

DESAIN STRUKTUR ATAS GEDUNG RUMAH SUSUN SEDERHANA SEWA (RUSUNAWA) 5 LANTAI JALAN NEGARA NO. 9 SEPAKU – KALIMANTAN TIMUR

Verdian Setiawan¹, Umami Chasanah², Soehartono³

^{2,3} Dosen Teknik Sipil, Universitas Pandanaran,

¹ Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pandanaran Semarang

Email : verdy.meadhi@gmail.com, chasanah.ummi01@yahoo.co.id
soehartono.sipilunpand@gmail.com

Abstrak

Pertumbuhan infrastruktur di Sepaku, Kalimantan Timur, memicu kebutuhan fasilitas hunian vertikal yang aman terhadap beban lateral. Penelitian ini bertujuan mendesain struktur atas gedung Rumah Susun Sederhana Sewa (Rusunawa) 5 lantai di Jalan Negara No. 9, Sepaku, menggunakan konfigurasi beton bertulang. Metode perancangan mengacu pada regulasi terbaru, yaitu SNI 1727:2020 untuk pembebanan, SNI 1726:2019 untuk analisis beban gempa, dan SNI 2847:2019 untuk persyaratan beton struktural. Analisis struktur tiga dimensi dilakukan menggunakan perangkat lunak SAP2000 v.14. Evaluasi difokuskan pada elemen struktural utama, meliputi komponen *Tie Beam* (TB.1) dimensi 30×50 cm, *Tie Beam* (TB.2) 25×40 cm, Balok (B1) dimensi 30×50 cm, Balok (B2) 25×40 cm dan Kolom (K1) dimensi 50×50 cm, Kolom (K2) 35×35 cm. Hasil analisis menunjukkan bahwa dimensi penampang komponen struktur tersebut mampu menahan kombinasi beban gravitasi dan lateral secara aman. Kebutuhan luasan tulangan lentur dan geser yang dihasilkan telah memenuhi batas minimum dan maksimum sesuai kriteria Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Hasil tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi referensi teknis perancangan gedung bertingkat yang andal dan akuntabel di kawasan Sepaku.

Kata Kunci: Beton Bertulang, Rusunawa, SAP2000 v.14, SNI Gempa, Struktur Atas.

Abstract

Infrastructure development in Sepaku, East Kalimantan, has created a demand for vertical housing facilities capable of withstanding lateral loads. This study aims to design the superstructure of a five-story low-cost rental apartment building (Rusunawa) located at Jalan Negara No. 9, Sepaku, utilizing a reinforced concrete configuration. The design methodology adheres to the latest regulations: SNI 1727:2020 for loading, SNI 1726:2019 for seismic load analysis, and SNI 2847:2019 for structural concrete requirements. A three-dimensional structural analysis was conducted using SAP2000 v.14 software. The evaluation focused on key structural elements, including tie beams (TB.1: 30×50 cm; TB.2: 25×40 cm), beams (B1: 30×50 cm; B2: 25×40 cm), and columns (K1: 50×50 cm; K2: 35×35 cm). The analysis results indicate that the cross-sectional dimensions of these structural components are capable of safely resisting combined gravity and lateral loads. The calculated flexural and shear reinforcement areas meet the minimum and maximum limits prescribed by the Special Moment Resisting Frame (SMRF)

criteria. This study is expected to serve as a technical reference for the design of reliable and accountable multi-story buildings in the Sepaku area.

Keywords: Reinforced Concrete, Rusunawa, SAP2000 v.14, SNI Seismic Standards, Superstructure.

Pendahuluan

Kabupaten Penajam Paser Utara, khususnya Kecamatan Sepaku, Provinsi Kalimantan Timur, saat ini mengalami perkembangan yang sangat signifikan seiring dengan pembangunan Ibu Kota Nusantara (IKN). Pembangunan berbagai infrastruktur pendukung, fasilitas publik, serta peningkatan aktivitas ekonomi di kawasan tersebut berdampak pada meningkatnya kebutuhan hunian bagi pekerja, aparatur, maupun masyarakat pendatang. Kondisi ini menyebabkan kebutuhan terhadap bangunan hunian bertingkat menjadi semakin penting sebagai solusi dalam mengakomodasi pertumbuhan penduduk dan keterbatasan ketersediaan lahan. Pembangunan Rusunawa 5 lantai di Jalan Negara No. 9 Sepaku menjadi salah satu upaya yang strategis dalam memenuhi kebutuhan hunian masyarakat secara efektif dan berkelanjutan.

Dalam perencanaan suatu bangunan gedung bertingkat, aspek struktur memegang peranan yang sangat penting karena berfungsi sebagai sistem utama yang menahan seluruh beban yang bekerja pada bangunan. Struktur atas bangunan yang terdiri atas sloof, plat lantai, balok, dan kolom harus direncanakan secara cermat agar mampu menahan beban mati, beban hidup, serta beban lateral seperti gempa dan angin yang bekerja selama umur layanan bangunan. Kesalahan dalam perencanaan struktur dapat menyebabkan terjadinya kerusakan bahkan kegagalan struktur yang berpotensi menimbulkan kerugian material maupun korban jiwa.

Indonesia merupakan negara yang berada pada kawasan cincin api Pasifik (*Pacific Ring of Fire*) yang memiliki tingkat aktivitas seismik tinggi. Perencanaan struktur bangunan gedung harus mempertimbangkan aspek ketahanan gempa sesuai dengan ketentuan standar yang berlaku. Perencanaan struktur bangunan gedung saat ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung, yang mengatur parameter serta metode analisis struktur terhadap pengaruh gempa sehingga bangunan memiliki tingkat keamanan yang memadai terhadap risiko kegempaan. Revisi standar tersebut dilakukan untuk menyesuaikan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan data kegempaan terbaru di Indonesia.

Selain aspek kegempaan, desain elemen struktur beton bertulang harus memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, stabilitas, dan daktilitas sesuai ketentuan SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan. Standar ini menjadi acuan utama dalam menentukan dimensi elemen struktur, kebutuhan tulangan, serta pemeriksaan kekuatan terhadap berbagai kombinasi pembebanan yang mungkin terjadi selama masa operasional bangunan. Penerapan SNI 2847:2019 bertujuan untuk menghasilkan struktur beton bertulang yang aman, ekonomis, dan memenuhi kriteria kinerja yang dipersyaratkan.

Tinjauan Pustaka

Pedoman Perencanaan

Perencanaan struktur bangunan gedung harus mengacu pada standar dan peraturan yang berlaku agar diperoleh hasil desain yang memenuhi persyaratan keamanan, keandalan, dan kelayakan fungsi bangunan. Standar yang digunakan dalam perencanaan struktur atas Gedung Rusunawa 5 lantai ini meliputi peraturan mengenai pembebanan, ketahanan gempa, serta desain beton bertulang.

1. SNI 1727:2020 tentang beban minimum untuk perancangan bangunan gedung dan struktur lain
2. SNI 1726:2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung
3. SNI 2847:2019 tentang persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung

Mutu Bahan

Desain struktur atas gedung rumah susun sederhana sewa (Rusunawa) 5 lantai jalan Negara No. 9 Sepaku direncanakan menggunakan kekuatan karakteristik silinder beton f'_c yang didasarkan pada kekuatan beton umur 28 hari.

Mutu Beton f'_c (kolom dan balok) = 30 MPa $\rightarrow K = 30/0,83 = \approx 35 \text{ kg/cm}^2$

Mutu Baja Tulangan Ulir (BJTD), $f_y = 420 \text{ MPa}$

Mutu Baja Tulangan Polos (BJTP), $f_y = 240 \text{ Mpa}$

Konsep Perencanaan Struktur Gedung

Konsep dasar perencanaan struktur gedung modern tidak hanya berorientasi pada kekuatan elemen struktur semata, tetapi juga mempertimbangkan perilaku struktur secara keseluruhan ketika menerima beban ekstrem, khususnya gempa bumi. Desain berbasis kapasitas (*capacity design*) dan desain berbasis kinerja (*performance-based design*) semakin banyak diterapkan dalam perencanaan struktur gedung di Indonesia (Puslitbang Kementerian PUPR, 2020).

Pada bangunan Rusunawa 5 lantai, penggunaan Sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) menjadi salah satu alternatif yang banyak diterapkan karena memiliki tingkat daktilitas yang tinggi. Daktilitas merupakan kemampuan struktur untuk mengalami deformasi pasca-elastik tanpa kehilangan kapasitas menahan beban secara signifikan. Kemampuan ini sangat penting dalam menghadapi beban gempa karena memungkinkan struktur menyerap dan mendisipasikan energi gempa melalui mekanisme deformasi terkendali (BSN, 2019b).

Analisis Struktur Terhadap Gempa

Pada struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas. Struktur atas (*Upper Struktur*) adalah bagian struktur gedung yang berada di atas permukaan tanah. Struktur Atas (*Upper Struktur*) adalah bagian dari struktur bangunan yang meliputi struktur plat atap dan plat lantai, struktur balok dan kolom. Dan ada lagi yaitu struktur tangga dan bordes, karena pada struktur bangunan untuk gedung bertingkat pastinya menggunakan tangga sebagai jalan akselerasi untuk naik ke lantai tingkat di atasnya. (SNI 03-1726-2019).

Tabel 1. Uji Tarik Baja Tulangan

Kelas baja tulangan	Uji tarik			Uji lengkung		Rasio TS/YS (Hasil Uji)
	Kuat luluh/leleh (YS)	kuat tarik (TS)	Regangan dalam 200 mm, Min.	sudut lengkung	diameter pelengkung	
	MPa	MPa	%		mm	
BjTP 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ($d \leq 10$ mm)	180°	3,5d ($d \leq 16$ mm)	-
			12 ($d \geq 12$ mm)	180°	5d ($d \geq 19$ mm)	
BjTS 280	Min. 280 Maks. 405	Min. 350	11 ($d \leq 10$ mm)	180°	3,5d ($d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			12 ($d \geq 13$ mm)	180°	5d ($d \geq 19$ mm)	
BjTS 420A	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	9 ($d \leq 19$ mm)	180°	3,5d ($d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			8 ($22 \leq d \leq 25$ mm)	180°	5d ($19 \leq d \leq 25$ mm)	
			7 ($d \geq 29$ mm)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 420B	Min. 420 Maks. 545	Min. 525	14 ($d \leq 19$ mm)	180°	3,5d ($d \leq 16$ mm)	Min. 1,25
			12 ($22 \leq d \leq 36$ mm)	180°	5d ($19 \leq d \leq 25$ mm)	
			10 ($d > 36$ mm)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 520	Min. 520 Maks. 645	Min. 650	7 ($d \leq 25$ mm)	180°	5d ($d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			6 ($d \geq 29$ mm)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 550	Min. 550 Maks. 675	Min. 687,5	7 ($d \leq 25$ mm)	180°	5d ($d \leq 25$ mm)	Min. 1,25
			6 ($d \geq 29$ mm)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ($d > 36$ mm)	
BjTS 700	Min. 700 Maks. 825	Min. 805	7 ($d \leq 25$ mm)	180°	5d ($d \leq 25$ mm)	Min. 1,15
			6 ($d \geq 29$ mm)	180°	7d ($29 \leq d \leq 36$ mm)	
				90°	9d ($d > 36$ mm)	
Keterangan: 1. d adalah diameter nominal baja tulangan beton 2. hasil uji lengkung tidak boleh menunjukkan retak pada sisi luar lengkungan benda uji lengkung						

(Sumber : SNI 2052:2017)

Pembebanan Struktur Bangunan

Beban Struktur

Beban struktur bangunan adalah gaya atau aksi lainnya yang dikenakan pada suatu elemen struktur. Pembebanan pada struktur dapat menyebabkan adanya tegangan, deformasi, dan perpindahan yang berpotensi merusak struktur tersebut. Beban statis struktur adalah beban yang bersifat tetap sepanjang masa selama bangunan masih tetap ada, bekerja secara terus-menerus pada struktur.

Beban Mati (*Dead Load*)

Beban mati (*Dead Load*) adalah beban atau berat sendiri dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap. Beban mati pada struktur bangunan ditentukan oleh berat jenis bahan bangunan. Berat ini terdiri atas berat struktur dan beban lain yang ada pada struktur secara permanen. Menurut Pedoman Perencanaan Pembebanan Indonesia untuk Rumah dan Gedung tahun 1987 beban mati pada struktur terbagi menjadi 2, yaitu beban mati akibat material konstruksi misalnya: balok, plat, kolom, dinding geser dan

lainnya serta beban mati akibat komponen gedung misalnya: bata ringan, penggantung plafon, plafon, keramik, kaca, kusen dan lainnya.

Tabel 2. Berat Sendiri Material Konstruksi

No	Material	Beban mati
1	Baja	7850 kg/m ³
2	Beton	2400 kg/m ³
3	Kayu	800 kg/m ³
4	Pasir	2600 kg/m ³
5	Adukan / Screed per cm tebal	21 kg/m ²
6	Dinding Bata 25 cm	450 kg/m ²
7	Dinding Bata 15 cm	250 kg/m ²
8	Dinding Hebel	100 kg/m ²
9	Plafon berikut rangka	18 kg/m ²
10	Finishing lantai per cm tebal	24 kg/m ²
11	Air	1000 kg/m ³

(Sumber : PPPURG 1987)

Beban Hidup (*Live Load*)

Beban hidup (*Live Load*) adalah beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati. Beban hidup (*live load*) adalah beban yang terjadi akibat fungsi pemakaian gedung seperti benda-benda pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak dapat diganti. Beban yang bisa ada atau tidak ada pada struktur untuk suatu waktu yang diberikan, meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikata bekerja secara perlahan-lahan pada struktur. Beban yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan (*occupancy loads*) adalah beban hidup.

Beban Angin

Menurut pedoman perencanaan pembebanan Indonesia untuk rumah dan gedung tahun 1987 beban angin ditentukan dengan menganggap adanya tekanan positif (angin tekan) dan tekanan negatif (angin hisap), yang bekerja tegak lurus pada bidang-bidang yang ditinjau.

Beban Gempa (*Earthquake Load*)

Beban gempa adalah beban dinamik dengan arah bolak-balik yang tidak bekerja terus-menerus pada struktur bangunan atau dapat dikatakan merupakan beban sementara yang bekerja pada bangunan. Besarnya beban gempa tergantung dari beberapa faktor salah satunya yaitu wilayah kegempaan dimana gempa tersebut. Gempa merupakan bencana alam yang tidak dapat dihindari. Indonesia merupakan salah satu negara yang rawan terkena bencana gempa. Beban gempa adalah beban yang bekerja pada struktur akibat pergerakan dari tanah yang disebabkan oleh gempa bumi yang mempengaruhi struktur bangunan. Pada daerah yang rawan gempa perlu memperhitungkan beban gempa pada struktur bangunan tersebut. Risiko gempa yang terjadi di tiap kota berbeda-beda, maka dari

itu dapat mengikuti aturan “Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung” (SNI 1726:2019).

Tabel 3. Kategori Risiko Bangunan Gedung untuk Beban Gempa

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
1. Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan dan perikanan 2. Fasilitas sementara I 3. Gudang penyimpanan 4. Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
1. Perumahan 2. Rumah tinggal dan rumah kantor 3. Pasar 4. Gedung perkantoran 5. Gedung apartemen / rumah susun 6. Pusat perbelanjaan / mall 7. Bangunan industri 8. Fasilitas manufaktur 9. Pabrik	II
1. Bioskop 2. Gedung pertemuan 3. Stadion 4. Fasilitas Kesehatan 5. Fasilitas penitipan anak 6. Penjara	III
1. Bangunan-bangunan monumental 2. Gedung sekolah dan fasilitas Pendidikan 3. Rumah ibadah 4. Fasilitas pemadam kebakaran	IV

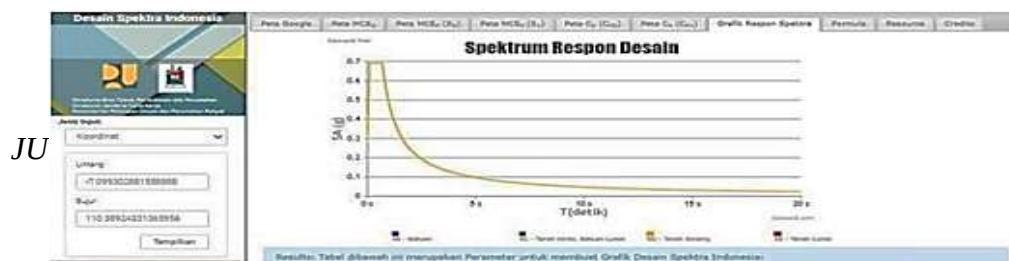
(Sumber: SNI 1726:2019)

Tabel 4. Faktor Keutamaan Gempa

Kategori Risiko Faktor	Keutamaan Gempa (I_e)
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber: SNI 1726:2019)

Perencanaan gedung bertingkat berdasarkan SNI 1726:2019 wajib mempertimbangkan klasifikasi situs (S_A - S_F) dan koefisien situs (F_a dan F_u) untuk menentukan beban gempa desain. Klasifikasi tanah (sangat lunak hingga batuan) memengaruhi amplifikasi percepatan gempa, yang disesuaikan melalui nilai F_a dan F_u berdasarkan peta bahaya gempa, memastikan struktur aman terhadap gempa.



Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan

Untuk memenuhi kebutuhan desain, sistem struktur perlu diperhitungkan dengan kombinasi pembebanan (*load combination*). Faktor beban dan kombinasi pembebanan yang digunakan dalam perencanaan struktur dapat mengikuti standar (SNI 2847-2019) kombinasi pembebanan, sebagai berikut:

- a. $U = 1,4D$
- b. $U = 1,2D + 1,6L + 0,5 (Lr \text{ atau } R)$
- c. $U = 1,2D + 1,6 (Lr \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W)$
- d. $U = 1,2D + 0,2SDS.D + 1,3E + L$
- e. $U = 1,2D + 0,2SDS.D - 1,3E + L$
- f. $U = 0,9D - 0,2SDS.D + 1,3E$
- g. $U = 0,9D - 0,2SDS.D - 1,3E$

Faktor Reduksi Kekuatan

Faktor reduksi kekuatan (ϕ) dalam SNI 2847:2019 digunakan untuk menyesuaikan kekuatan nominal teoritis komponen beton struktural dengan kekuatan riil di lapangan, memastikan keamanan struktur bertingkat terhadap beban terfaktor. Nilai berkisar antara 0,65 hingga 0,90, bergantung pada jenis gaya (lentur, tekan, geser, atau torsi) dan komponen struktur yang didesain. Nilai faktor reduksi dapat dilihat berdasarkan SNI 2847-2019. Berikut tabel faktor reduksi kekuatan.

Tabel 5. Faktor Reduksi Kekuatan

Kondisi Pembebanan	Faktor Reduksi (Φ)
Momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial	0,65 – 0,9
Gaya aksial tarik, aksial tarik dengan lentur	0,8
Gaya aksial tekan, aksial tekan dengan lentur	
1. Dengan tulangan spiral	0,7
2. Dengan tulangan biasa	0,65
Lintang dan torsi	0,75

Tumpuan pada beton	0,65
--------------------	------

(Sumber: SNI 2847-2019)

Balok

Balok merupakan salah satu bagian dari struktur yang berfungsi menopang plat lantai di atasnya. Balok juga berfungsi sebagai penyalur beban dan gaya reaksi menuju kolom-kolom. Balok dikenal sebagai elemen struktur yang dominan memikul gaya berupa momen lentur dan geser. Umumnya balok dibagimenjadi dua bagian, yaitu balok induk dan balok anak. Balok induk berfungsi untuk menghubungkan beban ke kolom.

Kolom

Kolom merupakan batang tekan vertikal dari suatu rangka struktur yang memikul beban dari balok. Kolom berfungsi sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Beban bangunan dimulai dari beban atap dan akan diteruskan ke kolom. Berdasarkan bentuk tulangan, kolom dibedakan menjadi 3 bagian yaitu :

1. Kolom segi empat dengan tulangan memanjang dan sengkang
2. Kolom bulat dengan tulangan memanjang dan tulangan lateral bentuk spiral
3. Kolom komposit yang terdiri dari beton dan baja profil didalamnya.

Tangga

Tinggi lantai yang mempunyai tingkat lebih dari satu, serta memiliki beda elevasi dan dua bidang horisontal pada bangunan dengan lantai yang berbeda. Perhitungan *optrede* dan *antrede* tangga menggunakan rumus :

$$2 \times \text{optrede} + \text{antrede} = 61 \text{ s/d } 65 \text{ cm}$$

Metode Penelitian

Pengumpulan data merupakan tahapan yang sangat penting dalam proses perencanaan struktur karena kualitas hasil analisis sangat dipengaruhi oleh kelengkapan dan ketepatan data yang digunakan. Menurut Pusat Pengembangan Bahan Ajar Kementerian PUPR (2020), data yang digunakan dalam perencanaan struktur harus dapat menggambarkan kondisi aktual bangunan serta memenuhi kebutuhan analisis yang dilakukan. Data yang digunakan pada penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Kedua jenis data tersebut saling melengkapi untuk memperoleh parameter perencanaan yang sesuai dengan kondisi bangunan yang direncanakan.

Data Primer

Data primer merupakan data yang diperoleh secara langsung dari objek yang diteliti melalui kegiatan pengamatan maupun hasil perencanaan awal.

Data primer yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Fungsi bangunan sebagai Rumah Susun Sederhana Sewa (Rusunawa).
2. Jumlah lantai bangunan sebanyak lima lantai.
3. Konfigurasi denah dan elevasi bangunan.
4. Dimensi awal elemen struktur berupa plat, balok, dan kolom.
5. Sistem struktur yang digunakan berupa sistem rangka beton bertulang.

6. Mutu material yang digunakan dalam perencanaan, yaitu mutu beton dan mutu baja tulangan.
7. Parameter geometri bangunan yang diperlukan dalam pemodelan struktur.

Selain itu, data primer juga meliputi asumsi teknis yang digunakan dalam perencanaan, seperti tinggi antar lantai, tebal plat, dimensi awal balok dan kolom, serta sistem pembebanan yang diterapkan. Penentuan dimensi awal dilakukan berdasarkan ketentuan (SNI 2847:2019).

Data Sekunder

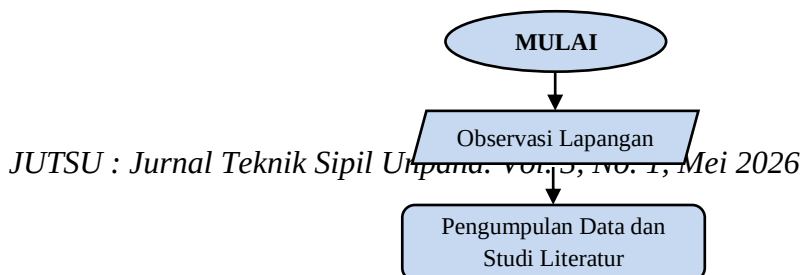
Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari berbagai sumber yang telah tersedia sebelumnya, Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Gambar arsitektur bangunan berupa denah, tampak, dan potongan bangunan.
2. Standar dan peraturan yang digunakan dalam perencanaan struktur, antara lain:
 - a. SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain (BSN, 2020).
 - b. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (BSN, 2019a).
 - c. SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (BSN, 2019b).
3. Peta percepatan gempa Indonesia yang digunakan untuk menentukan parameter spektrum respons desain sesuai lokasi bangunan.
4. Data mutu material beton dan baja tulangan.
5. Literatur berupa buku, jurnal nasional, dan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan desain struktur beton bertulang.
6. Data spesifikasi material dan standar teknis dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (Kementerian PUPR, 2020).

Menurut BSN (2019a), parameter percepatan spektral gempa, klasifikasi situs tanah, dan kategori risiko bangunan merupakan komponen penting yang harus diperhatikan dalam perencanaan struktur tahan gempa.

Bagan Alir Perencanaan

Dalam pembuatan laporan ini diharapkan dapat memperoleh hasil yang diinginkan dan selesai tepat pada waktunya. Secara sistematis rencana penyusunan bagan alir (*flowchart*) dapat dilihat dalam gambar 2.



Analisa dan Pembahasan

Pemodelan Struktur dan Analisis Beban SAP2000

Perencanaan rekayasa struktur atas Rusunawa 5 Lantai ini mengutamakan aspek kekuatan (*strength*) dan kenyamanan pelayanan (*serviceability*). Struktur dimodelkan secara tiga dimensi (3D) memanfaatkan perangkat lunak SAP2000 v.14 dengan mengidealisasikan elemen balok dan kolom sebagai elemen garis (*frame element*) serta plat lantai sebagai elemen cangkang (*shell element*) (Imran & Hendrik, 2019). Mutu bahan yang diinput ke dalam material properties adalah beton $f'_c = 30$ MPa serta baja tulangan sirip BJTS 400 ($f_y = 400$ MPa) untuk menjamin daktilitas struktur di wilayah seismik aktif. Reduksi kekakuan penampang akibat retak beton (*cracked section*) diaplikasikan pada

model sesuai ketentuan regulasi sebesar 0,35 untuk balok dan 0,70 untuk kolom (SNI 2847:2019).

Analisis Dinamis Ragam Spektrum Respons

Gedung rusunawa 5 lantai ini dianalisis menggunakan metode *Response Spectrum Analysis* untuk menangkap perilaku dinamis struktur akibat beban gempa lateral. Pada SAP2000 v.14, fungsi spektrum respons yang telah dibuat didefinisikan ke dalam load cases arah global X (U1) dan global Y (U2) dengan faktor skala sebesar $g \cdot I_e/R$. Analisis ragam (*modal analysis*) diatur menggunakan tipe *Eigen Vectors* dengan jumlah *number of modes* yang disesuaikan untuk memastikan bahwa rasio partisipasi massa efektif kumulatif (*mass participation ratio*) mencapai minimal 90% pada kedua arah orthogonal (Budiono, 2022).

Kombinasi Pembebanan Batas dan Kontrol Model

Untuk mengekstrak gaya dalam kritis, didefinisikan kombinasi pembebanan batas (*ultimate load*) menggunakan konsep *Load and Resistance Factor Design* (LRFD) pada menu *Load Combinations*. Kombinasi tersebut mencakup beban gravitasi murni (1,2 D + 1,6 L) serta kombinasi beban gempa arah orthogonal terfaktor sesuai ketentuan hukum kombinasi arah (SNI 1726:2019). Model divalidasi melalui kontrol simpangan antar-tingkat (*story drift*) untuk memastikan kekakuan lateral gedung berada di bawah batas izin sebesar $\Delta a = 0,02 h_{sx}$ guna menghindari keruntuhan katastropik (Setiawan, 2021).

Perhitungan Balok, Kolom dan Sloof

Balok

Untuk menentukan momen, perhitungan dilakukan menggunakan bantuan program aplikasi komputer (SAP2000.v14.0.0) Hasil momen sesuai data masukan.

Balok B1. 30/50 (300 × 500 mm)

B.1 (30/50) yang ditinjau untuk perhitungan lantai 5 frame 618 yang menerima momen maksimum.

➤ Data Perencanaan :

$b = 300 \text{ mm}$; $h = 500 \text{ mm}$; $f'_c = 30 \text{ MPa}$

$f_y = 400 \text{ MPa}$ (ulir) ; $f_y = 240 \text{ MPa}$ (polos)

Tulangan utama D19 mm ; Tulangan sengkang $\varnothing 10 \text{ mm}$

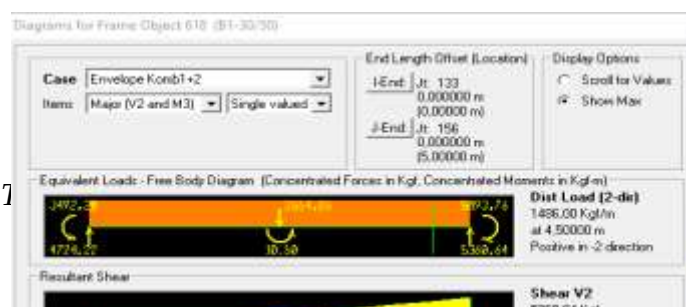
Tebal selimut (s) = 30 mm

$d' = \text{Selimut beton} + \varnothing_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2} D \rightarrow = 30 + 10 + (19/2) = 50 \text{ mm}$

$d = h - d' = 500 - 50 = 450 \text{ mm}$

$\phi_{\text{lentur}} = 0,9$; $\phi_{\text{torsi}} = 0,85$

Nilai momen ultimit bagian tumpuan balok B.1 (30/50) yang dibahas dalam perhitungan dari hasil *run analysis* SAP 2000 v14.0.0 di lantai 5 frame 618.



A. Tulangan Tumpuan Atas :

$$M_u = - 5.093,76 \text{ kgm} \rightarrow = - 50,9376 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{509376}{0,8} = 63,672 \text{ kNm}$$

$$\text{Koefisien tahanan } R_n = \frac{M_n}{b \times d x^2} = \frac{63,672 \times 10^6}{300 \times 450^2} = 1,048 \text{ N/mm}^2$$

Rasio tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85.f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85.f_c'}} \right) = \frac{0,85.30}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1,048}{0,85.30}} \right) = 0,0027$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y} = \frac{\sqrt{30}}{4.400} = 0,0034$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

Rasio tulangan maksimum (ρ_{maks}) $\rightarrow \rho_{maks} = 0,025$

$$\rho_{mak} = 0,75 \left(\frac{0,85.f_c'.\beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600+f_y} \right) = 0,75 \left(\frac{0,85.30.0,85}{400} \cdot \frac{600}{600+400} \right) = 0,022$$

Karena $\rho_{min} > \rho < \rho_{maks} \rightarrow$ maka digunakan $\rho_{min} = 0,01$

$$A_s = \rho.b.d = 0,01.300.450 = 1.350 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan minimum pada komponen struktur lentur SNI 03-2847-2019 pasal 12.5.(1) hal.72 :

$$A_{smin} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y} b w . d = \frac{\sqrt{30}}{4.400} \times 300 \times 450 = 462,14 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} = \frac{1,4}{f_y} b w . d = \frac{1,4}{400} \times 300 \times 450 = 472,50 \text{ mm}^2$$

$$A_{smin} < A_s \rightarrow \text{digunakan } A_s = 1.350 \text{ mm}^2$$

Jadi tulangan utama bagian tumpuan atas dipakai 5 D19 luas total :

$$A_s = \text{Jumlah tulangan} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= 5 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \Rightarrow = 1.417,64 \text{ mm}^2 > 1.350 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok}$$

B. Tulangan Lapangan Bawah :

Nilai momen ultimit bagian tumpuan B.1 (30/50) yang dibahas dalam perhitungan dari hasil *run analysis* SAP 2000 v14.0.0 di lantai 5 frame 618.



Gambar 4. Output Momen Lapangan Balok B.1 30 x 50
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)

$$M_u = 3.674,59 \text{ kgm} \rightarrow 36,7459 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = \frac{36,7459}{0,8} = 45,932 \text{ kNm}$$

$$\text{Koefisien tahanan } R_n = \frac{M_n}{b \times d x^2} = \frac{45,932 \times 10^6}{300 \times 450^2} = 0,756 \text{ N/mm}^2$$

Rasio tulangan (ρ)

$$\rho = \frac{0,85 \cdot f_c'}{f_y} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 \cdot f_c'}} \right) = \frac{0,85 \cdot 30}{400} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 0,756}{0,85 \cdot 30}} \right) = 0,0019$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \cdot f_y} = \frac{\sqrt{30}}{4 \cdot 400} = 0,0034$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} = 0,0035$$

Rasio tulangan maksimum (ρ_{maks}) $\rightarrow \rho_{maks} = 0,025$

$$\rho_{mak} = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot f_c' \cdot \beta_1}{f_y} \cdot \frac{600}{600 + f_y} \right) = 0,75 \left(\frac{0,85 \cdot 30 \cdot 0,85}{400} \cdot \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,022$$

Karena $\rho_{min} > \rho < \rho_{maks} \rightarrow$ maka digunakan $\rho = 008$

$$A_s = \rho \cdot b \cdot d = 0,008 \cdot 300 \cdot 450 = 1.080 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan minimum pada komponen struktur lentur SNI 03-2847-2019 pasal 12.5.(1) hal.72 :

$$A_{s_{min}} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4.f_y} b_w . d = \frac{\sqrt{30}}{4.400} \times 300 \times 450 = 462,14 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{min}} = \frac{1,4}{f_y} b_w . d = \frac{1,4}{400} \times 300 \times 450 = 472,50 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{min}} < A_s \rightarrow \text{digunakan } A_s = 1.080 \text{ mm}^2$$

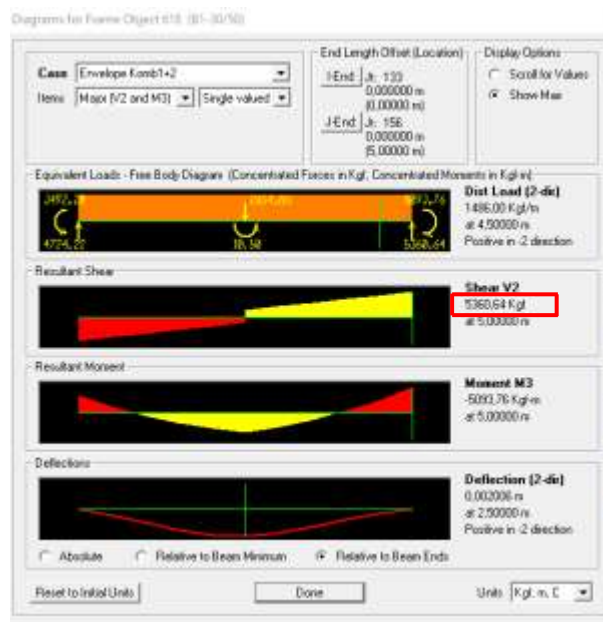
Jadi tulangan utama bagian lapangan bawah dipakai 4 D19 luas total :

$$A_s = \text{Jumlah tulangan} \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 19^2 \rightarrow = 1.134,11 \text{ mm}^2 > 1.080 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{Ok}$$

C. Perhitungan Tulangan Geser

Nilai gaya geser ultimit yang timbul pada balok B.1 (30/50) dalam perhitungan hasil *run analysis* SAP2000.v14.0.0 yang berada di lantai 5 frame 618.



Gambar 5. Output

Gaya Geser Ultimit Balok B.1 30 x 50
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)

$$V_{u_{maks}} = 5.360,64 \text{ kg.}$$

Menentukan keperluan tulangan geser

$$\phi V_c = 0,85 \times (2 \times \sqrt{f_c'} \times b \times d)$$

$$= 0,85 \times (2 \times \sqrt{30} \times 300 \times 450) = 1.257.023 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2} \phi V_c = \frac{1}{2} \cdot 1.257.023 \text{ kg} = 628.512 \text{ kg}$$

Karena $V_u < \frac{1}{2} \phi V_c$, digunakan sengkang praktis dengan jarak minimum yang digunakan mendekati 3 in atau 4 in (80 mm atau 100 mm).

Perencanaan tulangan geser menggunakan sengkang kaki 2 ($n = 2$) dengan tulangan diameter 10 mm ($\phi = 0,375 \text{ in}$)

$$A_v = \frac{1}{4} \times \pi \times \phi^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2 = 79 \text{ mm}^2$$

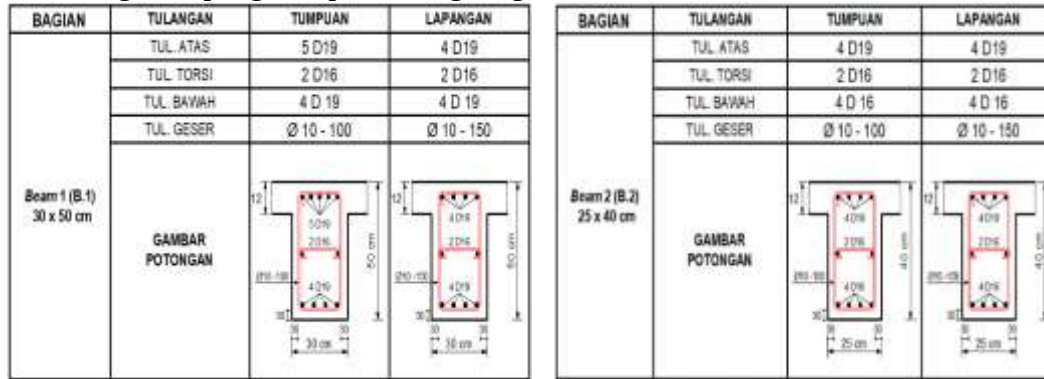
Jarak maksimum untuk memberikan A_v minimum sengkang :

$$s = \frac{(A_v \times n) \times f_y}{50 \times b} = \frac{(79 \times 2) \times 400}{50 \times 300} = 419,05 \text{ mm}$$

Jadi jarak sengkang yang digunakan :

Pada bagian tumpuan dipakai sengkang Ø10-100,

Pada bagian lapangan dipakai sengkang Ø10-150.



Gambar 6. Penulangan Lentur Balok B.1-30 x 50 dan B.2 25 x 40
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)

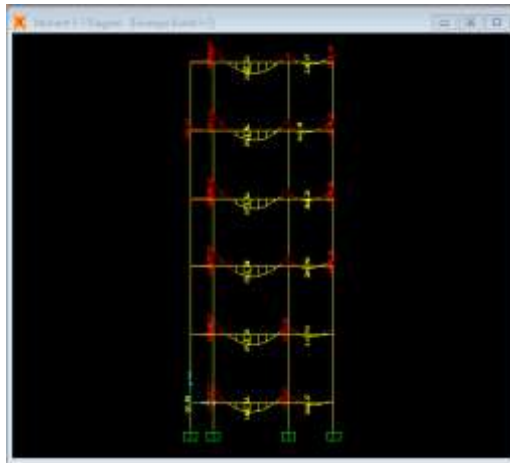
Kolom

Hasil perhitungan di dapat :

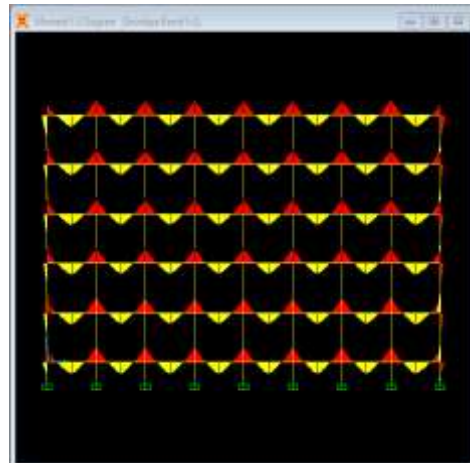


Gambar 7. Detail Penulangan Kolom K.1-50 x 50 dan K.2 35 x 35
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)

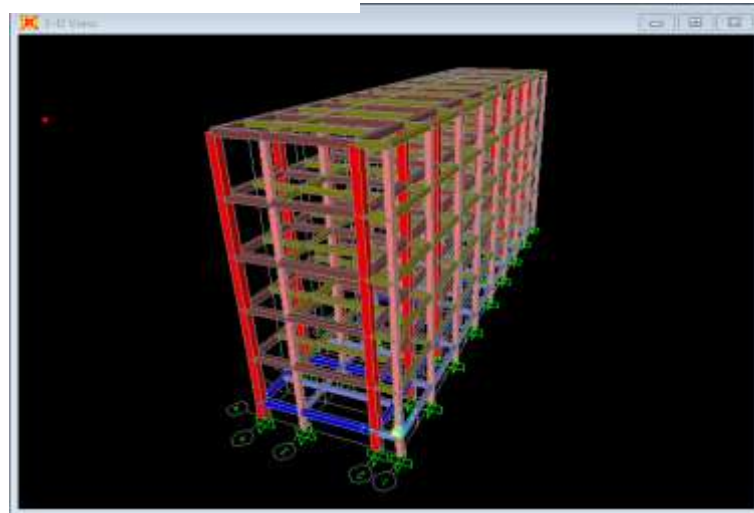
Dengan menggunakan SAP 2000, maka di dapat Diagram Bidang Momen 3-3 Sumbu XZ, Diagram Beban Mati Sumbu YZ_Sb. A dan Perspektif Portal 3D sebagai berikut :



Gambar 8. Diagram Beban Mati
Sumbu YZ_Sb. A
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)



Gambar 9. Diagram Bidang Momen 3-3
Sumbu XZ
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)



Gambar 10. Perspektif Portal 3D
(Sumber : Dokumen Pribadi, 2026)

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, perhitungan, dan pembahasan yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Karakteristik Beban Gempa dan Respons Spektrum

Berdasarkan analisis geografis kawasan Sepaku, Kalimantan Timur, parameter percepatan gempa di batuan dasar diperoleh nilai SM_s dan SM_1 yang mengklasifikasikan situs sebagai kelas situs tanah sedang (S_D) melalui prosedur SNI 1726:2019.

2. Kinerja Batas Layan Struktur (*Story Drift*)

Hasil permodelan tiga dimensi (3D) menggunakan software SAP2000 v.14 menunjukkan bahwa simpangan antar-tingkat (*story drift*) akibat beban lateral gempa dinamis respons spektrum pada arah X maupun arah Y masih berada di bawah batas simpangan ijin (Δ_a) sesuai ketentuan Pasal 7.12.1 SNI 1726:2019.

3. Kapasitas dan Desain Elemen Kolom K1. 50 x 50 cm dan K2. 35 x 35 cm

Dinyatakan aman dan memenuhi syarat kapasitas dukung aksial dan lentur (diagram interaksi P-M). Rasio tulangan longitudinal yang dihasilkan berada pada rentang batas minimum 1% dan maksimum 8% sesuai SNI 2847:2019.

4. Penulangan Kolom (K1) 50 x 50 cm dan penulangan Kolom (K2) 35 x 35 cm

(K1) 50 x 50 cm		(K2) 35 x 35 cm	
Posisi	Tulangan	Posisi	Tulangan
Tulangan Utama	16 D 22,2 (7/8")	Tulangan Utama	12 D 19 (3/4")
Tulangan Geser	Ø 10 – 100	Tulangan Geser	Ø 10 – 100
Tulangan Geser	Ø 10 – 120	Tulangan Geser	Ø 10 – 120

5. Kapasitas dan Desain Elemen Balok B1. 30 x 50 cm dan B2. 25 x 40 cm

Terbukti efektif dan aman dalam menahan kombinasi beban gravitasi (mati dan hidup) berdasarkan SNI 1727:2020 momen lentur akibat beban gempa. Rasio kapasitas momen kolom terhadap momen kuat balok (*strong column-weak beam*) melebihi nilai 1,2 sesuai regulasi beton struktural terbaru.

(B1) 30 x 50 cm			(B2) 25 x 40 cm		
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Posisi	Tumpuan	Lapangan
Tulangan Atas	5 D 19	4 D 19	Tulangan Atas	4 D 19	4 D 19
Tulangan Tengah	2 D 16	2 D 16	Tulangan Tengah	2 D 16	2 D 16
Tulangan Bawah	4 D 19	4 D 19	Tulangan Bawah	4 D 16	4 D 16
Tulangan Geser	Ø 10-100	Ø 10-150	Tulangan Geser	Ø 10-100	Ø 10-150

6. Kapasitas dan Desain Elemen *Tie Beam* TB.1-30x50 cm dan TB.2-25x40 cm

Berfungsi optimal dalam mengikat fondasi-fondasi bangunan guna mencegah terjadinya pergeseran lateral relatif (*differential settlement*) antar kolom akibat beban vertikal maupun lateral telah didesain mampu memikul gaya aksial tarik/tekan minimum sebesar 10% dari beban aksial kolom terbesar, memenuhi prasyarat elemen pengikat bawah tanah.

7. Penulangan *Tie Beam* (TB) 30 x 50 cm dan penulangan *Tie Beam* (TB2) 25 x 40 cm

(TB) 30 x 50 cm			(TB2) 25 x 40 cm		
Posisi	Tumpuan	Lapangan	Posisi	Tumpuan	Lapangan
Tulangan Atas	5 D 19	4 D 19	Tulangan Atas	4 D 19	4 D 19
Tulangan Tengah	2 D 16	2 D 16	Tulangan Tengah	2 D 16	2 D 16

Tulangan Bawah	4 D 19	4 D 19	Tulangan Bawah	4 D 16	4 D 16
Tulangan Geser	Ø 10-100	Ø 10-150	Tulangan Geser	Ø 10-100	Ø 10-150

Daftar Pustaka

- Antonius, 2021. "Perilaku Dasar dan Desain Beton Bertulang Berdasarkan SNI-2847-2019" Penerbit Unissula Press, Semarang.
- Asroni, A. (2020). Teori dan Desain Balok dan Kolom Beton Bertulang Berdasarkan SNI terbaru. Surakarta: Muhammadiyah University Press.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasan (SNI 2847:2019). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1726:2019). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2020). Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727:2020). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Budiono, B., & Supriatna, L. (2017). Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan SNI 1726:2012. Bandung: Penerbit ITB.
- Imran, I., & Hendrik, F. (2019). Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa Sesuai SNI 2847:2019. Bandung: Penerbit ITB.
- Pamungkas, A., & Harianti, E. (2018). Desain Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Berdasarkan SNI 2847-2013 dan SNI 1726-2012. Yogyakarta: Andi Offset.
- Pratama, A. Y., & Setiawan, B. (2021). Analisis Kinerja Struktur Gedung Bertingkat di Wilayah Kalimantan Timur Menggunakan Metode Respon Spektrum. Jurnal Teknik Sipil Nasional, 9(2), 115-124.
- Purwanto, H. (2022). Evaluasi Dimensi Balok dan Kolom pada Struktur Gedung Vertikal Sesuai Parameter SRPMK SNI 2847:2019. Jurnal Konstruksi dan Infrastruktur, 14(1), 45-53.
- Setiawan, A. (2018). Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013. Jakarta: Erlangga.