

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG RAWAT INAP RUMAH SAKIT UMUM DAERAH KOTA BUKITTINGGI

Rian Satria¹

Universitas Bung Hatta
emailrian@gmail.com¹

Rini Mulyani²

Universitas Bung Hatta
rinimulyani@bungghatta.ac.id²

ABSTRAK

Perencanaan struktur bangunan merupakan tahapan krusial dalam menjamin keamanan dan kenyamanan suatu konstruksi, khususnya pada bangunan dengan tingkat risiko tinggi seperti rumah sakit. Penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk merencanakan struktur atas dan bawah gedung rawat inap 6 lantai Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bukittinggi yang berada di wilayah rawan gempa. Metode yang digunakan meliputi studi literatur, analisis perhitungan manual, dan pemodelan menggunakan perangkat lunak struktur. Elemen struktur yang dirancang mencakup pelat lantai, balok, kolom, dan pondasi bore pile. Perencanaan dilakukan berdasarkan standar nasional yang berlaku, yaitu SNI 2847:2019 untuk beton bertulang, SNI 1726:2019 untuk ketahanan gempa, dan SNI 1727:2020 untuk pembebanan gedung. Hasil perencanaan menunjukkan bahwa dimensi elemen struktur dan penulangan telah memenuhi kriteria kekuatan, kekakuan, serta stabilitas struktur terhadap beban gravitasi dan beban gempa, sehingga bangunan diharapkan mampu berfungsi dengan baik pascagempa. Penelitian ini memberikan acuan dalam merancang bangunan bertingkat menengah di daerah seismik tinggi dengan mengedepankan keselamatan dan ketahanan struktur.

Kata kunci: perencanaan struktur, rumah sakit, beton bertulang, gempa, SRPMK, SNI 2847:2019, pondasi bore pile.

ABSTRACT

Structural planning is a critical phase in ensuring the safety and functionality of a construction project, especially for high-risk facilities such as hospitals. This final project aims to design the upper and lower structural systems of a 6-story inpatient building at the Regional General Hospital of Bukittinggi City, which located in a seismic-prone area. The methodology includes literature studies, manual calculations, and structural modeling using structural analysis software. Structural elements designed consist of floor slabs, beams, columns, and bored pile foundations. The design follows Indonesian National Standards (SNI), including SNI 2847:2019 for reinforced concrete, SNI 1726:2019 for earthquake resistance, and SNI 1727:2020 for structural loading. The results indicate that the

structural elements meet the required strength, stiffness, and stability criteria for both vertical and seismic loads. Consequently, the building is expected to remain functional after a seismic event. This study provides a practical reference for designing mid-rise buildings in high seismic zones with a focus on safety and structural resilience.

Keywords: *Structural Design, Hospital Building, Reinforced Concrete, Earthquake, SRPMK, SNI 2847:2019, Bored Pile Foundation*

PENDAHULUAN

Perencanaan struktur merupakan tahap awal yang sangat penting dalam proses konstruksi bangunan. Menurut Nasution (2011), perencanaan yang matang tidak hanya menjamin efisiensi pelaksanaan di lapangan, tetapi juga berkontribusi terhadap penghematan biaya, waktu, dan tenaga. Dalam konteks bangunan bertingkat, perencanaan struktur harus mempertimbangkan aspek keamanan, kenyamanan, dan kemampuan bangunan dalam menghadapi beban-beban kerja selama masa layanannya.

Rumah sakit sebagai fasilitas pelayanan publik yang vital dikategorikan sebagai bangunan dengan tingkat risiko tinggi (kategori risiko IV) sebagaimana dijelaskan dalam SNI 1726:2019. Oleh karena itu, bangunan rumah sakit harus mampu tetap berfungsi setelah terjadi bencana, terutama gempa bumi. Hal ini sangat penting mengingat lokasi Kota Bukittinggi berada pada zona subduksi aktif antara lempeng Indo-Australia dan Eurasia, yang menjadikannya salah satu daerah dengan aktivitas seismik tinggi di Indonesia (Widiyantoro et al., 2020). Dengan kondisi tersebut, perencanaan struktur rumah sakit di wilayah ini harus dilakukan dengan cermat agar dapat menahan beban gravitasi maupun beban gempa secara optimal.

Bangunan tahan gempa memerlukan sistem struktur yang dirancang secara khusus agar mampu menahan gaya lateral akibat gempa. Salah satu sistem yang direkomendasikan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK), yang memiliki kinerja seismik tinggi dan diatur secara rinci dalam SNI 2847:2019. Sistem ini mengharuskan perencanaan balok, kolom, hubungan balok-kolom, serta penulangan sesuai ketentuan untuk menjamin daktilitas dan ketahanan struktur (Taranath, 2010). Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini difokuskan pada perencanaan struktur beton bertulang gedung rawat inap Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bukittinggi dengan memperhatikan kombinasi beban mati, beban hidup, dan beban gempa sesuai standar yang berlaku.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana merencanakan dimensi dan detail elemen struktur gedung rawat inap RSUD Kota Bukittinggi sesuai dengan SNI 2847:2019, SNI 1726:2019, dan SNI 1727:2020, serta bagaimana memastikan struktur gedung mampu memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, dan ketahanan terhadap gempa yang berpotensi terjadi di wilayah Sumatera Barat. Dengan adanya perencanaan ini, diharapkan struktur gedung rawat inap enam lantai RSUD Kota Bukittinggi dapat dirancang secara aman, efisien, dan sesuai standar, sehingga mampu mendukung keberlanjutan pelayanan kesehatan masyarakat meskipun berada di daerah rawan gempa.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung ini adalah studi literatur dan analisis numerik, yang menggabungkan pendekatan teoritis dan praktis. Menurut Sugiyono (2016), metode rekayasa teknik merupakan bagian dari penelitian terapan yang bertujuan menghasilkan desain atau produk teknis berdasarkan prinsip-prinsip ilmiah yang telah ada. Dalam penelitian ini, perencanaan struktur dilakukan dengan mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI), yaitu SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung, serta SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya.

Tahapan utama dalam penelitian ini meliputi: (1) pengumpulan data sekunder berupa gambar, data geoteknik, serta parameter desain bangunan, (2) studi literatur mengenai teori struktur beton bertulang dan sistem tahan gempa SRPMK, (3) pemodelan struktur tiga dimensi menggunakan perangkat lunak bantu analisis struktur, serta (4) perencanaan elemen-elemen struktur utama seperti pelat, balok, kolom, dan pondasi.

Model struktur dianalisis terhadap kombinasi beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), dan beban gempa (*earthquake load*) sesuai yang dijelaskan oleh Nilson et al. (2010) dalam konsep dasar perencanaan struktur. Analisis gempa dilakukan menggunakan metode respons spektrum, sebagaimana diatur dalam SNI 1726:2019. Perhitungan struktur atas mempertimbangkan gaya dalam akibat pembebanan lateral dan vertikal, sedangkan struktur bawah (pondasi bore pile) didesain berdasarkan kapasitas daya dukung tanah dari data SPT (*Standard Penetration Test*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pendahuluan

Penekanan diberikan pada dimensi elemen struktur, pembebanan, pemodelan struktur 3D, analisis struktur terhadap beban gempa, serta desain akhir elemen-elemen struktur seperti pelat, balok, kolom, hubungan balok-kolom (HBK), dan pondasi. Perencanaan dilakukan berdasarkan acuan SNI 2847:2019, SNI 1726:2019, dan SNI 1727:2020.

2. Data-data Perencanaan

1. Lokasi Bangunan : Bukittinggi
2. Fungsi Bangunan : Rumah Sakit
3. Bentuk Bangunan
 - a. Jumlah Lantai : 6 Lantai
 - b. Tinggi Lantai : 4,20 m
4. Pondasi Tiang Pancang
5. Mutu Bahan

- a. Mutu Baja Tulangan : BjTS f_y 420 Mpa
- b. Mutu Beton : f_c' 30 Mpa - f_c' 50 Mpa

3. Preliminary Elemen-Elemen Struktur

Perencanaan Dimensi Balok

Balok yang direncanakan untuk bangunan ini terdiri dari balok induk dan balok anak dengan dimensi awal masing-masing sebesar 30×50 cm dan 25×40 cm. Setelah dilakukan perhitungan berdasarkan panjang bentang, beban kerja, serta analisis momen dan gaya geser dari hasil pemodelan struktur, diperoleh hasil dimensi dan penulangan balok sebagai berikut.

Tabel 1. Preliminary Dimensi Awal Elemen Struktur Gedung Rawat Inap RSUD Kota Bukittinggi

Elemen Struktur	Dimensi Awal (mm)	Pertimbangan Desain
Pelat Lantai	$t = 120$	Sesuai SNI 2847:2019 ketebalan minimum pelat
Balok Induk	300×500	Berdasarkan bentang & kekakuan
Balok Anak	250×400	Proporsi terhadap balok induk
Kolom	600×600	Prinsip strong column–weak beam
Pondasi Bore Pile	$\varnothing 600$, $L = 12$ m	Perkiraan daya dukung tanah & beban struktur

Sumber: hasil pengolahan data

Dimensi awal elemen struktur yang ditampilkan pada Tabel diatas ditentukan berdasarkan pedoman umum perencanaan struktur dengan mengacu pada SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perencanaan Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya, serta SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa. Nilai dimensi ini bersifat asumsi awal (preliminary) yang selanjutnya akan dianalisis lebih lanjut untuk memperoleh ukuran akhir sesuai standar kekuatan, kekakuan, dan ketahanan gempa.

Perencanaan Dimensi Pelat Lantai

Pada perencanaan struktur gedung bertingkat, pemilihan sistem pelat lantai sangat menentukan efisiensi dan kinerja struktur. Dalam penelitian ini digunakan pelat dua arah (two way slab), yaitu pelat yang menyalurkan beban ke dua arah utama secara bersamaan. Menurut SNI 2847:2019, pelat dikategorikan sebagai pelat dua arah apabila rasio bentang panjang terhadap bentang pendek lebih kecil dari dua. Kondisi ini umum terjadi pada gedung bertingkat dengan tata ruang simetris dan kolom yang tersusun teratur, seperti pada gedung rawat inap rumah sakit.

Penggunaan pelat dua arah dipilih karena beberapa pertimbangan. Pertama, sistem pelat ini lebih efisien dalam menyalurkan beban hidup dan beban mati ke balok pendukung, sehingga distribusi gaya lebih merata. Kedua, pelat dua arah memiliki lendutan yang relatif lebih kecil dibandingkan pelat satu arah dengan dimensi yang sama, sehingga lebih aman terhadap batasan deformasi. Ketiga, untuk bangunan kategori risiko tinggi seperti rumah sakit, pelat dua arah memberikan kekakuan tambahan pada sistem lantai, sehingga mampu meningkatkan kinerja seismik struktur secara keseluruhan.

Tabel 2. Resume Dimensi Pelat

Pelat	Lantai	Tebal (mm)
Lantai	Lantai 1 s/d	150
	Lantai 6	
Atap	Atap	150

Sumber: hasil pengolahan data

Berdasarkan hasil analisis momen lentur dan distribusi beban, pelat ini dirancang sebagai pelat dua arah dengan tulangan lentur utama berupa Ø13 – 150 mm untuk arah X dan Ø13 – 150 mm untuk arah Y. Selain itu, untuk mengantisipasi retak akibat susut beton, diberikan tulangan susut berupa Ø13 – 450 mm yang dipasang secara merata pada kedua arah pelat.

Perencanaan Dimensi Kolom

Kolom berfungsi sebagai elemen struktur vertikal yang memikul beban aksial dari lantai-lantai di atasnya dan menyalurkannya ke pondasi. Perencanaan dimensi kolom mempertimbangkan kombinasi beban aksial dan momen lentur akibat pembebanan gempa, serta memenuhi prinsip desain *strong column-weak beam* sesuai ketentuan SNI 2847:2019. Perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Resume Pembebanan dan Dimensi Kolom Setiap Lantai

Lantai	Tipe	Pn (kN)	Dimensi Kolom (mm)
1	K	4153,566	650 × 650
2	K	3525,684	650 × 650
3	K	2909,285	600 × 600
4	K	2276,220	600 × 600
5	K	1649,977	550 × 550
6	K	1022,286	550 × 550
Atap	K	383,136	500 × 500

Sumber: hasil pengolahan data

Dimensi kolom pada Tabel diatas menunjukkan bahwa ukuran kolom semakin mengecil dari lantai bawah ke lantai atas. Hal ini disebabkan oleh distribusi beban aksial (Pn) yang semakin berkurang seiring bertambahnya ketinggian bangunan. Pada lantai dasar, kolom menerima kombinasi beban mati, beban hidup, dan beban gempa dari seluruh lantai di atasnya, sehingga membutuhkan dimensi yang

lebih besar untuk menahan gaya tekan yang terjadi. Sebaliknya, pada lantai-lantai atas, beban yang diterima kolom relatif lebih kecil karena hanya menahan beban dari beberapa lantai di atasnya.

Prinsip ini sesuai dengan konsep perencanaan struktur beton bertulang menurut SNI 2847:2019, di mana dimensi kolom harus ditentukan berdasarkan kapasitas tekan dan kekakuan yang dibutuhkan, dengan tetap memperhatikan rasio kelangsingan dan ketentuan strong column–weak beam. Dengan demikian, pengecilan dimensi kolom dari 650×650 mm di lantai 1–2 hingga 500×500 mm pada lantai atap masih memenuhi persyaratan perencanaan, sekaligus menghasilkan desain yang lebih efisien tanpa mengurangi faktor keamanan struktur.

4. Pembebanan

Berikut adalah data pembebanan yang digunakan dalam perencanaan struktur gedung rumah sakit enam lantai di Kota Bukittinggi :

Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati adalah beban tetap yang berasal dari berat sendiri struktur bangunan beserta elemen non-struktural yang terpasang permanen pada gedung. Menurut SNI 1727:2020, beban mati mencakup berat elemen struktural (seperti pelat, balok, kolom, dan dinding) serta komponen arsitektural yang tidak berpindah, misalnya penutup lantai, plesteran, dan atap.

Dalam perencanaan gedung rawat inap RSUD Kota Bukittinggi, beban mati dihitung berdasarkan berat volume material konstruksi yang digunakan. Pelat lantai dengan tebal 150 mm diperhitungkan menggunakan berat jenis beton normal sebesar 24 kN/m^3 , begitu pula balok dan kolom beton bertulang yang dihitung sesuai dimensi perencanaan dengan berat jenis yang sama. Dinding pasangan bata ringan dipertimbangkan dengan ketebalan 100–120 mm dan berat jenis material sekitar $7\text{--}8 \text{ kN/m}^3$. Selain itu, penutup lantai keramik diasumsikan memberikan tambahan beban sebesar $\pm 0,5\text{--}0,75 \text{ kN/m}^2$. Sementara itu, atap beton bertulang dengan tebal 150 mm juga diperhitungkan menggunakan berat jenis beton normal 24 kN/m^3 , sama seperti pelat lantai.

Perhitungan beban mati ini penting dilakukan karena menjadi dasar dalam menentukan kombinasi pembebanan sesuai SNI 1727:2020 dan digunakan dalam analisis struktur untuk mengevaluasi kekuatan serta kekakuan gedung. Dengan memperhitungkan seluruh komponen beban mati secara akurat, maka perencanaan dapat menjamin bahwa struktur mampu menahan berat permanennya sendiri sebelum menerima tambahan beban hidup dan beban gempa.

5. Perencanaan Struktur Atas

Perhitungan Beban Gempa

Struktur atas direncanakan dengan sistem SRPMK mengacu pada SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019. Pemodelan menggunakan ETABS dengan mempertimbangkan kondisi gempa Kota Bukittinggi. Analisis mencakup parameter SDS, SD1, periode struktur, partisipasi massa modal, serta kombinasi pembebanan sesuai SNI 1727:2020 dapat dilihat pada tabel berikut :

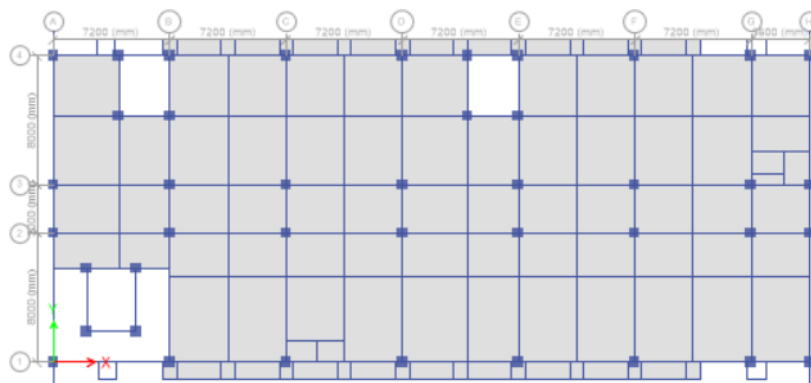
Tabel 4. Kombinasi Pembebanan

No	Kombinasi Pembebanan
1	1,4 D + 1,4 SIDL
2	1,2 D + 1,2 SIDL + 1,6 L
3	1,5242 D + 0,39 Ex + 1,3 Ey
4	0,8758 D + 1,3 Ex – 0,39 Ey
5	2,0754 D – L + 0,39 Ex + 1,3 Ey
6	1,3746 D – L – 0,39 Ex – 1,3 Ey
7	1,5242 D + L + 1,3 Ex + 0,39 Ey
8	0,8758 D + L – 1,3 Ex – 0,39 Ey
9	2,3746 D – L + 1,3 Ex – 0,39 Ey
10	1,0254 D – L – 1,3 Ex + 0,39 Ey
11	1,2242 D + 0,39 Ex – 1,3 Ey
12	0,5758 D – 0,39 Ex + 1,3 Ey
13	2,7246 D – 0,39 Ex – 1,3 Ey
14	1,0746 D + 0,39 Ex + 1,3 Ey
15	1,2242 D + 1,3 Ex + 0,39 Ey
16	0,5758 D – 1,3 Ex – 0,39 Ey
17	2,7246 D – 1,3 Ex – 0,39 Ey
18	1,0746 D + 1,3 Ex + 0,39 Ey
19	0,0946 D – 1,3 Ex – 0,39 Ey
20	0,7254 D + 1,3 Ex + 0,39 Ey

Sumber: hasil pengolahan data

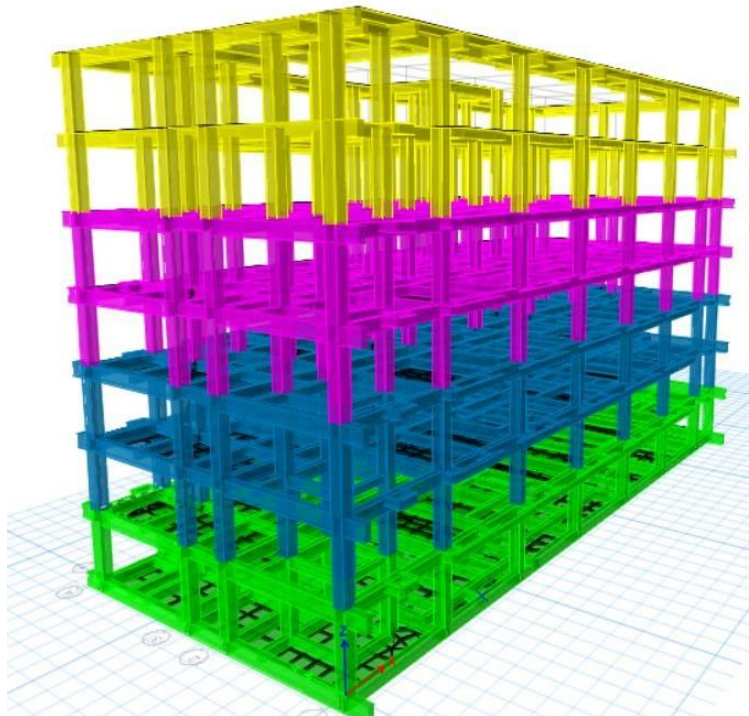
Keterangan :

Dead Load (D) : Berat sendiri struktur
Live Load (L) : Beban hidup struktur
Superimposed Dead Load (SIDL) : Beban mati tambahan
Earthquake x (Ex) : Gaya gempa arah – X
Eartquake y (Ey) : Gaya gempa arah – Y



Gambar 1. Pemodelan Lantai Atap Gedung

Sumber: hasil pengolahan data



Gambar 2. Pemodelan 3 Dimensi Struktur Gedung
 Sumber: hasil pengolahan data

6. Analisa Struktur Atas Rasio Prtisipasi Modal Massa

Perencanaan struktur menggunakan 20 mode getar untuk meningkatkan akurasi analisis, sehingga rasio partisipasi massa modal pada masing-masing arah telah melampaui 90% sesuai persyaratan SNI 1726:2019, sebagaimana ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 5. Rasio Partisipasi Massa

Case	Mode	Period (sec)	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumRZ
Modal	1	1,323	0,7286	0,041	0	0,0216	0,3956	0,0256
Modal	2	1,294	0,0492	0,736	0	0,4273	0,4321	0,0335
Modal	3	1,018	0,0980	0,005	0	0,5253	0,4326	0,7837
Modal	4	0,428	0,0020	0,008	0	0,7262	0,5028	0,7958
Modal	5	0,412	0,0825	0,024	0	0,8130	0,5268	0,7993
Modal	6	0,306	0,0022	0,005	0	0,8139	0,5322	0,7999
Modal	7	0,245	0,0062	0,003	0	0,8666	0,5347	0,8014

Modal	8	0,240	0,0131	0,009	0	0,8676	0,5436	0,8041
Modal	9	0,201	0,0000	0,004	0	0,8676	0,5436	0,8047
Modal	10	0,141	0,0074	0,001	0	0,8676	0,5437	0,8048
Modal	11	0,162	0,0161	0,002	0	0,9137	0,9461	0,9469
Modal	12	0,136	0,0002	0,004	0	0,9148	0,9498	0,9578
Modal	13	0,135	0,0005	0,003	0	0,9346	0,9498	0,9581
Modal	14	0,110	0,0024	0,003	0	0,9466	0,9498	0,9731
Modal	15	0,103	0,0032	0,002	0	0,9698	0,9499	0,9758
Modal	16	0,111	0,0188	0,005	0	0,9767	0,9508	0,9758
Modal	17	0,093	0,0009	0,003	0	0,9787	0,9508	0,9758
Modal	18	0,090	0,0033	0,002	0	0,9889	0,9510	0,9785
Modal	19	0,087	0,0055	0,001	0	0,9912	0,9511	0,9795
Modal	20	0,083	0,0007	0,000	0	0,9919	0,9512	0,9905

Sumber: hasil pengolahan data

Total partisipasi massa modal kumulatif sebesar 91,17% pada tiga mode getar pertama menunjukkan bahwa syarat minimal 90% sesuai SNI 1726:2019 telah terpenuhi. Dengan demikian, respons dinamik struktur yang diperoleh dianggap representatif, sehingga hasil analisis dapat dijadikan dasar yang andal dalam perencanaan dan perancangan gedung.

Pusat Massa dan Pusat Kekakuan Struktur

Pemeriksaan terhadap pusat massa dan pusat kekakuan struktur dilakukan untuk menilai potensi terjadinya torsi akibat ketidakseimbangan distribusi massa dan kekakuan horizontal. Hasil analisis menunjukkan bahwa selisih antara pusat massa dan pusat kekakuan berada dalam batas yang diperbolehkan, sehingga tidak menimbulkan ketidakstabilan torsi yang dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 6. Pusat Massa dan Pusat Kekakuan Struktur

Lantai	XCM (m)	YCM (m)	XCR (m)	YCR (m)	e0x (m)	e0y (m)
Dak	20,7878	9,8882	21,8501	10,4875	1,0623	0,5993
Lantai Dak	23,7666	9,9110	22,3121	10,4519	1,4545	0,5409
Lantai 6	23,6838	10,0252	22,3457	10,4574	1,3381	0,4322
Lantai 5	23,4866	9,9420	22,3380	10,4425	1,1486	0,5008
Lantai 4	23,6915	9,8340	22,2765	10,4145	1,4150	0,5805

Lantai 3	23,7166	9,8553	22,0935	10,3640	1,6231	0,5087
Lantai 2	23,8502	9,8285	21,7945	10,3422	2,0557	0,5137

Sumber: hasil pengolahan data

Keterangan:

XCM, YCM = Koordinat pusat massa struktur pada arah X dan Y.

XCR, YCR = Koordinat pusat rotasi (pusat kekakuan) pada arah X dan Y.

e0x, e0y = Eksentrisitas antara pusat massa dan pusat rotasi arah X dan Y.

Tabel diatas menunjukkan perbedaan antara pusat massa (XCM, YCM) dan pusat rotasi (XCR, YCR) pada tiap lantai yang menghasilkan nilai eksentrisitas (e0x dan e0y). Eksentrisitas ini menimbulkan momen puntir saat bangunan menerima beban gempa. Nilai eksentrisitas terbesar terjadi pada lantai 2 dengan e0x = 2,0557 m, yang menunjukkan adanya ketidakseimbangan distribusi massa dan kekakuan. Sesuai SNI 1726:2019, pengaruh torsi akibat eksentrisitas harus diperhitungkan agar struktur tetap aman terhadap beban gempa.

Periode Struktur

Tabel 7. Hasil Periode Getar Struktur dari Analisis ETABS

Arah Analisis	Periode Getar (detik)
Arah X (T_x)	1,231
Arah Y (T_y)	1,145

Sumber: hasil pengolahan data

Karena periode hasil analisis ETABS melebihi periode fundamental maksimum, maka digunakan periode maksimum yaitu $T_x = 0,863$ detik dan $T_y = 0,863$ detik sebagai acuan perencanaan.

Simpangan Antar Tingkat

Menurut SNI 1726:2019 Pasal 7.8.6, simpangan antar tingkat merupakan selisih simpangan pusat massa antara lantai atas dan bawah pada suatu tingkat. Perhitungan dilakukan untuk setiap tingkat pada dua arah sumbu ortogonal, sebagaimana ditampilkan pada tabel berikut :

Tabel 8. Simpangan Antar Lantai Desain

Lantai	N	Displacement δ_{ex} (mm)	Displacement δ_{ey} (mm)	Elastic Drift δ_{ex} (mm)	Elastic Drift δ_{ey} (mm)	h (m)	Inelastic Drift Δx (mm)	Inelastic Drift Δy (mm)	Drift Limit (mm)	Cek
Dak	8	68,824	68,342	3,96	3,83	420	14,53	14,05	84	O

Ata				3	3	0	1	4		K
p										
Dak	7	64,861	64,509	5,36	6,83	420	23,41	25,04	84	O
				5	1	0	2	7		K
6	6	58,476	57,678	9,45	9,83	420	34,65	36,04	84	O
				2	1	0	7	7		K
5	5	49,024	47,740	12,1	12,1	420	45,02	44,46	84	O
				80	28	0	7	9		K
4	4	36,744	35,719	14,1	13,7	420	52,00	50,31	84	O
				84	23	0	8	8		K
3	3	22,560	21,996	14,2	13,8	420	52,08	50,68	84	O
				08	22	0	4	1		K
2	2	8,358	8,174	8,35	8,17	420	30,64	29,97	84	O
				8	4	0	6	1		K

Sumber: hasil pengolahan data

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa simpangan antar tingkat yang dihasilkan tidak melebihi batas izin, sehingga struktur memenuhi kriteria perpindahan sesuai ketentuan.

Efek P-Delta

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.7, efek ini wajib diperiksa jika struktur memiliki nilai koefisien stabilitas (θ) lebih dari 0,10. Analisis dilakukan untuk mengevaluasi kestabilan struktur terhadap beban lateral dan memastikan struktur tetap aman dari potensi ketidakstabilan sekunder akibat efek tersebut, Berikut tabel perhitungan pengaruh P Delta arah x dan y :

Tabel 9. Perhitungan pengaruh P-Delta arah-X

Lantai	Inelastic	Story	V _x (kN)	h	Koefisien	Batas	Cek
	Drift ΔX	Forces P		(mm)	Stabilitas	θX	
	(mm)	(kN)			θX		
Dak	14,531	3821,22	1912,44	4200	0,0019	0,1	OK
Atap							
Dak	23,412	12703,99	4371,09	4200	0,0044	0,1	OK
6	34,657	26832,07	6908,05	4200	0,0087	0,1	OK
5	45,027	40209,61	8800,74	4200	0,0134	0,1	OK
4	52,008	53435,06	10353,71	4200	0,0175	0,1	OK

3	52,074	66826,98	11562,86	4200	0,0195	0,1	OK
2	30,646	80767,64	12230,19	4200	0,0131	0,1	OK

Sumber: hasil pengolahan data

Tabel menunjukkan hasil pemeriksaan pengaruh P-Delta pada gedung rawat inap RSUD Kota Bukittinggi dengan parameter Inelastic Drift (ΔX), gaya aksial lantai (P), gaya geser (V_x), tinggi lantai (h), serta koefisien stabilitas (θX). Koefisien stabilitas dihitung dari rasio antara drift inelastik, beban aksial, dan gaya geser pada tiap lantai, di mana menurut SNI 1726:2019 nilainya harus lebih kecil dari 0,1 agar struktur dianggap stabil dan pengaruh P-Delta dapat diabaikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai θX seluruh lantai berkisar antara 0,0019 hingga 0,0195, jauh di bawah batas yang ditentukan, sehingga seluruh lantai dinyatakan OK dan struktur tidak mengalami ketidakstabilan akibat pengaruh P-Delta serta aman terhadap beban gempa.

Tabel 10. Perhitungan pengaruh P-Delta arah-Y

Lantai	ΔY (mm)	P (kN)	V_j (kN)	h (mm)	Koefisien Stabilitas θ	Batas ($\leq 0,1$)	Cek
Dak Atap	14,054	3821,22	1930,03	4200	0,0018	0,1	OK
Dak	25,047	12703,99	4377,28	4200	0,0047	0,1	OK
6	36,047	26382,07	6920,10	4200	0,0091	0,1	OK
5	44,469	40209,61	8816,72	4200	0,0123	0,1	OK
4	50,318	53435,06	10373,88	4200	0,0168	0,1	OK
3	50,681	66268,95	11578,65	4200	0,0190	0,1	OK
2	29,971	80767,64	12230,21	4200	0,0129	0,1	OK

Sumber: hasil pengolahan data

Tabel menunjukkan hasil pemeriksaan pengaruh P-Delta arah-Y pada gedung rawat inap RSUD Kota Bukittinggi dengan parameter Inelastic Drift (ΔY), gaya aksial lantai (P), gaya geser, tinggi lantai (h), serta koefisien stabilitas (θY). Koefisien stabilitas dihitung dari rasio antara drift inelastik, beban aksial, dan gaya geser pada tiap lantai, di mana menurut SNI 1726:2019 nilainya harus lebih kecil dari 0,1 agar struktur dianggap stabil dan pengaruh P-Delta dapat diabaikan. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai θY seluruh lantai berkisar antara 0,0018 hingga 0,0190, jauh di bawah batas yang ditentukan, sehingga seluruh lantai dinyatakan OK dan struktur tidak mengalami ketidakstabilan akibat pengaruh P- Delta arah-Y serta aman terhadap beban gempa.

Ketidakberaturan Struktur

Pemeriksaan ketidakberaturan vertikal dilakukan dengan meninjau perubahan tinggi lantai, perubahan dimensi elemen struktur, serta variasi kekakuan antar tingkat. Sedangkan ketidakberaturan horizontal diperiksa melalui perbedaan distribusi massa dan kekakuan dalam arah ortogonal terhadap sumbu bangunan, serta pergeseran antara pusat massa dan pusat kekakuan. Menurut SNI 1726:2019, struktur bangunan perlu diperiksa terhadap kemungkinan ketidakberaturan, baik dalam arah vertikal maupun horizontal, untuk menentukan apakah bangunan tergolong struktur reguler atau tidak, Berikut Pemeriksaan ketidakberaturan horizontal dan vertikal :

Tabel 12. Pemeriksaan ketidakberaturan horizontal Vertikal tipe 1a dan 1b

No	Jenis Ketidakberaturan	Tipe	Kriteria Pemeriksaan (SNI 1726:2019)	Hasil Analisis	Keterangan
1	Torsi Aksidental	Horizontal (1a)	Rasio simpangan antar tingkat maksimum terhadap rata-rata > 1,2	1,05	Tidak ada ketidakberaturan
2	Torsi Ekstrem	Horizontal (1b)	Rasio simpangan antar tingkat maksimum terhadap rata-rata > 1,4	1,10	Tidak ada ketidakberaturan
3	Diskontinuitas Sudut Kekakuan	Horizontal (2)	Perubahan kekakuan lateral pada lantai lebih dari 70% dibanding lantai di atasnya	0,65	Tidak ada ketidakberaturan
4	Diskontinuitas Sudut Massa	Horizontal (3)	Massa lantai melebihi 150% dibanding lantai di atasnya	1,10	Tidak ada ketidakberaturan
5	Diskontinuitas Sudut Geometri	Horizontal (4)	Perubahan bentuk denah menyebabkan eksentrisitas besar antar lantai	Tidak ada	Tidak ada ketidakberaturan

6	Soft Story	Vertikal (1a)	Kekakuan lantai < 70% dari lantai di atasnya	0,68	Tidak ada ketidakberaturan
7	Extreme Soft Story	Vertikal (1b)	Kekakuan lantai < 60% dari lantai di atasnya	0,68	Tidak ada ketidakberaturan
8	Weak Story	Vertikal (2)	Kuat geser lantai < 80% dari lantai di atasnya	0,85	Tidak ada ketidakberaturan
9	Vertical Discontinuity in Geometry	Vertikal (3)	Perubahan mendadak luas lantai menyebabkan perubahan kekakuan signifikan	Tidak ada	Tidak ada ketidakberaturan
10	Out of Plane Offset	Vertikal (4)	Perpindahan elemen vertikal (misal kolom) dari posisi lantai ke lantai	Tidak ada	Tidak ada ketidakberaturan
11	In-Plane Discontinuity	Vertikal (5a & 5b)	Dinding geser tidak menerus sampai pondasi atau tidak sejajar antar lantai	Tidak ada	Tidak ada ketidakberaturan

Sumber: hasil pengolahan data

Berdasarkan hasil pemeriksaan pada tabel di atas, seluruh parameter ketidakberaturan horizontal maupun vertikal menunjukkan nilai yang masih berada di bawah batas ketentuan yang dipersyaratkan dalam SNI 1726:2019. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa struktur gedung rawat inap RSUD Kota Bukittinggi tidak mengalami ketidakberaturan baik secara horizontal maupun vertikal, sehingga dapat dikategorikan stabil dan layak untuk dilanjutkan ke tahap perencanaan elemen struktur secara rinci.

7. Desain Struktur Atas

Penulangan Pelat Lantai

Penulangan pelat lantai dirancang dengan metode *Direct Design Method* (DDM) karena memenuhi syarat penggunaan metode tersebut. Perhitungan mencakup pengecekan tebal minimum, pembagian momen, dan penentuan tulangan lentur serta susut, agar pelat aman terhadap beban kerja dan sesuai ketentuan SNI 2847:2019, Berikut Resume Penulangan Pelat Lantai :

Tabel 13. Resume Penulangan Pelat Lantai

No	Parameter	Nilai / Spesifikasi
1	Ukuran Panel Pelat	5800 x 3600 mm
2	Ketebalan Pelat (h)	150 mm
3	Mutu Beton (f'c)	30 MPa
4	Mutu Baja Tulangan (fy)	420 MPa
5	Momen desain arah-X (Mu_X)	23,919 kN·m
6	Momen desain arah-Y (Mu_Y)	30,643 kN·m
7	Tulangan Lentur arah-X (hasil)	D13 – 200
8	Tulangan Lentur arah-Y (hasil)	D13 – 200
9	Tulangan Susut (hasil)	D13 – 450
10	Pemeriksaan kuat geser pelat	Kuat geser beton memadai — tanpa tulangan geser tambahan pada pelat
11	Keterangan	Desain memenuhi ketentuan SNI 2847:2019 ($A_s \geq A_s \text{ req.}$, $spasi \leq \text{max}$)

Sumber: hasil pengolahan data

Hasil perencanaan penulangan pelat lantai disajikan pada Tabel X. Pelat direncanakan sebagai pelat dua arah dengan ukuran panel yang ditinjau sebesar 3750×3600 mm dan ketebalan 150 mm. Berdasarkan analisis momen lentur pada kedua arah, kebutuhan tulangan lentur dihitung dan dipilih sebagai D13–200 pada arah X dan Y, sedangkan tulangan susut dipilih D10–250. Pemeriksaan luasan tulangan (A_s) dan batas spasi menunjukkan bahwa penulangan terpasang memenuhi ketentuan minimum SNI 2847:2019 serta batas spasi maksimum, dan analisis kuat geser menegaskan bahwa beton pelat mampu menahan gaya geser tanpa memerlukan tulangan geser tambahan.

Penulangan Balok

Penulangan balok dirancang sebagai elemen SRPMK dengan mempertimbangkan momen lentur dan gaya geser, serta memenuhi detailing khusus sesuai SNI 2847:2019 untuk memastikan daktilitas dan ketahanan terhadap beban gempa, Berikut Resume Penulangan Balok :

Tabel 14. Resume Penulangan Balok

No	Kode	Dimensi (mm)	Panjang (mm)	Mu (kNm) Tump./Lap.	Tulangan Lentur (Atas/Bawah)	Sengkang	Ket.
1	B3	400 × 700	7200	727,48 / 305,91	Tumpuan: 8D25 / 4D25 Lapangan: 5D25 / 3D25	Ø13-150	OK (SNI 2847:2019)

Sumber: hasil pengolahan data

Balok B1 merupakan balok induk pada sistem SRPMK yang digunakan secara berulang dari atap hingga lantai 1. Tulangan lentur pada daerah tumpuan direncanakan lebih besar (8D25 atas dan 4D25 bawah) karena harus menahan momen negatif tertinggi, sedangkan pada daerah lapangan digunakan tulangan yang lebih kecil (5D25 atas dan 3D25 bawah) sesuai kebutuhan momen positif. Tulangan geser berupa sengkang Ø13 dengan jarak 150 mm dipasang pada daerah sendi plastis sesuai ketentuan SNI 2847:2019 untuk SRPMK. Hasil pemeriksaan terhadap rasio tulangan, jarak antar tulangan, serta kapasitas lentur dan geser menunjukkan bahwa desain balok telah memenuhi persyaratan yang berlaku.

Penulangan Kolom

Penulangan kolom dirancang sebagai elemen vertikal utama dalam sistem SRPMK, dengan mempertimbangkan kekuatan aksial, lentur, dan geser. Dimensi, tulangan longitudinal, serta detailing geser disesuaikan agar memenuhi ketentuan kekuatan dan daktilitas sesuai SNI 2847:2019, Berikut Resume Penulangan Kolom:

Tabel 15. Resume Penulangan Kolom

No	Kode	Dimensi (mm)	Tinggi (mm)	Tulangan Utama	Sengkang	Spasi (mm)	Ket.
1	K1	650 × 650	4200	16D25	Ø16	100 / 150	OK (SNI 2847:2019)

Sumber: hasil pengolahan data

Hasil perencanaan kolom menunjukkan kebutuhan tulangan longitudinal sebesar 16D25, karena penggunaan 12D25 sebelumnya tidak mencukupi untuk menahan beban. Rasio tulangan yang diperoleh sebesar 1,93% telah memenuhi syarat minimum dan maksimum sesuai ketentuan SNI 2847:2019 untuk kolom SRPMK. Tulangan geser menggunakan sengkang Ø16 dengan jarak 100 mm pada daerah sendi plastis dan 150 mm pada daerah luar plastis. Pemeriksaan terhadap konsep Strong Column Weak Beam serta kapasitas geser menunjukkan bahwa desain kolom telah memenuhi seluruh ketentuan yang berlaku pada SNI 2847:2019.

Desain Hubungan Balok-Kolom (HBK)

Desain hubungan balok-kolom (HBK) dilakukan untuk memastikan sambungan mampu mentransfer momen dan gaya dengan aman, serta memenuhi syarat daktilitas. Perencanaan mengikuti ketentuan SRPMK dalam SNI 2847:2019,

termasuk pemenuhan rasio momen dan penempatan tulangan transversal di zona sambungan, Berikut Resume Hubungan Balok Kolom :

Tabel 16. Resume Hubungan Balok- Kolom

No	Item Pemeriksaan	Hasil Perencanaan	Keterangan
1	Dimensi Kolom	650 × 650 mm	$\geq 20 \times$ diameter tulangan balok (OK)
2	Momen Kapasitas Balok arah-X	Sesuai hasil perhitungan SCWB	Memenuhi SNI 2847:2019
3	Momen Kapasitas Balok arah-Y	Sesuai hasil perhitungan SCWB	Memenuhi SNI 2847:2019
4	Gaya Geser Kolom (arah X & Y)	< Kapasitas geser kolom	Aman
5	Gaya Tarik Tulangan Balok (X & Y)	$\leq$ Kapasitas leleh tulangan	Aman
6	Gaya Geser pada Inti HBK (X & Y)	< Kapasitas geser nominal HBK	Aman
7	Tulangan Geser HBK	Ø16 – 100 mm	Sesuai SNI 2847:2019 Pasal 18.8.3
8	Ilustrasi Detail HBK	Gambar 4.56 & Gambar 4.57	Menunjukkan konfigurasi tulangan

Sumber: hasil pengolahan data

7. Desain Struktur Bawah

Perencanaan Pondasi *Bore Pile* dan *Tie Beam*

Perencanaan pondasi pada gedung rawat inap RSUD Kota Bukittinggi dilakukan untuk menyalurkan beban aksial, momen, dan gaya lateral dari elemen struktur atas ke tanah dasar secara aman. Sistem pondasi yang digunakan adalah pondasi bore pile karena sesuai untuk tanah dengan daya dukung menengah hingga rendah, serta mampu menahan beban besar pada bangunan bertingkat. Setiap kelompok pondasi bore pile dihubungkan dengan tie beam untuk meningkatkan kekakuan dan kestabilan terhadap gaya lateral serta mencegah pergeseran antar tiang. Perencanaan pondasi mengacu pada ketentuan SNI 8460:2017 tentang perencanaan fondasi tiang.

Tabel 17. Resume Perencanaan Pondasi *Bore Pile*

N o	Kolom yang Ditum pu	Beba n Aksi al (Pu) (kN)	Diamet er Bore Pile (mm)	Jumla h Tiang per Kolo m	Daya Duku ng Tian g (kN)	Kedalam an Tiang (m)	Faktor Keaman an (SF)	Keterang an
1	K1	536,5 5	900	4	1845	20	2,5	Aman

Sumber: hasil pengolahan data

Tabel 18. Resume Perencanaan Pondasi *Tie Beam*

No	Kolom	Panjang (m)	Dimensi (mm)	Tulangan Longitudinal	Tulangan Sengkang	Spasi Sengkang (mm)	Keterangan
1	K1	7,2	400 × 700	4D25 / 3D25	Ø13	100 / 150	Aman

Pile cap pada kolom K1 menggunakan 4 tiang bore pile Ø900 mm dengan kedalaman 20 m untuk menahan beban aksial sebesar 5263,6 kN, dengan kapasitas total 7239,6 kN sehingga memenuhi faktor keamanan ($SF = 2,5$). Tie beam digunakan untuk mengikat antar pile cap agar bekerja secara integral, dengan dimensi penampang 400×700 mm dan tulangan 4D25/3D25 serta sengkang Ø13 100/150 mm, yang hasil pemeriksaannya memenuhi ketentuan SNI 2847:2019.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan dan analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perencanaan struktur gedung rawat inap Rumah Sakit Umum Daerah Kota Bukittinggi telah berhasil disusun sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu merancang elemen struktur atas dan struktur bawah pada bangunan bertingkat enam menggunakan acuan Standar Nasional Indonesia. Hasil perhitungan pembebanan menunjukkan bahwa seluruh elemen struktur mampu menahan beban mati, beban hidup, dan beban gempa sesuai ketentuan SNI 1727:2020, SNI 2847:2019, dan SNI 1726:2019. Analisis struktur dengan bantuan perangkat lunak memperlihatkan bahwa simpangan antar tingkat, rasio partisipasi massa, pusat massa, pusat kekakuan, serta pengaruh P-Delta masih berada dalam batas aman, dan pemeriksaan ketidakberaturan horizontal maupun vertikal tidak ditemukan pada struktur. Perencanaan elemen pelat, balok, kolom, hubungan balok-kolom (HBK), serta pondasi bore pile dan tie beam juga telah memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, dan stabilitas struktur. Dengan demikian, struktur gedung yang dirancang dinyatakan aman terhadap pengaruh beban gempa dan layak untuk digunakan sebagai acuan perencanaan pembangunan gedung rumah sakit di wilayah rawan gempa.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggapa Journal- Building Design and Architecture Management Studies. (2022). *Perbandingan Analisis Struktur Atas Gedung 16 Lantai Berdasarkan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019 dengan SNI 2847-2013 dan SNI 1726-2012*. 1(1). <https://doi.org/10.61293/anggapa.v1i1.438>.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 – Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 1726:2019 – Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 – Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). SNI 1727:2020 – Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain. Jakarta: BSN.
- Husen, A. (2009). Manajemen Proyek. Yogyakarta: Andi Offset. Djojowiriono, S. (2005). Struktur Beton Bertulang. Yogyakarta: Andi Offset.
- Gultom, A., Ginting, R., & Lubis, Y. A. (2024). *SNI 2847 : 2013 sebagai acuan uji kekuatan struktur kolom gedung beton bertulang pada bangunan bertingkat*. Jurnal Darma Agung, 32(5), 458–471.

Hamdeni Medriosa, & Kusuma Wau, A. W. (2023). *Structural Analysis of the Bukittinggi City DPRD Building Using Reinforced Concrete SNI 2847:2019 and Earthquake SNI 1726:2019*. Journal of Technology and Vocational Studies, 1(2), 67–74. <https://doi.org/10.21063/jtv.2023.1.2.67-74>.

Husen, A. (2009). *Manajemen Proyek*. Yogyakarta: Andi Offset.

Khala, C. C. S., Basyaruddin, B., & Dharmawan, S. (2022). *Studi Perbandingan Kinerja Struktur Gedung Eksisting Terhadap SNI 1726:2019 dan 1727:2020*. Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil, 12(2), 507– 514. <https://doi.org/10.29103/tj.v12i2.721>.

Musthofa, M. R. D., & Kurnia, F. (2023). *Evaluasi Struktur Gedung Teknik Universitas Pancasila Berdasarkan SNI 1726-2019 dan SNI 2847-2019*. Jurnal ARTESIS, 3(2). <https://doi.org/10.35814/artesis.v3i2.5925>.

Putra, B. A., & Nur Arini, R. (2022). *Evaluasi Desain Struktur dengan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 pada Gedung 4 Lantai*. Jurnal ARTESIS, 3(2). <https://doi.org/10.35814/artesis.v3i2.5931>.

Sutjipto, S., Sumeru, I., & Sucipto, S. A. (2023). *Changes in SNI-1726 and SNI-2847's Effects on Low-Rise Reinforced Concrete Buildings' Reinforcing Steel Weight*. Indonesian Journal of Multidisciplinary Science, 2(10). <https://doi.org/10.55324/ijoms.v2i10.571>.

Wijaya, B. T. W., Mahatma, N., & Santoso, H. (2021). *Pendetailan Tulangan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Sesuai dengan SNI 03-2847-2002*. Jurnal Teknik Sipil, 7(1), 15-41. <https://doi.org/10.28932/jts.v7i1.1338>.

Wicaksana, A., & Rosyidah, A. (2021). *Pembandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019*. Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil, 18(1), 88-99. <https://doi.org/10.30630/jirs.v18i1.416>.