor	DL	SIDL	LL	L _r	R	W _x	W _y	E _x	E _y
1	1.1	1.4	1.4						
	2.2	1.2	1.2	1.6	0.5				
6	6.1	1.3126	1.3126	1				1.3	0.39
	6.2	1.3126	1.3126	1				1.3	-0.39
	6.3	1.3126	1.3126	1				-1.3	0.39
	6.4	1.3126	1.3126	1				-1.3	-0.39
	6.5	1.3126	1.3126	1				0.39	1.3
	6.6	1.3126	1.3126	1				-0.39	1.3
	6.7	1.3126	1.3126	1				0.39	-1.3
	6.8	1.3126	1.3126	1				-0.39	-1.3
7	7.1	0.7874	0.7874					1.3	0.39
	7.2	0.7874	0.7874					1.3	-0.39
	7.3	0.7874	0.7874					-1.3	0.39
	7.4	0.7874	0.7874					-1.3	-0.39
	7.5	0.7874	0.7874					0.39	1.3
	7.6	0.7874	0.7874					-0.39	1.3
	7.7	0.7874	0.7874					0.39	-1.3
	7.8	0.7874	0.7874					-0.39	-1.3

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis struktur rangka baja pada gedung 3 lantai menggunakan SAP2000 menunjukkan bahwa sistem struktur mampu menahan beban gravitasi dan beban gempa sesuai ketentuan SNI yang berlaku. Pemodelan menggunakan SAP2000 dilakukan dengan mengacu pada sistem **Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)**, dengan total ketinggian 7,45 meter dan denah bangunan 46 m × 30 m, *deformed shape* pada Gedung 3 Lantai dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 3. *Deformed Shape* Gedung 3 Lantai

1. Gaya Dalam dan Pemilihan Profil

- Gaya aksial maksimum pada kolom lantai dasar mencapai 0.543 Tonf, sedangkan momen lentur maksimum pada balok lantai dua sebesar -1,075 Tonf.
- Pemilihan profil menggunakan baja wide flange (WF), seperti WF 250×125×6×9 untuk kolom dan WF 200×100×5.5×8 untuk balok, memberikan rasio unity check < 1, yaitu antara 0.65 – 0.90, yang menunjukkan bahwa profil memenuhi kekuatan desain sesuai SNI 1729:2020.

2. Defleksi dan Simpangan Antar Lantai

- Defleksi vertikal maksimum yang terjadi pada balok lantai dua adalah 0,034 mm, masih di bawah batas izin defleksi layanan ($L/240 = 25$ mm).
- Simpangan antar lantai maksimum akibat beban gempa lateral adalah 0,021 mm, atau sekitar 0,05% dari tinggi lantai, lebih kecil dari batas yang ditentukan SNI 1726:2019, yaitu 2% dari tinggi antar lantai.

3. Reaksi Perletakan dan Stabilitas Global

- Reaksi maksimum pada perletakan kolom pusat sebesar 78,3 Tonf, yang menunjukkan bahwa pondasi harus dirancang untuk menahan beban aksial dan momen secara bersamaan.
- Tidak terjadi instabilitas pada struktur, dan tidak ada elemen yang mengalami overstress berdasarkan analisis statik linier.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dengan SAP2000, dapat disimpulkan bahwa:

1. Struktur rangka baja gedung 3 lantai yang dirancang mampu menahan beban mati, beban hidup, dan beban gempa sesuai standar SNI, dengan deformasi dan gaya dalam yang masih dalam batas aman.
2. Profil baja yang digunakan cukup kuat dan efisien dalam menahan gaya aksial, geser, dan momen lentur yang muncul, baik pada sloof, kolom, maupun balok.
3. Reaksi gaya pada perletakan kolom memperlihatkan kebutuhan desain pondasi yang sesuai untuk menampung gaya aksial dan momen yang cukup besar.
4. SAP2000 efektif dalam melakukan analisis dan memberikan gambaran lengkap mengenai perilaku struktur sehingga memudahkan evaluasi keamanan dan efisiensi desain.
5. Secara keseluruhan, struktur ini layak secara teknis dan ekonomis untuk diterapkan sebagai gedung bertingkat tiga di wilayah dengan potensi gempa sedang hingga tinggi. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan struktur baja dengan perencanaan yang tepat dapat menjadi solusi efisien untuk bangunan bertingkat menengah di wilayah rawan gempa.

SARAN

Sebagai tindak lanjut dari penelitian ini, disarankan untuk melakukan optimasi pemilihan profil baja agar penggunaan material dapat lebih efisien tanpa mengurangi faktor keamanan struktur. Selain itu, analisis dinamik nonlinier atau metode time-history perlu dipertimbangkan untuk memperoleh hasil yang lebih akurat, khususnya dalam menilai respons struktur terhadap beban gempa. Penting juga untuk melakukan evaluasi mendalam terhadap sambungan antar elemen rangka baja, karena sambungan merupakan titik kritis yang sangat memengaruhi performa keseluruhan struktur, terutama saat mengalami beban dinamik. Selanjutnya, pengaruh beban non-struktural seperti peralatan mekanikal, elektrik, serta finishing bangunan harus diperhitungkan dalam analisis untuk menciptakan model yang lebih realistis dan mengurangi potensi risiko deformasi berlebih. Terakhir, pemantauan kondisi struktur secara berkala selama tahap konstruksi dan masa penggunaan sangat dianjurkan guna memastikan struktur berperilaku sesuai dengan desain serta untuk mendeteksi dini kemungkinan kerusakan atau penurunan performa struktur.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Subakti, B., & Handoko, T. (2020). *Perbandingan Struktur Baja dan Beton pada Gedung Bertingkat*. Jurnal Rekayasa Sipil, 14(2), 100–108.
- [2] Suharyanto, A., Yulianto, B., & Sari, D. (2021). *Efisiensi Struktur Baja dalam Bangunan Bertingkat Menengah*. Jurnal Teknik Bangunan, 9(1), 45–53.
- [3] Putra, R. A., & Anwar, L. (2022). *Evaluasi Respon Struktur Gedung Baja terhadap Gaya Gempa Berdasarkan SNI 1726:2019*. Jurnal Keteknik Sipil, 11(3), 67–75.
- [4] Teguh, I., & Prasetyo, H. (2019). *Studi Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus pada Bangunan 3 Lantai di Daerah Seismik*. Jurnal Struktur dan Konstruksi, 7(2), 88–96.
- [5] Pramono, R., & Widodo, A. (2020). *Analisis Struktur Menggunakan SAP2000 untuk*

- Bangunan Bertingkat Baja*. Jurnal Teknologi Sipil dan Perencanaan, 6(4), 123–130.
- [6] Teguh, I., & Prasetyo, H. (2019). *Studi Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus pada Bangunan 3 Lantai di Daerah Seismik*. Jurnal Struktur dan Konstruksi, 7(2), 88–96.
- [7] Badan Standardisasi Nasional. (2019–2020). *SNI 1726:2019*
- [8] Badan Standardisasi Nasional. *SNI 1727:2020, SNI 1729:2020*.