

TUGAS AKHIR
PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN
BERTINGKAT BANYAK MENGGUNAKAN BASEMENT

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelara Sarjana Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

BRYAN DIMAS ADJI NUGROHO

2107210069



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bryan Dimas Adji Nugroho

NPM : 2107210069

Program Studi : Teknik Sipil

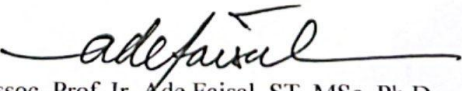
Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Bangunan Bertingkat Banyak
Menggunakan Basement

Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Disetujui Untuk Disampaikan
Kepada Panitia Ujian:

Medan, Agustus 2025
Dosen Pembimbing


Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, ST, MSc, Ph.D.

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Bryan Dimas Adji Nugroho

NPM : 2107210069

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Perencanaan Struktur Atas Bangunan Bertingkat Banyak Menggunakan Basement.

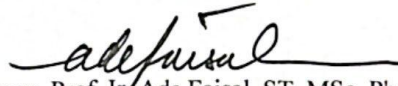
Bidang Ilmu : Struktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Juli 2025

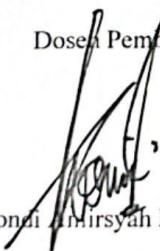
Mengetahui dan Menyetujui:

Dosen Pembimbing



Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, ST, MSc, Ph.D.

Dosen Pembimbing I



Ir. Tondy Amirsyah Putra, S.T., M.T.

Dosen Pembimbing II



Rizki Efrida, S.T., M.T.

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D.

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Bryan Dimas Adji Nugroho
Tempat, Tanggal Lahir : Tanjung Gading, 27-05-2003
NPM : 2107210069
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa Laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Perencanaan Struktur Atas Bangunan Bertingkat Banyak Menggunakan Basement.”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan nonmaterial serta segala kemungkinan lain, yang pada hakikatnya merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik. Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan atau keserjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, Agustus 2025
Saya yang menyafakan,

Bryan Dimas Adji Nugroho

PERENCANAAN STRUKTUR ATAS BANGUNAN BERTINGKAT BANYAK MENGGUNAKAN BASEMENT

Bryan Dimas Adji Nugroho

2107210069

Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D

Pembangunan gedung bertingkat tinggi di wilayah rawan gempa seperti Kota Medan menuntut perencanaan struktur yang kuat, aman, dan efisien. Penelitian ini menyajikan analisis perbandingan antara Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Ganda pada sebuah gedung rusun 16 lantai dengan 3 lantai *basement* yang berlokasi di atas tanah lunak (Kelas Situs SE). Analisis komparatif dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS v18 dengan metode respon spektrum dinamik, yang mengacu pada SNI 1726:2019 (Ketahanan Gempa), SNI 2847:2019 (Beton Struktural), dan SNI 1727:2020 (Beban Minimum). Hasil penelitian menunjukkan perbedaan perilaku yang signifikan. Pada Sistem Ganda, dinding geser menyerap mayoritas gaya lateral sehingga momen pada kolom rangka menjadi lebih kecil, yang menghasilkan kebutuhan tulangan lebih sedikit (rasio tulangan 1,07%). Sebaliknya, pada SRPMK, kolom rangka harus menahan momen lentur yang jauh lebih tinggi sehingga memerlukan luas tulangan yang lebih besar (rasio tulangan 1,9%). Dari segi volume material, SRPMK lebih efisien (5.665,81 m³) dibandingkan Sistem Ganda (6.011,26 m³) karena tidak adanya elemen dinding geser. Meskipun terdapat perbedaan ini, kedua model desain terbukti aman dan memenuhi seluruh persyaratan kelayakan SNI 1726:2019, termasuk verifikasi simpangan antar tingkat (*story drift*), efek P-Delta, dan pengecekan ketidakberaturan struktur. Kesimpulannya, baik SRPMK maupun Sistem Ganda merupakan alternatif desain yang valid, di mana pemilihannya melibatkan pertimbangan *trade-off* antara efisiensi volume beton pada SRPMK dan efisiensi volume tulangan pada Sistem Ganda.

Kata Kunci: Struktur atas, SRPMK, sistem ganda, respons spektrum, ETABS, SNI 1726:2019, tanah lunak.

ABSTRACT

DESIGN OF THE SUPERSTRUCTURE FOR A HIGH-RISE BUILDING WITH A BASEMENT

Bryan Dimas Adji Nugroho

2107210069

Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D

The construction of high-rise buildings in seismic-prone regions such as Medan City demands strong, safe, and efficient structural planning. This research presents a comparative analysis between a Special Moment Resisting Frame (SMRF) system and a Dual System for a 16-story residential flat building with a 3-level basement, located on soft soil (Site Class SE). A comparative analysis was conducted using ETABS v18 software with the dynamic response spectrum method, referencing SNI 1726:2019 (Seismic Design), SNI 2847:2019 (Structural Concrete), and SNI 1727:2020 (Minimum Loads). The results show significant differences in behavior and material requirements. In the Dual System, the shear walls absorb the majority of lateral forces, resulting in smaller moments on the frame columns and thus lower reinforcement requirements (a reinforcement ratio of 1.07%). Conversely, in the SMRF system, the frame columns must withstand much higher bending moments, requiring a larger area of reinforcement (a reinforcement ratio of 1.9%). In terms of material volume, the SMRF system is more efficient (5,665.81 m³) compared to the Dual System (6,011.26 m³) due to the absence of shear wall elements. Despite these differences, both design models were proven to be safe and met all feasibility requirements of SNI 1726:2019, including verification of inter-story drift, P-Delta effects, and structural irregularity checks. In conclusion, both SMRF and the Dual System are valid design alternatives, where the selection involves a trade-off between the concrete volume efficiency in the SMRF system and the reinforcement volume efficiency in the Dual System.

Keywords: Superstructure, SMRF, dual system, response spectrum, ETABS, SNI 1726:2019, soft soil

KATA PENGANTAR

Assalamu'Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillahirabil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Perencanaan Struktur Atas Bangunan Bertingkat Banyak Menggunakan Basement” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan rasa terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Assoc. Prof. Ir. Ade Faisal, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, nasehat, dukungan serta semangat hingga selesainya Tugas Akhir ini dan selaku Wakil Dekan I Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
2. Bapak Josef Hadipramana, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Ir. Tondi Amirsyah Putra S.T., M.T., selaku dosen pembimbing I Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Dosen dan Pegawai Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara khususnya Program Studi Teknik Sipil.
7. Kepada orang tua dan keluarga, yang tidak pernah berhenti mendoakan dan mendukung kami dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
8. Sahabat saya Ryandi Ardiansyah yang telah memberikan support, membantu dan bekerja sama-sama sampai terselesainya tugas akhir ini.

9. Kepada teman-teman seperjuangan yang tidak dapat disebut satu persatu, yang telah mendukung untuk dapat menyelesaikan masa studinya bersama-sama.

Saya menyadari Bahwa Tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Dikarenakan keterbatasan waktu serta kemampuan yang dimiliki oleh penulis. Untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya.

Wassalamu'Alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Medan, 16 Agustus 2025

Penulis

Bryan Dimas Adji Nugroho

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	I
HALAMAN PENGESAHAN	II
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.
ABSTRAK	III
<i>ABSTRACT</i>	V
KATA PENGANTAR	VI
DAFTAR GAMBAR	XI
DAFTAR TABEL	XII
DAFTAR NOTASI	XV
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penulisan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Umum	5
2.2 Penelitian terdahulu	5
2.3 Sistem Struktur	10
2.3.1 Sistem Rangka Pemikul Momen	10
2.4 Struktur Beton	11
2.4.1 Beton Bertulang	11
2.4.1.1 Balok	12
2.4.1.2 Kolom	12
2.5 Penyajian Laporan dan Fungsi Penggambaran	14
2.6 Konsep Perencanaan Gedung	14
2.7 Desain terhadap beban lateral	14
2.8 Analisis Struktur Terhadap Gempa	15

2.9	Elemen-elemen structural di atas Tingkat dasar	16
2.10	Perencanaan Struktur Bangunan	17
2.10.1	Pembebanan	17
2.11	Perencanaan Beban	24
2.11.1	Kombinasi beban untuk metode ultimit	24
2.11.2	Faktor Reduksi Kekuatan Bahan (<i>Strength Reduction Factors</i>)	26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Metodologi Penelitian	27
3.2	Pengumpulan Data	28
3.2.1	Data Primer	28
3.2.2	Data Sekunder	28
3.2.3	Data Teknis	29
3.2.4	Data Non Teknis	30
3.3	Analisis Perhitungan	31
3.3.1	Dimensi Kolom dan Balok	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		33
4.1	Tinjauan Umum	33
4.2	Perbandingan Hasil Struktur Atas di Berbagai Elemen-elemen	33
4.2.1	Analisis Respons Spektrum Ragam	33
4.2.2	Berat Struktur	35
4.3	Gaya Geser Nominal	37
4.4	Simpangan Antar Tingkat	39
4.5	Pengaruh P-Delta	41
4.6	Ketidakteraturan Horizontal	42
4.7	Ketidakteraturan Vertikal	45
4.8	Analisis Struktur	49
4.9	Desain Struktur Balok dan Kolom	50
4.9.1	Desain Balok	50
4.9.2	Desain Kolom	51
4.10	Volume Beton	53
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		55

5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	58
LAMPIRAN	60
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	146

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis kolom berdasarkan tipe penulangan.	13
Gambar 2.2 Struktur kolom bergoyang dan tak bergoyang.	13
Gambar 2.3 Gaya inersia akibat getaran tanah pada benda kaku.	20
Gambar 2.4 Peta wilayah gempa Indonesia (SNI 1726:2019).	22
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.	27
Gambar 3.2 Denah struktur atas.	30
Gambar 4.1 Perbandingan nilai story drift arah X dan Y pada kedua kondisi gedung.	40

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Beban mati tambahan.	18
Tabel 2.2 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_0 dan beban hidup terpusat minimum (Tabel 4.3-1 SNI 1727:2020).	19
Tabel 2.3 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_0 dan beban hidup terpusat minimum (Tabel 4.3-1 SNI 1727:2020).	19
Tabel 2.4 Jenis-jenis tanah (SNI 1726:2019).	24
Tabel 3.1 Spesifikasi material struktur atas.	29
Tabel 4.1 Nilai perioda alami dan ragam massa struktur SRPMK.	34
Tabel 4.2 Nilai perioda alami dan ragam massa struktur sistem ganda.	34
Tabel 4.3 Massa struktur.	35
Tabel 4.4 Perbandingan nilai V , V_t , dan penyesuaian skala gempa pada Sistem ganda dan SRPMK pada tanah lunak.	38
Tabel 4.5 Perbandingan <i>story drift</i> pada struktur gedung menggunakan Sistem ganda dan SRPMK.	39
Tabel 4.6 Perbandingan nilai koefisien stabilitas struktur pada Sistem Ganda dan SRPMK.	41
Tabel 4.7 Kontrol ketidakberaturan torsi pada Sistem Ganda dan SRPMK.	42
Tabel 4.8 Kontrol tidak beraturan sudut dalam pada Sistem Ganda dan SRPMK.	44
Tabel 4.9 Kontrol tidak beraturan diskontinuitas pada Sistem Ganda dan SRPMK.	44
Tabel 4.10 Kontrol ketidakberaturan tingkat lunak pada Sistem Ganda dan SRPMK.	45
Tabel 4.11 Kontrol ketidakberaturan berat(massa) pada Sistem Ganda dan SRPMK.	46
Tabel 4.12 Kontrol ketidakberaturan geometri vertikal pada Sistem Ganda dan SRPMK.	48
Tabel 4.13 Kontrol ketidakberaturan kuat lateral tingkat pada Sistem Ganda dan SRPMK.	49

Tabel 4.14 Output gaya dalam balok bentang induk 6 lantai pada model SPRMK dan Sistem Ganda.	50
Tabel 4.15 Nilai A_s & ρ perlu dan A_s & ρ pakai balok bentang induk 6 lantai pada model SPRMK dan Sistem Ganda.	51
Tabel 4.16 Output gaya dalam kolom 800x800 pada model model SPRMK dan Sistem Ganda.	52
Tabel 4.17 Nilai A_s & ρ perlu dan A_s & ρ pakai kolom 800x800 pada model model SPRMK dan Sistem Ganda.	52
Tabel 4.18 Perbandingan Estimasi Volume Beton (m^3).	53
Tabel L.2.1 Kombinasi struktur atas.	62
Tabel L.3.1 Faktor R, C_d , dan Ω_0 untuk sistem pemikul gaya seismik.	64
Tabel L.4.1 Ketidakberaturan horizontal (Sumber: Tabel 10 SNI 1726:2019).	65
Tabel L.4.2 Ketidakberaturan Vertikal (Sumber: Tabel 11 SNI 1726:2019).	66
Tabel L.5.1 Desain lentur balok induk 6 meter.	80
Tabel L.5.2 Desain Geser balok induk 6 meter.	
Tabel L.5.3 Desain Torsi balok induk 6 meter.	83
Tabel L.5.4 Desain Lentur balok anak induk 6 meter.	
Tabel L.5.5 Desain geser balok anak induk 6 meter.	
Tabel L.5.6 Desain Torsi balok anak induk 6 meter.	88
Tabel L.5.7 Desain Lentur balok induk 5 meter.	89
Tabel L.5.8 Desain Lentur balok induk 5 meter.	92
Tabel L.5.9 Desain Torsi balok induk 5 meter.	93
Tabel L.5.10 Desain Longitudinal kolom 1000x1000mm.	95
Tabel L.5.11 Desain Transversal kolom 1000x1000mm.	95
Tabel L.5.12 Gaya Dalam kolom 1000x1000mm.	97
Tabel L.5.13 Gaya Dalam kolom 800x800mm.	98
Tabel L.5.14 Desain Longitudinal kolom 800x800mm.	98
Tabel L.5.15 Desain Transversal kolom 800x800mm.	99
Tabel L.5.16 Gaya Dalam kolom 600x600mm.	100
Tabel L.5.17 Desain Longitudinal kolom 600x600mm.	101
Tabel L.5.18 Desain Transversal kolom 600x600mm.	101

Tabel L.5.19 Analisa perhitungan pelat 150mm.	103
Tabel L.5.20 Analisa perhitungan pelat 150mm.	106
Tabel L.5.21 Analisa perhitungan gaya dalam Dinding Geser.	108
Tabel L.5.22 Analisa perhitungan Desain Dinding Geser.	109
Tabel L.5.23 Desain lentur balok induk 6 meter.	111
Tabel L.5.24 Desain Geser balok induk 6 meter.	113
Tabel L.5.25 Desain Torsi balok induk 6 meter.	114
Tabel L.5.26 Desain Lentur balok anak 6 meter.	116
Tabel L.5.27 Desain Geser balok anak 6 meter.	118
Tabel L.5.28 Desain Geser balok anak 6 meter.	119
Tabel L.5.29 Desain Lentur balok induk 5 meter.	121
Tabel L.5.30 Desain Geser balok induk 5 meter.	123
Tabel L.5.31 Desain Torsi balok induk 5 meter.	124
Tabel L.5.32 Desain Longitudinal Kolom 1meter.	126
Tabel L.5.33 Desain Transversal Kolom 1meter.	127
Tabel L.5.34 Desain Gaya dalam Kolom 1meter.	129
Tabel L.5.35 Desain Longitudinal kolom 0,6 meter.	129
Tabel L.5.36 Desain Transversal kolom 0,6 meter.	130
Tabel L.5.37 Desain Gaya dalam kolom 0,6 meter.	132
Tabel L.5.38 Desain Longitudinal kolom 0,6 meter.	132
Tabel L.5.39 Desain Transversal kolom 0,6 meter.	133
Tabel L.5.40 Desain Gaya dalam kolom 0,6 meter.	134
Tabel L.5.41 Desain Pelat lantai 150mm.	135
Tabel L.7.1 Hasil SPT lapangan kedalaman vs SN.	137
Tabel L.7.2 Hasil SPT lapangan kedalaman vs SN.	138

DAFTAR NOTASI

DL	= (<i>Dead load</i>) Beban mati.
SIDL	= (<i>Superimposed Dead Load</i>) Beban mati tambahan.
LL	= (<i>Live Load</i>) Beban hidup.
Lr	= (<i>Roof Live Load</i>) Beban hidup atap.
R	= (<i>Rain Load</i>) Beban hujan.
W _x	= (<i>Wind Load</i>) Beban angin pada arah sumbu x.
W _y	= (<i>Wind Load</i>) Beban angin pada arah sumbu y.
E _x	= (<i>Earthquake Load</i>) Beban gempa pada arah sumbu x.
E _y	= (<i>Earthquake Load</i>) Beban gempa pada arah sumbu y.
F _c '	= Kuat tekan beton (MPa).
F _y	= Tegangan leleh baja tulangan (MPa).
A _g	= Luas penampang bruto (mm ²).
A _s	= Luas tulangan tarik (mm ²).
A _v	= Luas tulangan geser (mm ²).
A _t	= Luas tulangan puntir (mm ²).
A _l	= Luas tulangan longitudinal (mm ²).
b	= Lebar penampang balok atau kolom (mm).
h	= Tinggi penampang balok atau kolom (mm).
d	= Tinggi efektif penampang (mm).
ρ	= Rasio tulangan.
ρ _{min}	= Rasio tulangan minimum.
ρ _{max}	= Rasio tulangan maksimum.
M _n	= Momen nominal (kNm).
M _u	= Momen ultimate (kNm).
V _u	= Gaya geser ultimate (kN).
T _u	= Momen puntir ultimate (kNm).
R _n	= Kekuatan nominal per satuan luas (MPa).
E _c	= Modulus elastisitas beton (MPa).
E _s	= Modulus elastisitas baja (MPa).
I _g	= Momen inersia penampang bruto (mm ⁴).

EI	= Kekakuan lentur (Nmm^2).
β_d	= Rasio beban mati terhadap beban total.
SDS	= Parameter percepatan spektral desain pada periode pendek.
R	= Faktor modifikasi respons gempa.
Ω	= Faktor kuat lebih sistem struktur.
C_d	= Faktor pembesaran defleksi.
Δ	= Simpangan antar tingkat (mm).
Δ_{ijin}	= Simpangan antar tingkat izin (mm).
q_{ult}	= Daya dukung ultimit tanah (kN/m^2).
q_c	= (<i>Conus Resistance</i>) dari sondir (kg/cm^2).
T_f	= (<i>Total Friction</i>) dari sondir (kg/cm).
N	= Nilai <i>Standard Penetration Test</i> (SPT).
V_s	= Kecepatan rambat gelombang geser tanah (m/s).
S_u	= Kekuatan geser tanah (kPa).
γ	= Berat jenis tanah (kN/m^3).
θ	= Sudut geser tanah (derajat).
C	= Kohesi tanah (kPa).
SF	= (<i>Safety Factor</i>) Faktor keamanan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Rusun adalah suatu model tempat tinggal yang memanfaatkan ruang yang relatif kecil dalam sebuah bangunan. Sebuah gedung rusun umumnya memiliki puluhan hingga ratusan unit hunian yang terdiri dari berbagai ruangan, seperti kamar tidur, ruang tamu, kamar mandi, dapur, dan sebagainya. Berdasarkan definisi tersebut, fungsi utama rusun adalah sebagai pemukiman vertikal dengan aktivitas yang hampir serupa dengan pemukiman pada umumnya. Selain itu, rusun juga dimaksudkan sebagai solusi bagi terbatasnya lahan permukiman di kota-kota besar seperti Medan.

Perencanaan struktur gedung rusun ini didesain sesuai dengan peraturan yang berlaku. Tujuan dari perencanaan struktur adalah untuk menghasilkan bangunan yang kuat, aman, efisien, dan sesuai dengan standar SNI yang berlaku. Secara umum, struktur bangunan gedung terdiri dari dua komponen utama, yaitu struktur bagian atas yang meliputi pelat lantai, balok, dan kolom, serta struktur bagian bawah berupa pondasi dan sloof. Struktur gedung dirancang untuk menjamin keselamatan penghuni, sehingga gedung yang direncanakan harus memenuhi standar SNI. Salah satu standar yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa adalah SNI-1726:2019.

Terdapat beberapa jenis sistem struktur yang dapat diterapkan dalam perencanaan bangunan untuk menahan gempa sesuai dengan SNI-1726:2019 tentang pedoman perencanaan ketahanan gempa pada bangunan gedung. Salah satu sistem yang dapat diterapkan adalah Sistem Rangka Pemikul Momen (SRPM). SRPM dibagi menjadi tiga jenis, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) untuk kategori desain seismik A dan B, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) untuk kategori desain seismik A, B, dan C, serta Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) untuk kategori desain seismik A, B, C, D, E, dan F.

Perencanaan gedung rusun ini menggunakan metode SRPMK karena berdasarkan hasil Standar Penetrasi Test (SPT), lokasi tersebut termasuk dalam kelas tanah lunak (SE) dan sesuai dengan peraturan perencanaan beban gempa.

Model perencanaan struktur akan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ETABS (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems). Perhitungan perencanaan gempa akan dilakukan dengan metode analisis respon spektrum. Perencanaan struktur beton bertulang untuk gedung rusun ini menggunakan metode SRPMK, karena sesuai dengan kondisi yang termasuk dalam kategori desain seismik.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana perbandingan deformasi lateral (simpangan antar tingkat) antara struktur yang menggunakan SRPMK dan Sistem Ganda?
2. Mengetahui perbandingan volume dan tulangan untuk menilai efisien dan kelayakan kedua system sesuai standar SNI yang berlaku di indonesia?

1.3 Tujuan Penulisan

1. Untuk mendapatkan perbandingan deformasi lateral pada struktur bangunan atas.
2. Untuk mengetahui perbandingan volume beton dan tulangan apakah hasil rencana memenuhi standar dan kriteria yang berlaku dari SNI yang ada di Indonesia.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan-batasan masalah yang ditetapkan pada Tugas Akhir ini adalah:

1. Fungsi Gedung yaitu rusun/hunian dan kategori resiko yaitu II.
2. Lokasi perencanaan Gedung Jl. Rawe, Kel. Tangkahan, Kec.Medan Labuhan, Kota Medan.
3. Kriteria desain berdasarkan SNI:
 - SNI 2847:2019 Persyaratan beton structural untuk bangunan gedung.

- SNI 1727:2020 Beban minimum untuk perancangan bangunan gedung.
 - SNI 1726:2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur gedung dan non gedung.
4. Jenis tanah dilokasi berdasarkan data situs puskim tanah lunak (SE)
 5. Mutu beton yang digunakan f'_c 35 Mpa.
 6. Pemodelan struktur menggunakan software ETAB (Extended Three Dimensional Analysis of Building Systems). Versi 18.
 7. Jumlah lantai bangunan berjumlah 16 lantai termasuk *basement* 3 lantai.
 8. Perencanaan fokus pada struktur atas Gedung.
 - a. Balok
 - b. Kolom

1.5 Manfaat Penelitian

1. Penulis dapat memahami perencanaan struktur gedung tahan gempa sesuai dengan peraturan SNI 1726:2019
2. Penulis dapat memahami penggambaran teknik yang sesuai dengan perhitungan.
3. Mengetahui hal-hal yang harus diperhatikan saat perencanaan sehingga kegagalan struktur dapat dihindari.
4. Menentukan perbedaan signifikan antara hasil perencanaan ETABS V18 dengan perhitungan software lain.
5. Mahasiswa dapat lebih memahami menggunakan software ETABS.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan yang digunakan pada Tugas Akhir ini sebagai berikut:

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan latar belakang permasalahan, ruang lingkup pembahasan, tujuan dilakukannya penelitian dan manfaat penelitian.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menguraikan teori-teori tentang bangunan struktur bertingkat banyak.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini menjelaskan rencana atau prosedur yang dilakukan penulis memperoleh jawaban yang sesuai dengan kasus permasalahan.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menguraikan hasil pembahasan analisis desain dan kinerja struktur.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi Kesimpulan sesuai analisis terhadap studi literatur dan berisi saran untuk pengembangan lebih lanjut yang baik dimasa yang akan datang.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Untuk bangunan bertingkat banyak, pada dasarnya mempunyai kesamaan dengan kantilever namun dalam bentuk vertikal yang menerima beban aksial akibat gravitasi dan beban melintang akibat gempa. Beban gravitasi ini pertama kali akan diterima oleh lantai yang kemudian ditransfer secara horizontal pada kolom dan diteruskan pada pondasi. Sedangkan untuk beban horizontal akan membebani setiap tingkat pada bangunan tinggi (Shelemo, 2023).

Struktur bangunan dapat dirancang dengan mudah apabila beban-beban yang bekerja pada bangunan bisa ditentukan dengan pasti. Kapasitas bangunan dapat ditentukan sesuai dengan penggunaan bangunan yang bersangkutan, sehingga beban hidup dan beban mati dapat dihitung sesuai kapasitas rencana. Tetapi beban akibat bencana alam yang mempengaruhi bangunan seperti angin, gempa yang tidak dapat dengan pasti diidentifikasi sehingga dalam rancang bangun harus diperhatikan agar struktur tidak runtuh pada kondisi beban maksimal (Shelemo, 2023).

2.2 Penelitian terdahulu

Pada Penelitian ini menggunakan tinjauan pustaka yang diperoleh dari beberapa jurnal dan penelitian sebelumnya yang membahas dan meneliti tentang Perbandingan antara Perbandingan antara sistem rangka pemikul momen- khusus (SRPMK), sistem rangka pemikul momen menengah (SRPMM), dan sistem rangka pemikul momen biasa (SRPMB) dalam desain gedung bertingkat. Berikut adalah penelitian sejenis yang digunakan sebagai tinjauan pustaka penelitian ini.

1. Menurut Fitrah dan Melinda (2020), melakukan studi komparasi detailing tulangan lentur pada beton bertulang menggunakan SRPMK dan SRPMM untuk mencapai kapasitas sebuah gedung tahan gempa. Tujuan dari penelitian ini ialah membandingkan desain dan detailing tulangan lentur pada SRPMK dan

SRPMM dengan fungsi Gedung perkantoran. Berdasarkan hasil komparasi desain struktur SPRMK dan SRPMM. Terdapat perbedaan jumlah tulangan longitudinal untuk memikul momen positif dan negatif di sepanjang bentang balok, serta jarak tulangan transversal dan jarak pemutusan tulangan.

2. Menurut Imran dan Hendrik (2021), Sistem rangka ruang didalam komponen-komponen struktur dan join-joinnya menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser dan aksial disebut dengan sistem rangka pemikul momen. Secara garis besar, sistem rangka pemikul momen dapat dikelompokkan menjadi tiga, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB), Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK). Perbedaan dari ketiga sistem struktur diatas ada pada kemampuannya dalam mengalami deformasi inelastis dan tingkat daktilitas. Selain faktor deformasi inelastis dari ketiga sistem rangka pemikul momen ini juga dapat dibedakan dari perilaku kinerja struktur gedung dalam mengalami daktilitas yang berbeda-beda. Pada SRPMK tingkat daktilitasnya adalah daktil penuh, sedangkan pada SRPMM dan SRPMB tingkat daktilitasnya adalah daktil parsial.
3. Menurut Fadillah dan Musthtofa (2024), struktur gedung kantor dengan metode SRPMB menunjukkan gaya lateral yang relatif lebih besar dibandingkan dengan struktur gedung kantor SRPMM, dengan perbandingan rata-rata sebesar 72,77%. Selanjutnya, baik dalam kondisi statik maupun dinamik, gedung kantor SRPMB juga terbukti memiliki gaya geser dasar yang lebih tinggi dibandingkan dengan SRPMM, dengan perbedaan signifikan mencapai sekitar 66,67% untuk arah X dan Y secara statik, serta sekitar 78% untuk arah X dan 78,85% untuk arah Y secara dinamik. Terkait dengan simpangan lateral per lantai serta simpangan antar lantai, gedung kantor SRPMM jauh lebih besar daripada SRPMB, dengan perbandingan rata-rata masing-masing sekitar 25,23% dan 26,84% untuk arah X dan Y. Terakhir, gedung kantor dengan metode SRPMM memiliki koefisien stabilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan SRPMB, dengan perbedaan sekitar 15,88% untuk arah X dan 17,59% untuk arah Y.

4. Menurut Batara, dkk. (2019), melakukan penelitian tentang Perbandingan Perencanaan Gedung Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) dengan objek penelitian berupa Gedung Grand UMI Tower. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui besarnya pengaruh beban gempa yang bekerja pada gedung serta merencanakan Superstruktur pada gedung Grand Tower Universitas Muslim Indonesia dengan perencanaan SRPMK dan SRPMM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh gaya geser dasar gempa yang bekerja pada struktur bangunan pada model I (SRPMK) lebih kecil dibandingkan dengan bangunan model II (SRPMM) yaitu selisih 28,83% pada gempa arah x-x dan 28,77% pada gempa arah y-y. Dari hasil desain penulangan pada model I (SRPMK) jumlah luas tulangan longitudinal elemen balok dan kolom sebesar 121673 mm² dan 183577 mm² sedangkan pada model II (SRPMM) sebesar 118916 mm² dan 183577 mm².
5. Menurut Simatupang (2019), melakukan penelitian yang berjudul “Analisis dan Desain Elemen Struktur Beton Bertulang pada Gedung Yang Memiliki Kolom Miring Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB)”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui perbandingan nilai gaya dalam berupa momen lentur, momen torsi, gaya geser, dan gaya aksial pada struktur kolom dan balok, nilai displacement serta kebutuhan tulangan yang terpasang di kedua model gedung tersebut. Dari perbandingan hasil analisis dan desain pada kedua model gedung tersebut diperoleh nilai gaya dalam berupa momen lentur, momen torsi, gaya geser, dan gaya aksial pada model gedung yang memiliki kolom miring (Model 2) bernilai lebih besar dibandingkan dengan gedung tanpa kolom miring (Model 1). Jumlah berat kebutuhan tulangan yang terpasang pada gedung Model 2 lebih besar dibandingkan dengan gedung Model 1 sebesar 70,89%. Dimensi balok dan kolom terpasang pada gedung Model 2 lebih besar dibandingkan dengan gedung Model 1. Nilai displacement pada gedung Model 1 dan 2 masih memenuhi syarat sehingga tidak diperlukan penggantian dimensi pada elemen struktur gedung akibat.
6. Menurut Almufid dan Santoso (2021), dalam jurnalnya melakukan penelitian tentang Struktur SRPMK DAN SRPMM Pada Bangunan Tinggi dengan objek

penelitian berupa Gedung Apartmen hotel 10 lantai yang berlokasi di Kota Depok. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan suatu perbandingan antara kedua metode SRPM (SRPMM dan SRPMK). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai gaya geser dasar statik dan dinamik pada Struktur SRPMM bernilai lebih besar apabila dibandingkan dengan Struktur SRPMK. Diperoleh hasil bahwa beban gempa yang terjadi pada struktur dengan sistem SRPMM lebih besar dibandingkan struktur dengan sistem SRPMK. Hal ini dikarenakan struktur dengan sistem SRPMM memiliki faktor reduksi yang relatif lebih kecil yaitu sebesar $R = 5$, sedangkan struktur sistem SRPMK memiliki faktor reduksi sebesar $R = 8$. Maka dengan begitu struktur dengan sistem SRPMM memiliki faktor skala yang lebih besar. Pada perencanaan ini, model struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah mendapatkan hasil yang lebih efisien dibandingkan model struktur dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus. Pada perencanaan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus menghasilkan struktur yang lebih kaku dibandingkan perencanaan dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah.

7. Menurut Santosa dan Tama (2022), dalam jurnalnya melakukan penelitian tentang perbandingan displacement, gaya dalam, serta tulangan lentur dan geser kolom antara SRPMB dan SRPMK dengan objek penelitian bangunan pendidikan 7 lantai. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui gaya dalam, serta tulangan lentur dan geser kolom antara SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa) dan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) suatu bangunan beton bertulang berlantai 6 (enam) yang berfungsi sebagai fasilitas pendidikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai displacement lantai 1-7 akibat beban gravitasi pada SRPMB mempunyai nilai yang sama dengan SRPMK. Displacement lantai 1-7 akibat beban gempa pada arah x maupun arah Y pada SRPMB lebih besar dibandingkan SRPMK dengan selisih kelipatan sebesar 2,6667. Output gaya aksial (P), gaya geser (V) dan momen (M) pada SRPMB lebih besar dibandingkan SRPMK.
8. Menurut Ohorella, dkk. (2023), dalam jurnalnya melakukan perbandingan respon seismik struktur atas gedung simetris dua arah berdasarkan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 dengan menggunakan studi kasus berupa

Gedung Kuliah Bersama Politeknik Cilacap. Tujuan penelitian ini adalah untuk meninjau ulang struktur bangunan yang telah jadi untuk dikaji ulang terhadap seberapa besar perubahan respon seismik yang terjadi pada struktur atas bangunan gedung yang meliputi periode, gaya geser dasar, drift ratio, ketidakberaturan, dan efek P-delta jika digunakan beban gempa berdasar SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019. Setelah melakukan analisis respon seismik dengan analisis dinamik menggunakan respon spektrum maka diperoleh hasil bahwa nilai simpangan antar lantai arah X dan Y berdasarkan SNI 1726-2012 relatif lebih kecil apabila dibandingkan dengan nilai simpangan antar lantai berdasarkan SNI 1726-2019. Pengaruh P-delta arah X dan Y Gedung Kuliah Bersama Politeknik Negeri Cilacap berdasarkan SNI 1726-2012 relatif lebih besar apabila dibandingkan dengan pengaruh P-delta berdasarkan SNI 1726-2019 dan keduanya telah memenuhi syarat pengaruh P-delta.

9. Menurut Tajunnisa, dkk. (2020), Daktilitas SRPMM memenuhi persyaratan SNI. Sedangkan SRPMK tidak memenuhi. Tidak memenuhinya daktilitas pada struktur SRPMK, diduga karena dimensi struktur yang digunakan pada kedua metode tersebut adalah sama. Seharusnya pada struktur SRPMK dibuat dimensi yang lebih langsing pada metode SRPMK, agar syarat daktilitas memenuhi. Dari hipotesa ini, maka diperlukan studi/penelitian lanjutan untuk membandingkan jika digunakan dimensi struktur yang lebih langsing. Juga dihitung kebutuhan tulangan yang dibutuhkan.
10. Menurut Solikin dan Balich (2023), Dimensi dan jumlah tulangan balok dan kolom SRPMM dan SRPMK akibat dari adanya perbedaan dari nilai faktor sistem gaya seismik yaitu koefisien modifikasi respon, nilai faktor kuat belah sistem dan faktor pembesaran defleksi. Nilai SRPMM ialah $R=5$, $\Omega_0 = 3$, $C_d = 4,5$ sedangkan nilai SRPMK adalah $R = 8$, $\Omega_0 = 3$, $C_d = 5,5$. Oleh karena itu kekakuan struktur SRPMM lebih besar dari struktur SRPMK.

Perencanaan struktur gedung bertingkat harus berpedoman pada syarat-syarat dan ketentuan yang berlaku di negara tempat proyek tersebut dilaksanakan dalam kasus ini proyek dilaksanakan di Indonesia maka harus berpedoman pada Standar

Nasional Indonesia mengenai perencanaan gedung dan buku pedoman lain yang dirasa sesuai.

2.3 Sistem Struktur

Sistem struktur adalah kombinasi dari berbagai elemen struktur yang disusun sedemikian rupa sehingga membentuk satu kesatuan struktur yang dapat memikul beban-beban yang direncanakan.

2.3.1 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen adalah suatu sistem struktur yang pada dasarnya memiliki rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap. Beban gravitasi adalah beban mati struktur dan beban hidup. Sedangkan beban angin dan beban gempa termasuk dalam beban lateral. Beban lateral dipikul rangka pemikul momen terutama melalui mekanisme lentur. SRPM dibagi menjadi tiga tingkatan, yaitu:

1. SRPMK (Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus)

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) pada dasarnya memiliki daktilitas penuh dan wajib digunakan di daerah resiko gempa yang tinggi. Struktur harus direncanakan menggunakan sistem penahan beban lateral yang memenuhi persyaratan detailing yang khusus dan mempunyai daktilitas penuh. Komponen struktur rangka ini harus memenuhi kondisi pada pasal 21.5 SNI 2847 2019.

2. SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah):

Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) merupakan sistem rangka ruang dimana komponen-komponen strukturnya dapat menahan gaya-gaya yang bekerja melalui aksi lentur, geser, dan aksial. Ketentuan-ketentuan untuk SRPMM mengacu pada SNI 2847:2019 tentang Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, pasal 21.3, yaitu:

- a) Persyaratan SNI 2847:2019 pasal 21.3 berlaku untuk rangka momen menengah yang membentuk bagian sistem penahan gaya gempa.

- b) Detail tulangan pada komponen struktur rangka harus memenuhi ketentuan SNI 2847:2019 pasal 21.3.4.
- 3. SRPMB (Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa):
 - 1) Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 21.2.2, balok harus mempunyai paling sedikit dua batang tulangan longitudinal yang menerus sepanjang kedua muka atas dan bawah. Tulangan ini harus disalurkan pada muka tumpuan.
 - 2) Berdasarkan SNI 2847:2019 Pasal 21.2.3, kolom yang mempunyai tinggi bersih kurang dari atau sama dengan lima kali dimensi c_l (dimensi kolom persegi atau persegi ekuivalen) harus didesain untuk geser sesuai dengan SNI 2847:2019 Pasal 21.2.3).

2.4 Struktur Beton

Beton merupakan suatu elemen struktur yang terdiri dari partikel partikel agregat yang dilekatkan oleh pasta yang terbuat dari semen portland dan air. Pasta itu mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel agregat dan setelah beton segar dicor, ia akan mengeras sebagai akibat dari reaksi kimia eksotermis antara semen dan air sehingga membentuk suatu bahan struktur yang padat dan dapat tahan lama. Karakteristik beton adalah kuat tekan atau kuat desaknya. Kuat tekan beton relatif tinggi dibandingkan kuat tariknya, sehingga beton baik untuk menahan gaya tekan tetapi tidak baik menahan tarik.

2.4.1 Beton Bertulang

Beton bertulang merupakan gabungan dari dua jenis bahan, yaitu beton polos yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi tetapi kekuatan tarik yang rendah dan batangan- batangan baja yang ditanamkan di dalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan.

2.4.1.1 Balok

Balok merupakan salah satu elemen utama penyusun struktur gedung yang umumnya terpasang secara horizontal/ lateral. Sebagai elemen struktur utama, terhubung dengan kolom sehingga berbentuk rangka yang stabil dalam memikul beban baik beban gravitasi maupun gempa. Fungsi utama dari balok ialah menyalurkan beban gravitasi yang berasal dari pelat lantai, kemudian menyalurkannya kedalam elemen kolom berupa gaya dan momen. Saat gempa terjadi, balok berperan aktif dalam menjaga kestabilan struktur dengan menyerap energi gempa melalui sendi plastis pada ujung-ujungnya. Untuk perencanaan struktur balok SRPMK dapat dilihat pada SNI 2847:2019 pasal 9.6 dan 18.6. Pada pasal 18.6.3 & terdapat desain tulangan longitudinal balok, Pasal 18.6.4 tentang desain transversal balok dan pasal 9.5-9.7 & pasal 22.7 tentang desain torsi. Untuk faktor reduksi pada tabel 21.2.1.

2.4.1.2 Kolom

Kolom merupakan elemen struktur utama yang memikul beban kombinasi aksial tekan dan momen lentur. Kolom juga elemen struktur yang berperan penting dalam memikul beban lateral (khususnya gempa) pada struktur Gedung. Ditinjau dari kelangsingannya, kolom terbagi dua:

a. Kolom pendek (short reinforced concrete column)

Kolom ini tergolong dalam keruntuhan material. Keruntuhan material adalah suatu kondisi keruntuhan dimana elemen kolom hancur dikarenakan beban yang dipikul melebihi kekuatan & material yang digunakan.

b. Kolom langsing (slender reinforced concrete column).

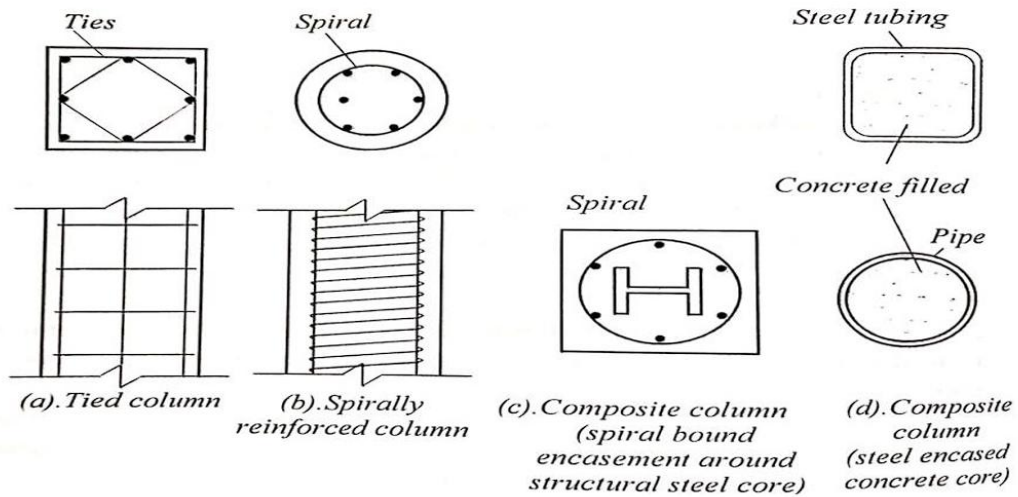
Kolom ini tergolong dalam keruntuhan tekuk. Keruntuhan tekuk adalah suatu bentuk keruntuhan dimana penampang kolom tersebut terlalu langsing sehingga elemen yang menerima beban aksial tekan mengalami tekuk pada batang, meskipun belum mencapai batas kekuatan materialnya.

Bila ditinjau dari penulangannya, kolom dibagi menjadi tiga, yaitu:

a. Kolom dengan sengkang ikat (tied column)

b. Kolom tulangan spiral (spirally reinforced column)

c. Kolom komposit (composite column), seperti Gambar 2.1.



Gambar 2.1: Jenis kolom berdasarkan tipe penulangan.

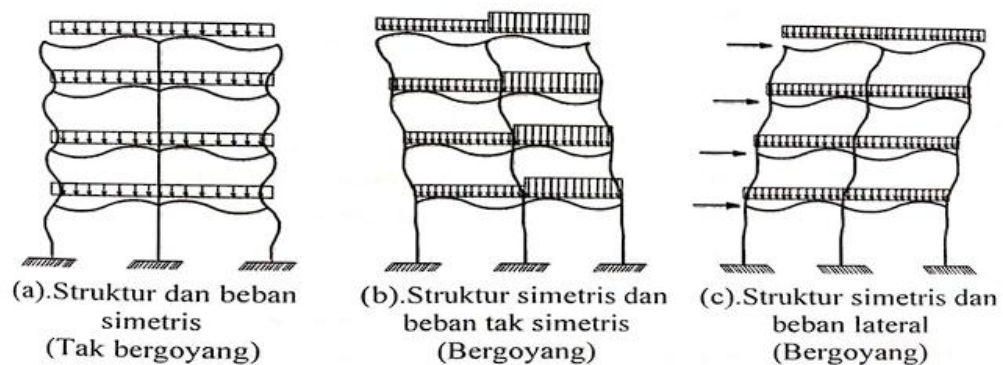
Akibat dari sistem struktur dan tipe pembebanan, kolom dibagi dua, yaitu:

a. Kolom tak bergoyang

Kolom tak bergoyang terjadi pada struktur yang mengalami beban gravitasi dan formasi bebannya simetris, sehingga kolom murni menerima aksial tekan tanpa adanya perpindahan secara lateral.

b. Kolom bergoyang

Kolom bergoyang terjadi karena adanya beban lateral (gempa atau angin) yang membebani struktur. Akibatnya struktur kolom mengalami perpindahan di arah lateral (bergoyang), seperti Gambar 2.2.



Gambar 2.2: Struktur kolom bergoyang dan tak bergoyang.

Untuk merencanakan struktur kolom SRPMK diatur dalam SNI 2847:2019 dapat di lihat pada pasal 18.7; Hal-384.

2.5 Penyajian Laporan dan Fungsi Penggambaran

Penyajian laporan tugas akhir ini disesuaikan dengan pedoman pembuatan laporan tugas akhir yang diterbitkan oleh jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang terdiri dari sistematika penulisan, penggunaan bahasa dan bentuk laporan. Sedangkan format penggambaran di sesuaikan dengan peraturan dan tata cara menggambar teknik struktur bangunan dengan menggunakan program ETABS dan Autocad 2007.

2.6 Konsep Perencanaan Gedung

Selain didesain dapat memikul beban vertikal atau beban gravitasi struktur bangunan tinggi juga harus direncanakan tahan terhadap gempa. Untuk itu perencanaan harus memperhitungkan beban lateral (gempa). Tingkat keberaturan bentuk bangunan yang akan direncanakan dapat mempengaruhi metode analisis struktur apa yang akan digunakan. Konsep ini merupakan dasar teori perencanaan dan perhitungan struktur, yang meliputi desain terhadap beban lateral (gempa) dan metode analisis struktur yang digunakan (Wallah, dkk., 2020).

2.7 Desain terhadap beban lateral

Kestabilan Lateral dapat dicapai jika elemen-elemen vertikal dan horizontal struktur didesain sedemikian sehingga untuk dapat memikul beban lateral. Mekanisme dasar untuk menjamin kestabilan lateral diperoleh dengan menggunakan hubungan kaku untuk memperoleh bidang geser kaku yang dapat memikul beban lateral.

Beban gempa adalah beban lateral yang dominan terhadap kestabilan struktur, Dimana efek dinamisnya menjadikan analisisnya lebih kompleks. Penerapan analisis ini dilakukan untuk memastikan bahwa desain elemen-elemen struktur tersebut kuat menahan gaya gempa (Suriani, 2022).

2.8 Analisis Struktur Terhadap Gempa

Struktur bangunan gedung terdiri dari struktur atas dan bawah. Struktur atas adalah bagian struktur gedung yang berada di atas permukaan tanah dan struktur bawah adalah bagian dari struktur bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang dapat terdiri dari struktur basement, dan atau struktur pondasi lainnya. (SNI 1726:2019).

a. Persyaratan dasar

Prosedur analisis dan desain seismic yang digunakan dalam perencanaan struktur bangunan gedung dan komponennya seperti yang ditetapkan dalam pasal ini. Struktur bangunan gedung harus memiliki sistem penahan gaya lateral dan vertikal yang lengkap, yang mampu memberikan kekuatan, kekakuan dan kapasitas disipasi energi yang cukup untuk menahan gerak tanah desain dalam Batasan-batasan kebutuhan deformasi dan kekuatan yang di syaratkan. Gerak tanah desain harus diasumsikan terjadi di sepanjang setiap arah horizontal struktur bangunan gedung.

b. Desain elemen struktur, desain sambungan dan Batasan deformasi.

Komponen/elemen struktur individu termasuk yang bukan merupakan bagian sistem penahan gaya gempa harus disediakan dengan kekuatan yang cukup untuk menahan geser, gaya aksial dan momen yang ditentukan sesuai dengan tata cara ini, dan sambungan-sambungan harus mampu mengembangkan kekuatan komponen/elemen struktur yang disambung. Deformasi struktur tidak boleh melebihi Batasan yang ditetapkan pada saat struktur dikenakan beban gempa.

c. Lintasan beban yang menerus dan keterhubungan.

Lintasan-lintasan beban yang menerus dengan kekakuan dan kekuatan yang memadai harus disediakan untuk mentransfer semua gaya dan titik pembebanan hingga titik akhir penumpuan. Semua bagian struktur antara join pemisah harus terhubung untuk membentuk lintasan menerus ke sistem penahan gaya gempa, dan sambungan harus mampu menyalurkan gaya gempa yang ditimbulkan oleh bagian-bagian yang terhubung.

d. Sambungan ke tumpuan.

Sambungan pengaman untuk menahan gaya horizontal yang bekerja paralel terhadap elemen struktur harus disediakan untuk setiap balok, girder langsung ke elemen tumpuannya atau ke pelat yang di desain bekerja sebagai diafragma itu. Sambungan harus mempunyai kuat desain minimum sebesar 5% dari reaksi beban mati ditambah beban hidup.

e. Desain pondasi.

Pondasi harus di desain untuk menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur oleh gerak tanah desain. Sifat dinamis gaya, gerak tanah yang diharapkan, dasar desain untuk kekuatan dan kapasitas disipasi energi struktur dan properti dinamis tanah harus disertakan dalam penentuan kriteria pondasi. Pada gedung dengan basement, taraf penjepitan lateral struktur atas dapat dianggap terjadi pada muka tanah atau lantai dasar.

Struktur bangunan gedung harus di klasifikasikan sebagai beraturan atau tidak beraturan. Struktur yang memenuhi ketentuan di atas ditetapkan sebagai gedung beraturan berdasarkan konfigurasi horizontal dan vertikal bangunan gedung.

2.9 Elemen-elemen structural di atas Tingkat dasar

Sesuai dengan Batasan khusus prosedur di bagian ini, elemen-elemen struktur di atas Tingkat dasar harus direncanakan dengan menggunakan persyaratan-persyaratan yang berlaku untuk struktur tanpa isolasi dan gaya-gaya yang diperoleh dari analisis dinamik dibagi dengan faktor R_I seperti yang ditentukan 0.

Untuk analisis spektrum respons, geser rencana pada setiap tingkat tidak boleh kurang dari geser lantai yang di hasilkan dari penerapan gaya-gaya yang di hitung menggunakan persamaan (137) dan suatu nilai V_b yang sama dengan geser dasar yang di dapat dari analisis spektrum respons di arah yang di tinjau.

Untuk analisis riwayat respons dari struktur beraturan, nilai V_b tidak boleh diambil kurang dari 80% dari yang di tetapkan menurut 0 dan nilai V_s tidak boleh diambil kurang dari 100% batasan yang di tetapkan dalam 0 (SNI 1726:2019).

2.10 Perencanaan Struktur Bangunan

2.10.1 Pembebanan

Pemisahan antara beban statis dan dinamis merupakan hal yang mendasar dalam tahap analisa pembebanan untuk perencanaan bangunan tinggi. Konsep pemisahan ini dimaksudkan untuk mempermudah dalam pengelompokan hubungannya dengan kombinasi pembebanan (*load combination*) untuk analisa tahap selanjutnya.

1. Beban Statis

Beban statis adalah beban yang bersifat tetap sepanjang masa selama bangunan masih tetap ada, bekerja secara terus-menerus pada struktur. Beban statis pada umumnya dapat dibagi menjadi beban mati, beban hidup dan beban khusus. Beban khusus adalah beban yang terjadi akibat penurunan pondasi atau efek temperature. Beban statis juga di asosiasikan dengan beban-beban yang secara perlahan-lahan timbul serta mempunyai variabel besaran yang bersifat tetap (*steady states*). Dengan demikian, jika suatu beban mempunyai perubahan intensitas yang berjalan cukup perlahan sedemikian rupa sehingga pengaruh waktu tidak dominan, maka beban tersebut dapat dikelompokkan sebagai beban statis (*static load*). Deformasi dari struktur akibat beban statik akan mencapai puncaknya jika beban ini mencapai nilainya.

2. Beban Mati

Beban mati (*dead load*) adalah berat sendiri dari semua bagian dari suatu bangunan yang bersifat tetap. Beban mati pada struktur bangunan ditentukan oleh berat jenis bangunan. Berat ini terdiri atas berat struktur dan beban lain yang ada pada struktur secara permanen. Beban mati terdiri dari atas berat rangka, dinding, lantai, atap, plumbing.

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, pelat, kolom, dinding geser, kuda-kuda dan lainnya serta beban mati akibat komponen gedung misalnya: bata ringan, penggantung plafond, keramik, kaca, kusen dan lainnya.

Berdasarkan perhitungan beban Rusunawa, beban yang di modelkan akan dihitung secara otomatis oleh program. Program struktur yang digunakan adalah ETABS (*Extended Three Dimensional Analysis of Building System*) V18.

1) Beban Mati Tambahan

Tabel 2.1: Beban mati tambahan.

Jenis Beban	Berat (kN/m ²)
Keramik	0.24
Spesi	0.41
Mekanikal Elektrikal	0.19
Penggantung	0.07
Plafond	0.11
Dinding bata 15 cm	2.50

2) Beban mati di lantai

- Beban finishing lantai (spesi + keramik) = 0.65 kN/m²
- Beban plafond + penggantung = 0.18 kN/m²
- Beban instalasi ME = 0.19 kN/m²
- Jumlah beban mati pada pelat lantai = 1.02 kN/m²

3) Beban mati di atap

- Beban plafond + penggantung = 0.18 kN/m²
- Beban instalasi ME = 0.19 kN/m²
- Jumlah beban mati pada pelat atap = 0.37 kN/m²

4) Beban mati di balok

- Beban dinding merata 4 m = 10.00 kN/m

5) Beban mati di kolom

- Beban lift = 15.69 Kn

3. Beban Hidup

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.

Meskipun dapat berpindah-pindah, beban hidup masih dapat dikatakan bekerja secara perlahan-lahan pada struktur. Beban yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan (*occupancy loads*) adalah beban hidup.

1) Beban hidup di lantai

- Semua ruang $L_0 = 1.92 \text{ kN/m}^2$

Tabel 2.2: Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_0 dan beban hidup terpusat minimum (Tabel 4.3-1 SNI 1727:2020).

Hunian atau penggunaan	Merata, L_0 psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat Ib (kN)	Juga Lihat Pasal
Rumah tinggal					
Hunian satu dan dua keluarga					
Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang	10 (0,48)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.1
Loteng yang tidak dapat dihuni dengan gudang	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.2
Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	30 (1,44)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua ruang kecuali tangga	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Semua hunian rumah tinggal lainnya					
Ruang pribadi dan koridornya	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Ruang publik	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Koridor ruang publik	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		

2) Beban hidup di atap

- Atap datar $L_0 = 0.96 \text{ kN/m}^2$

Tabel 2.3: Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_0 dan beban hidup terpusat minimum (Tabel 4.3-1 SNI 1727:2020).

Hunian atau penggunaan	Merata, L_0 psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. Pasal)	Terpusat Ib (kN)	Juga Lihat Pasal
Atap					
Atap datar, berbubung, dan lengkung	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		4.8.1
Atap yang digunakan penghuni	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,70)	Ya (4.8.3)	-		
Atap vegetatif dan atap lansekap					
Atap bukan untuk hunian	20 (0,96)	Ya (4.8.2)	-		
Atap untuk tempat berkumpul	100 (4,79)	Ya (4.8.3)	-		
Atap untuk penggunaan lainnya	Sama dengan penggunaan yang dilayani	Ya (4.8.3)	-		

4. Beban Angin

Beban angin (*wind load*) adalah semua beban yang bekerja pada gedung atau bagian gedung yang disebabkan oleh selisih dalam tekanan udara.

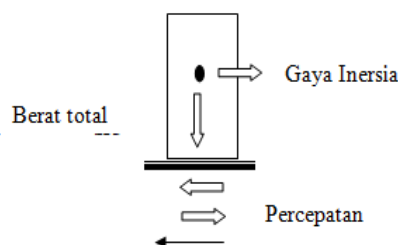
5. Beban Dinamis

Beban dinamis adalah beban yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur. Pada umumnya, beban ini tidak bersifat tetap (*unsteady-state*) serta mempunyai karakteristik besaran dan arah yang berubah dengan cepat. Deformasi pada struktur akibat beban dinamik ini juga akan berubah-ubah secara cepat. Beban dinamis ini terdiri dari beban gempa dan beban angin.

6. Beban Gempa

Beban Gempa adalah fenomena getaran yang diakibatkan oleh benturan atau gesekan lempeng tektonik (*plate tectonic*) bumi yang terjadi di daerah patahan (*fault zone*). Gempa yang terjadi di daerah patahan ini pada umumnya merupakan gempa dangkal karena patahan umumnya terjadi pada lapisan ini bumi dengan kedalaman antara 15 sampai 50 km. Gerak tanah gempa rencana harus digunakan untuk menghitung perpindahan rencana total system isolasi dan gaya gaya lateral serta perpindahan pada struktur dengan isolasi.

Pada saat bangunan bergetar akibat adanya gempa, timbul gaya-gaya pada struktur bangunan karena adanya kecenderungan massa bangunan untuk mempertahankan dirinya dari gerakan, gaya yang timbul ini disebut Inersia. Besar gaya-gaya tersebut terdistribusi, kekakuan struktur, kekakuan tanah, jenis pondasi, adanya mekanisme redaman pada bangunan dan tentu saja perilaku dan besar getaran itu sendiri.



Gambar 2.3: Gaya inersia akibat getaran tanah pada benda kaku.

$$\text{Gaya Inersia (FI)} = \left[\frac{W}{g} \right] \times a \quad (2.1)$$

$$\text{Gaya geser penahan Inersia} = (a \times g) \times w \quad (2.2)$$

Dimana :

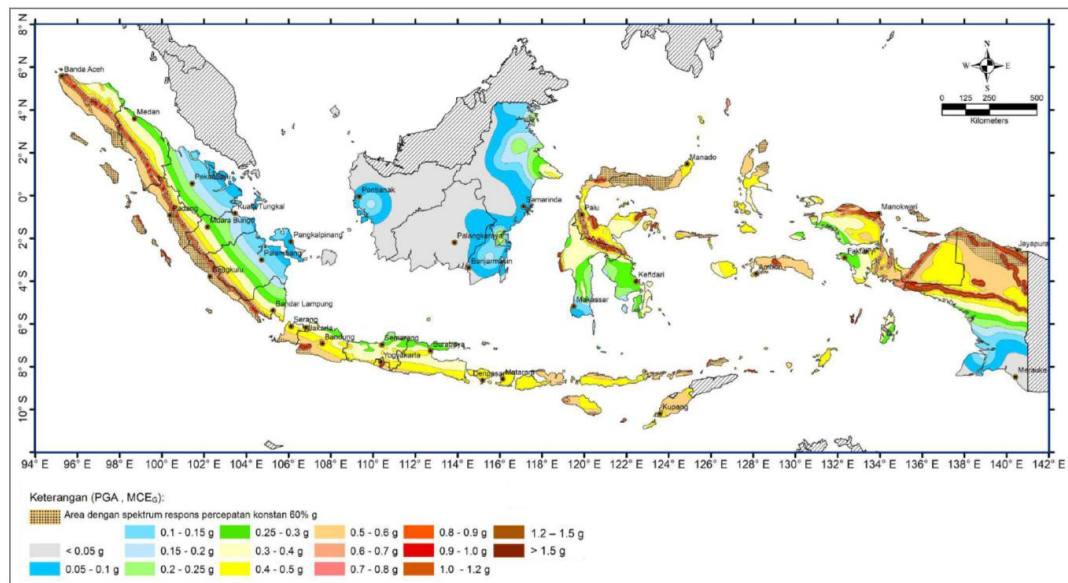
FI : gaya inersia
 V : gaya geser penahan inersia
 a : percepatan gempa
 g : gravitasi

Gaya geser horizontal akibat gempa sepanjang tinggi gedung pada perencanaan. Dengan mempertimbang tinggi gedung kurang dari 60 m, maka perhitungan struktur menggunakan metode analisis statis. Koefisien daerah (kd) tergantung pada letak geografis dari bangunan, berarti tergantung pada daerah gempa Dimana bangunan itu berada. Gedung enam belas (16) Lantai Rumah Susun ini direncanakan berada di Kota Medan.

Meskipun konsep di atas pada awalnya telah membentuk dasar-dasar untuk desain terhadap gempa bumi, model di atas hanya merupakan penyederhanaan apabila fleksibilitas aktual yang dimiliki struktur diperhitungkan maka diperhitungkan maka diperlukan model yang rumit untuk memprediksikan gaya-gaya gesek yang timbul di dalam struktur sebagai akibat dari percepatan. Suatu aspek penting yang utama dalam meninjau perilaku struktur fleksibel yang mengalami percepatan tanah adalah priode alami getar.

1) Wilayah Gempa dan Spektrum Respons

Besar kecilnya beban gempa yang diterima suatu struktur tergantung pada lokasi Dimana struktur bangunan tersebut akan dibangun seperti terlihat pada gambar peta diwilayah gempa dibawah ini.



Gambar 2.4: Peta wilayah gempa Indonesia (SNI 1726:2019).

Harga dari faktor respon gempa (C) dapat ditentukan dari Diagram Spektrum Gempa Rencana, sesuai dengan wilayah gempa dan kondisi jenis tanahnya untuk waktu getar alami fundamental.

2) Faktor Keutamaan Gedung (1)

Faktor Keutamaan adalah suatu koefisien yang diadakan untuk memperpanjang waktu ulang dari kerusakan struktur-struktur gedung yang relatif lebih utama, untuk menanamkan modal yang relatif besar pada gedung itu. Waktu ulang dari kerusakan struktur gedung akibat gempa akan diperpanjang dengan pemakaian suatu faktor keutamaan. Faktor Keutamaan I menurut persamaan:

$$I = I_1 \times I_2 \quad (2.3)$$

Dimana, I_1 adalah faktor keutamaan untuk menyesuaikan periode ulang gempa berkaitan dengan penyesuaian probabilitas terjadinya gempa selama umur gedung, sedangkan I_2 adalah faktor Keutamaan untuk menyesuaikan umur gedung tersebut.

3) Daktalitas Struktur Gedung

Faktor daktalitas struktur gedung μ adalah rasio antara simpangan maksimum struktur gedung akibat pengaruh gempa rencana pada saat mencapai kondisi di

ambang keruntuhan δ_m dan simpangan struktur gedung pada saat terjadinya pelelehan pertama δ_y , yaitu:

$$1,0 \leq \mu = \frac{\delta_m}{\delta_y} \leq \mu_m \quad (2.4)$$

Pada persamaan ini, $\mu = 1,0$ adalah nilai faktor daktilitas untuk struktur bangunan gedung yang berperilaku elastik penuh, sedangkan μ_m adalah nilai faktor daktilitas maksimum yang dapat dikerahkan oleh sistem struktur bangunan gedung yang bersangkutan.

4) Pembatasan Waktu Getar

Untuk mencegah penggunaan struktur yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar struktur fundamental harus dibatasi. Dalam SNI 03-1726:2019 diberikan batasan sebagai berikut:

$$T < \xi n \quad (2.5)$$

dimana:

T = waktu getar struktur fundamental

n = jumlah Tingkat gedung

ξ = koefisien pembatas

5) Jenis Tanah

Pengaruh gempa rencana di muka tanah harus ditentukan dari hasil analisis perambatan gelombang gempa dari kedalaman batuan dasar ke muka tanah dengan menggunakan gerakan gempa masukan dengan percepatan puncak untuk batuan dasar.

Gelombang gempa merambat melalui batuan dasar dibawah permukaan tanah dari kedalaman batuan dasar ini gelombang gempa merambat ke permukaan tanah sambil mengalami pembesaran atau amplifikasi bergantung pada jenis lapisan tanah yang berada di atas batuan dasar tersebut. Ada tiga kriteria yang dipakai untuk mendefinisikan batuan dasar yaitu:

- a) *Standard penetrasi test* (N)
- b) Kecepatan rambat gelombang geser (V_s)
- c) Kekuatan geser tanah (S_u)

Jenis tanah ditetapkan sebagai tanah keras, tanah sedang dan tanah lunak, apabila untuk lapisan setebal 30 m paling atas dipenuhi syarat-syarat yang terdapat dalam Tabel 3.5.

Tabel 2.4: Jenis-jenis tanah (SNI 1726:2019).

Kelas situs	$\bar{v}_s$ (m/detik)	$\bar{N}$ atau $\bar{N}_{ch}$	$\bar{s}_u$ (kPa)
SA (batuan keras)	>1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	>50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	<15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$, 2. Kadar air, $w \geq 40\%$, 3. Kuat geser niralisir $\bar{s}_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti 0)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut: - Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah - Lempung sangat organik dan/atau gambut (ketebalan $H > 3$ m)		

Perhitungan nilai hasil test penetrasi rata-rata (N):

$$\bar{N} = \frac{\sum_{t=1}^m t_i}{\sum_{t=1}^m t_i / N_i} \quad (2.6)$$

dimana :

t_i = Tebal lapisan tanah ke-i

N_i = Nilai hasil test penetrasi standar lapisan tanah ke-i

m = Jumlah lapisan tanah yang ada di atas batuan dasar

2.11 Perencanaan Beban

2.11.1 Kombinasi beban untuk metode ultimit

a) Kombinasi pembebanan dasar

Struktur perlu di perhitungkan terhadap adanya kombinasi pembebanan dari beberapa kasus pembebanan yang mungkin terjadi selama umur rencana. Menurut SNI 1726:2019 komponen struktur dan elemen-elemen pondasi harus di desain

sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi beban. Pengaruh adanya satu atau lebih beban yang tidak bekerja harus ditinjau. Pengaruh yang paling menentukan dari beban-beban angin dan seismik harus ditinjau, tetapi kedua beban tersebut tidak perlu ditinjau secara simultan. Lihat 0 untuk definisi khusus mengenai pengaruh beban gempa E.

1. $1,4D$
2. $1,2D+1,6L+0,5(L_r \text{ atau } R)$
3. $1,2D+1,6(L_r \text{ atau } R)+(L \text{ atau } 0,5W)$
4. $1,2D+1,0W+L+0,5(L_r \text{ atau } R)$
5. $0,9D+1,0W$

Pengecualian faktor beban untuk L pada kombinasi 3 dan 4 diizinkan di ambil sama dengan 0,5 untuk semua fungsi ruang apabila beban hidup desain tereduksi (L_0) dalam SNI 1727, lebih kecil atau sama dengan $4,78 \text{ KN/m}^2$, kecuali garasi atau ruang pertemuan publik.

Bila beban fluida F bekerja pada struktur, maka keberadaannya harus diperhitungkan dengan nilai faktor beban yang sama dengan faktor beban untuk beban mati D pada kombinasi 1 hingga 4.

Bila beban tanah H bekerja pada struktur, maka keberadaannya harus diperhitungkan sebagai berikut:

1. Bila adanya beban H memperkuat pengaruh variabel beban utama, maka perhitungkan pengaruh H dengan faktor beban = 1,6.
2. Bila adanya beban H memberi perlawanan terhadap pengaruh variabel beban utama, maka perhitungkan pengaruh H dengan faktor beban = 0,9 (jika bebannya bersifat permanen) atau dengan faktor beban = 0 (untuk kondisi lainnya).

b. Kombinasi pembebanan dengan pengaruh regangan sendiri/self-straining force

Apabila pengaruh struktural dari T (pengaruh regangan sendiri/*self-straining*) ternyata dapat merugikan performa atau keselamatan struktur, maka T harus di perhitungkan dalam kombinasi beban. Faktor beban untuk T harus ditentukan dengan memperhitungkan ketidakpastian terkait kemungkinan besaran pengaruh

dan beban struktur, kemungkinan bahwa pengaruh maksimum dari T akan muncul bersamaan dengan beban lain yang bekerja, dan potensi konsekuensi yang merugikan apabila pengaruh T lebih besar dari pada yang telah di asumsikan. Faktor beban untuk T tidak boleh kurang dari 1,0.

c. Kombinasi pembebanan dengan pengaruh beban seismik

Apabila struktur menerima pengaruh beban seismik, maka kombinasi-kombinasi beban berikut harus diperhitungkan bersama dengan kombinasi beban dasar di atas. Pengaruh beban seismik yang paling menentukan harus ditinjau, tetapi tidak perlu di perhitungkan secara bersamaan dengan beban angin.

Apabila pengaruh beban seismik yang dimaksud, $E = f(E_v, E_h)$ (pada 0 atau 0) di kombinasikan dengan pengaruh beban lainnya, maka kombinasi beban seismik yang harus digunakan adalah:

3.7.1. $1,2D + E_v + E_h + L$

3.7.2. $0,9D - E_v + E_h$

Apabila pengaruh beban seismik dengan kuat lebih yang di tinjau $E_m = f(E_v, E_{mh})$ (pada 0 atau 0) dikombinasikan dengan pengaruh beban lainnya, maka kombinasi beban seismik untuk struktur yang harus digunakan adalah:

1. $1,2D + E_v + E_{mh} + L$

2. $0,9D - E_v + E_{mh}$

Pengecualian faktor beban untuk L pada kombinasi beban 6 diizinkan diambil sama dengan 0,5 untuk semua fungsi ruang apabila L_0 dalam SNI 1727, lebih kecil atau sama dengan $4,78 \text{ kN/m}^2$, kecuali garasi atau ruang pertemuan publik.

2.11.2 Faktor Reduksi Kekuatan Bahan (*Strength Reduction Factors*)

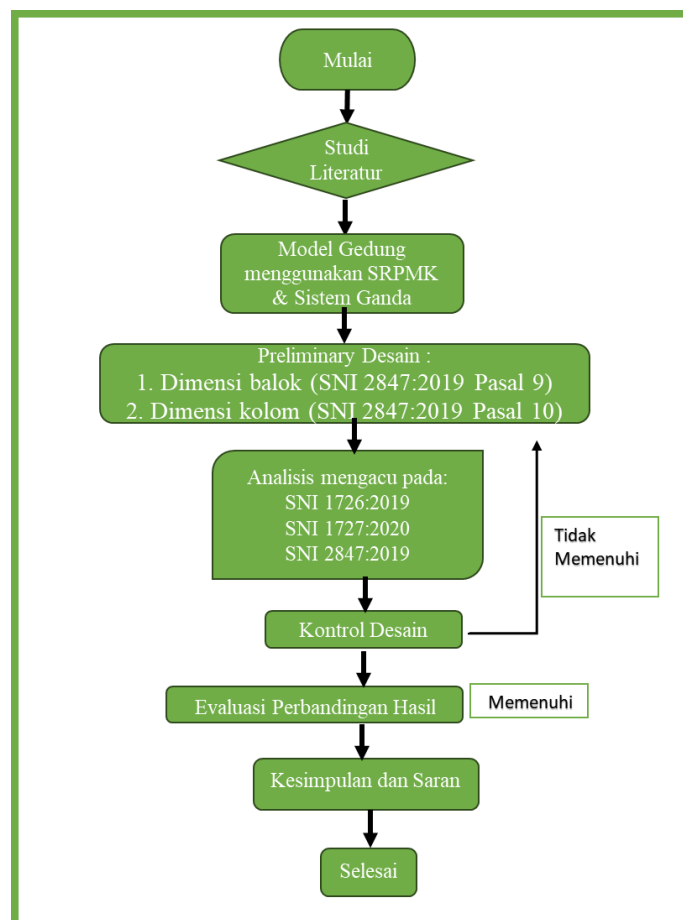
Faktor reduksi kekuatan bahan merupakan suatu bilangan yang bersifat mereduksi kekuatan bahan, dengan tujuan untuk mendapatkan kondisi paling buruk jika pada saat pelaksanaan nanti terdapat perbedaan mutu bahan yang ditetapkan sesuai standar bahan yang ditetapkan dalam perencanaan sebelumnya.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metodologi dapat didefinisikan sebagai studi sistematis kualitatif atau kuantitatif dengan berbagai metode dengan teknik analisis (Dunn, 1981). Beberapa analisis ilmiah diterapkan melalui analisis kualitatif dan dapat pula menggunakan analisis kuantitatif. Kedua analisis tersebut digunakan untuk saling melengkapi dan saling mengoreksi sejauh mana ketepatan analisisnya. Adapun tahapan-tahapan tersebut dapat dilihat pada gambar bagan alir pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1: Diagram alir penelitian.

3.2 Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk merencanakan struktur gedung 16 lantai Gedung Rusun Medan Islamic Centre (MIC), yaitu data primer dan data sekunder.

3.2.1 Data Primer

Data primer adalah data yang didapatkan dari hasil pengamatan dan penelitian secara langsung baik di wilayah proyek yang akan dibangun maupun di sekitar lokasi pembangunan, yang nantinya dipergunakan sebagai sumber dalam perancangan struktur. Data-data tersebut yaitu:

- a. Gambar kerja proyek.
- b. Data tanah.
- c. Data bangunan.

3.2.2 Data Sekunder

Data yang dijadikan bahan acuan dalam penyusunan laporan tugas akhir, dimana data tersebut diperoleh dari instansi tertentu yang digunakan langsung sebagai sumber dalam perancangan pembangunan Gedung Rusun Medan Islamic Centre (MIC).

Secara garis besar data yang dibutuhkan dalam perancangan dan perhitungan struktur utama gedung ini adalah:

1. Deskripsi umum bangunan

Deskripsi umum bangunan meliputi fungsi bangunan dan lokasi bangunan tersebut didirikan. Fungsi bangunan berkaitan dengan perencanaan pembebanan, sedangkan lokasi bangunan digunakan untuk mengetahui keadaan tanah dan lokasi bangunan yang akan di dirikan sehingga bisa direncanakan struktur bangunan atas yang akan dipakai.

2. Denah dan sistem struktur bangunan

Yang dimaksud sistem struktur bangunan meliputi rencana struktur yang akan direncanakan seperti atap, portal dan lain sebagainya yang berfungsi sebagai perhitungan perencanaan lebih lanjut. Sedangkan rencana denah tersebut di atas

merupakan studi awal yang berkaitan dengan perencanaan posisi dan kondisi bangunan, seperti dinding, letak lift, letak tangga dan lain sebagainya.

3. Wilayah gempa bangunan sekitar

Untuk merencanakan suatu gedung bangunan dibutuhkan ketelitian dalam perhitungan pembebanan yang ditimbulkan akibat gempa. Oleh karena itu perlu diketahui wilayah gempa dari struktur yang akan dibangun.

4. Data tanah berdasarkan penyelidikan tanah

Data tanah berfungsi untuk merencanakan struktur atas gedung yang akan digunakan (pondasi). Data tanah tersebut meliputi:

a. Sondir

Untuk mengetahui kedalaman tanah keras di lokasi tersebut berdasarkan nilai *conusresistance* (q_c)

b. *Soil test*

Digunakan untuk mengetahui nilai berat jenis tanah (γ)

c. *Direct shear test*

Data *Direct shear test* digunakan untuk mengetahui nilai kohesi tanah (c) dan untuk mengetahui sudut geser tanah (Θ)

3.2.3 Data Teknis

Data teknis yang digunakan dalam pemodelan dan analisis struktur atas adalah sebagai berikut di Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Spesifikasi material struktur atas.

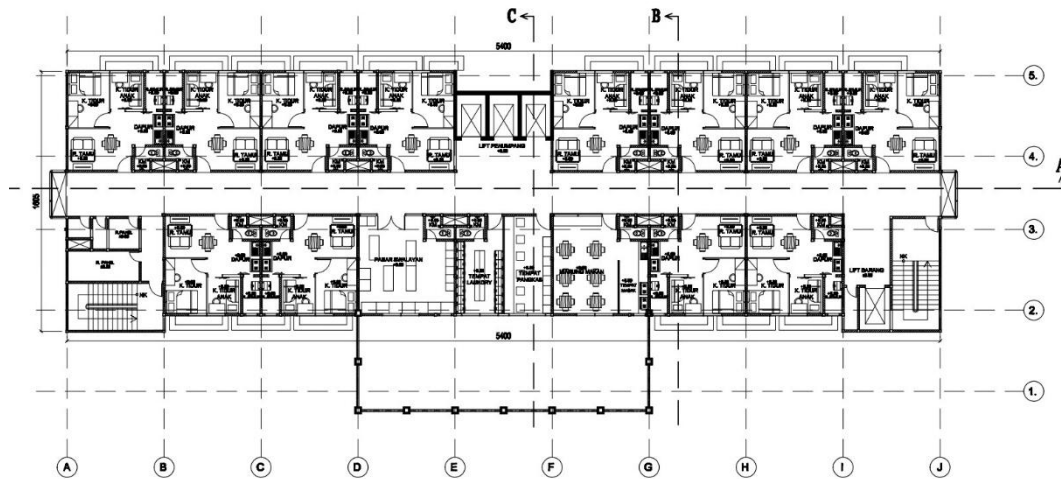
Elemen Struktur Atas	Mutu Beton (f'_c)	Tegangan Leleh Baja (f_y)
Pelat	35 MPa	390 MPa
Balok	35 MPa	390 MPa
Kolom	35 MPa	390 MPa
Dinding Geser (Shear wall)	35 MPa	390 MPa

3.2.4 Data Non Teknis

Data non teknis adalah data yang berfungsi sebagai penunjang dan perencanaan, seperti kondisi dan letak lokasi proyek.

1. Data Proyek

- Nama proyek : Perencanaan Struktur Gedung Rusun Medan Islamic Centre.
- Fungsi bangunan : Hunian.
- Jumlah lantai : 16 lantai.
- Lokasi : Jl. Rawe III, Martubung, Kec. Medan Labuhan Kota Medan.
- Struktur bangunan : Konstruksi Rangka Bertulang.
- Struktur atap : Konstruksi Beton (Dak) dan Atap Spandek.
- Bahan bangunan : Struktur Beton.
- Luas Bangunan : $54 \text{ m} \times 19.5 \text{ m} = 1.053 \text{ m}^2$
- Kategori risiko bangunan : II (sumber: SNI 1726:2019)
- Jenis Tanah : Lunak



Gambar 3.2: Denah struktur atas.

3.3 Analisis Perhitungan

Analisis perhitungan struktur atas gedung rusun ini dilakukan secara komprehensif menggunakan perangkat lunak ETABS v18 dengan mengacu pada standar SNI yang berlaku. Tahapan analisis adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan Pembebanan (*Load Calculation*)
 - a. Beban Mati (*Dead Load*)

Menghitung berat sendiri seluruh komponen struktur yang dihitung secara otomatis oleh program ETABS , serta beban mati tambahan (superimposed dead load) seperti keramik, spesi, plafon, dan dinding.
 - b. Beban Hidup (*Live Load*)

Menentukan beban hidup berdasarkan fungsi bangunan sebagai hunian ($1,92 \text{ kN/m}^2$) dan atap ($0,96 \text{ kN/m}^2$) sesuai dengan SNI 1727:2020.
 - c. Beban Gempa (*Seismic Load*)

Beban gempa dihitung menggunakan metode analisis respon spektrum dinamik sesuai dengan SNI 1726:2019.
2. Pemodelan dan Analisis Struktur.
 - a. Struktur bangunan dimodelkan secara tiga dimensi (3D) menggunakan program ETABS v18 untuk mendapatkan perilaku struktur yang mendekati kondisi sebenarnya.
 - b. Dilakukan analisis ragam spektrum respon untuk mengetahui partisipasi massa dan periode getar alami struktur.
3. Desain dan Penulangan Elemen Struktur Atas.
 - a. Desain Balok dan Kolom

Melakukan perhitungan desain penulangan lentur dan geser untuk elemen balok dan kolom agar mampu menahan gaya dalam yang terjadi.
 - b. Desain Pelat Lantai

Menghitung dan merencanakan ketebalan serta penulangan pelat lantai.
 - c. Desain Dinding Geser

Merencanakan penulangan untuk dinding geser sebagai elemen utama penahan gaya lateral.
4. Kontrol dan Verifikasi Kinerja Struktur
 - a. Simpangan Antar Tingkat (*Story Drift*)

Memeriksa apakah simpangan yang terjadi masih dalam batas izin yang disyaratkan oleh SNI 1726:2019.

b. Pengaruh P-Delta

Menganalisis efek P-Delta untuk memastikan stabilitas struktur terhadap gaya sekunder dan memastikan nilai koefisien stabilitas (θ) tidak melebihi batas yang ditentukan.

c. Ketidakberaturan Struktur

Melakukan pengecekan terhadap ketidakberaturan horizontal (torsion) dan vertikal (kekakuan, massa, geometri) untuk memastikan struktur berperilaku seperti yang diharapkan saat terjadi gempa.

3.3.1 Dimensi Kolom dan Balok

Perencanaan awal elemen struktur direncanakan dengan asumsi berdasarkan kriteria minimum pada SNI 2847-2019 pasal 18.6.2 mensyaratkan nilai lebar (b) balok minimum sebesar 250mm dan minimum dari 0,3 h.

Pada tugas akhir ini, dimensi yang digunakan dapat berubah, dikarenakan dalam tugas akhir ini mencari desain struktur utama dan sistem struktur yang efisien dan aman sesuai persyaratan yang ada di SNI dengan cara trial eror yang menjadi pembahasan dalam tugas akhir ini. Berikut ini dimensi dari preliminary desain komponen komponen struktur:

i) Balok

- B1 450x850 mm
- B2 400x700 mm

ii) Kalom

- K1 1000x1000 mm
- K2 800X800 mm
- K3 600x600 mm

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

Bab 4 ini akan membahas tentang hasil analisis oleh program analisis struktur serta akan diperiksa berdasarkan peraturan yang telah ditentukan oleh SNI 1726:2019, SNI 1727:2020 dan SNI 2847:2019. Pada bab ini akan membandingkan hasil dari perilaku struktur dan dimensi struktur beton bertulang dengan analisa beban dinamik metode respons spektrum.

4.2 Perbandingan Hasil Struktur Atas di Berbagai Elemen-elemen

Pada sub bab ini akan membahas perilaku struktur gedung rusun 16 lantai menggunakan struktur beton bertulang dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) dan Sistem ganda yang terletak di kota Medan.

4.2.1 Analisis Respons Spektrum Ragam

Sesuai SNI 1726:2019 pasal 7.9.1.1, analisis ragam getar alami untuk struktur harus menyertakan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100% dari massa struktur dalam masing-masing arah horizontal, namun sebagai alternatif diizinkan paling sedikit 90% dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal.

Dimana kombinasi ragam model partisipasi massa ketiga model tersebut telah mencapai 100 persen (Sum UX dan Sum UY) pada mode ke 39 untuk SPRMK dan mode ke 38 untuk Sistem Ganda, sehingga partisipasi massa telah memenuhi syarat. Berikut ini data ragam massa dan perioda alami struktur mode 1 - mode 3, menggunakan sistem ganda dengan koefisien modifikasi respons $R^a = 7$, Tabel 4.2 dan SRMPK koefisien modifikasi respons pada $R^a = 8$, Tabel 4.1.

Tabel 4.1: Nilai perioda alami dan ragam massa struktur SRPMK.

MODAL PARTICIPATING MASS RATIO					
Case	Mode	Perioda sec	Sum UX	Sum UY	RZ
Modal	1	1.335	0.0001	0.7132	0.0002
Modal	2	1.254	0.7198	0.7133	0.0091
Modal	3	1.166	0.7303	0.7135	0.72
Modal	4	0.512	0.7304	0.8467	9.90E-06
Modal	5	0.493	0.8496	0.8467	7.00E-04
Modal	6	0.443	0.8501	0.8467	0.1234
Modal	7	0.314	0.8501	0.8826	0.00E+00
Modal	8	0.307	0.8841	0.8826	1.00E-04
Modal	9	0.263	0.8841	0.8826	0.0325
Modal	10	0.233	0.8842	0.9204	2.37E-05
Modal	11	0.23	0.9195	0.9205	7.00E-04
Modal	12	0.219	0.9204	0.9206	0.0238
Modal	13	0.187	0.9274	0.9277	2.20E-03
Modal	14	0.186	0.934	0.9363	0.0012
Modal	15	0.181	0.9361	0.9363	1.67E-02
Modal	16	0.152	0.9364	0.9505	0.0001
Modal	17	0.151	0.9502	0.9508	0.0006
Modal	39	0.046	1	1	0.0108

Tabel 4.2: Nilai perioda alami dan ragam massa struktur sistem ganda.

MODAL PARTICIPATING MASS RATIO					
Case	Mode	Period sec	Sum UX	Sum UY	RZ
Modal	1	1.505	0.0002	0.6691	0.0006
Modal	2	1.467	0.19	0.6699	0.539
Modal	3	1.258	0.6772	0.6699	0.2036
Modal	4	0.52	0.704	0.6699	0.086
Modal	5	0.488	0.704	0.8251	0.00004409

Tabel 4.2: *lanjutan*.

MODAL PARTICIPATING MASS RATIO					
Case	Mode	Period sec	Sum UX	Sum UY	RZ
Modal	6	0.403	0.83	0.8251	0.0285
Modal	7	0.3	0.846	0.8251	0.032
Modal	8	0.248	0.846	0.8948	8.88E-06
Modal	9	0.227	0.8509	0.8948	0.0289
Modal	10	0.202	0.9065	0.8948	0.0002
Modal	11	0.172	0.9089	0.8948	0.017
Modal	12	0.153	0.9089	0.9342	1.42E-05
Modal	13	0.149	0.9161	0.9343	0.0075
Modal	14	0.127	0.9324	0.9343	0.011
Modal	15	0.125	0.9458	0.9343	0.0028
Modal	16	0.105	0.9458	0.9571	0
Modal	17	0.101	0.9463	0.9571	0.0084
Modal	38	0.032	1	1	0.0001

4.2.2 Berat Struktur

Besarnya beban gempa sangat dipengaruhi oleh berat struktur dari suatu bangunan, maka perlu diketahui berat total bangunan. Berat dari bangunan berasal dari beban mati yang terdiri dari berat sendiri material bangunan dan elemen-elemen struktur, serta beban hidup yang diakibatkan oleh hunian atau penggunaan bangunan. Dikarenakan denah dan gaya yang digunakan pada struktur adalah sama yang membedakan hanya kondisi tanah dasar saja, maka hasil berat struktur, posisi pusat massa, dan pusat kekakuan pada struktur di atas ketiga kondisi tanah juga sama, seperti yang disajikan dalam Tabel 4.3.

Tabel 4.3: Massa struktur.

Lantai	Elevasi	SRPMK	SISTEM GANDA
		Massa (KG)	Massa (KG)
Dak Atap	62.3	251522.58	317239.21

Tabel 4.3: *lanjutan*.

Lantai	Elevasi	SRPMK	SISTEM GANDA
		Massa (KG)	Massa (KG)
Lt. 15	58	270507.66	555689.44
Lt. 14	54	954295.79	1050428.16
Lt. 13	49	1351827.53	1415792.55
Lt. 12	45	1248550.68	1304184.61
Lt. 11	41	1248550.68	1304184.61
Lt. 10	37	1290646.4	1346654.77
Lt. 9	33	1345466.34	1401474.71
Lt. 8	29	1341132.55	1397140.92
Lt. 7	25	1345466.34	1401474.71
Lt. 6	21	1345466.34	1401474.71
Lt. 5	17	1499317.35	1555700.16
Lt. 4	13	1535101.53	1591484.34
Lt. B3	9	1460123.84	1427531.06
Lt. B2	6	1409415.39	1369052.38
Lt. B1	3	1409415.39	1369052.38
TOTAL		19306806.39	20208558.72

Dari hasil di atas dapat dilihat nilai koordinat dari massa struktur Sistem Ganda menghasilkan bangunan yang sedikit lebih berat dari SRPMK. Informasi berat total bangunan ini sangat penting. Sesuai SNI 1726:2019, berat seismik efektif (W) adalah salah satu faktor utama yang digunakan untuk menghitung gaya geser dasar (V), atau besarnya gaya gempa yang harus ditahan oleh struktur (dengan rumus $V = C_s \times W$).

4.2.3. Analisis Bentuk Ragam (*Mode Shape*).

Analisis bentuk ragam atau *mode shape* merupakan visualisasi dari pola deformasi atau simpangan yang terjadi pada struktur ketika bergetar pada frekuensi alaminya. Setiap *mode shape* memiliki periode getar alami yang khas. Analisis ini

penting untuk memahami bagaimana massa bangunan berpartisipasi dalam merespons getaran gempa. Sesuai dengan SNI 1726:2019, analisis ragam getar harus menyertakan partisipasi massa terkombinasi minimal 90% dari massa aktual struktur pada setiap arah horizontalnya. Hasil analisis dari perangkat lunak ETABS menunjukkan perilaku ragam yang berbeda antara kedua sistem struktur yang ditinjau.

1) Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Untuk model SRPMK, tiga ragam getar pertama menunjukkan periode sebagai berikut:

- Mode 1: 1,335 detik, dengan partisipasi massa dominan pada arah Y (translasi).
- Mode 2: 1,254 detik, dengan partisipasi massa dominan pada arah X (translasi).
- Mode 3: 1,166 detik, menunjukkan perilaku torsi (rotasi).

2) Sistem Ganda

Model Sistem Ganda, yang menggabungkan rangka dengan dinding geser, menunjukkan periode alami yang lebih panjang, mengindikasikan struktur yang lebih fleksibel dibandingkan SRPMK pada ragam awalnya. Tiga ragam getar pertama adalah:

- Mode 1: 1,505 detik, dengan partisipasi massa dominan pada arah Y (translasi).
- Mode 2: 1,467 detik, dengan partisipasi massa dominan pada arah X (translasi).
- Mode 3: 1,258 detik, menunjukkan perilaku torsi (rotasi).

4.3 Gaya Geser Nominal

Nilai gaya geser dasar nominal diatur dalam SNI 1726:2019, Pasal 7.8.1 rumus yang digunakan adalah:

$$V = C_s \times W \quad (4.1)$$

Dimana:

V = Gaya geser dasar hasil analisa statik ekuivalen.

Cs = Koefisien respon seismik.

W = Berat seismik efektif struktur.

Berdasarkan SNI 1726:2019, Pasal 7.9.1.4.1 mensyaratkan bahwa apabila gaya-gaya dasar hasil analisa ragam (V_t), kurang dari 100% gaya geser hasil analisa statik ekivalen (V), maka harus dilakukan penyesuaian skala terhadap V_t , gaya tersebut harus dikalikan dengan faktor skala, yaitu:

$$\frac{V}{V_t} \quad (4.2)$$

Dimana:

V = Gaya geser dasar hasil analisa statik ekivalen.

V_t = Gaya geser dasar hasil analisa ragam respon spectrum.

Untuk detail perhitungan nilai C_s dan gaya geser dasar statik ekivalen (V) dapat dilihat pada tabel dibawah. Berikut ini adalah nilai gaya geser dasar statik ekivalen (V), gaya geser dasar respon spektrum (V_t), dan penyesuaian skala gempa pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4: Perbandingan nilai V , V_t , dan penyesuaian skala gempa pada Sistem ganda dan SRPMK pada tanah lunak.

Nilai	Sistem Ganda		SRPMK	
	X	Y	X	Y
V (KN)	2929.309	4676.7237	6853.3601	6359.5529
V_t (KN)	2125.9462	4124.2544	8423.5256	7924.6549
Skala gempa (mm/s ²)	7647.37	4044.13	2469.32	2527.41
NB: Nilai penyesuaian skala gempa untuk di input pada beban				

Dari Tabel 4.4 dapat disimpulkan bahwa gaya gempa akan semakin kecil pada metode Sistem Ganda, dimana hal ini disebabkan karena keduanya dihitung menggunakan dua metode analisis gempa yang fundamentalnya berbeda.

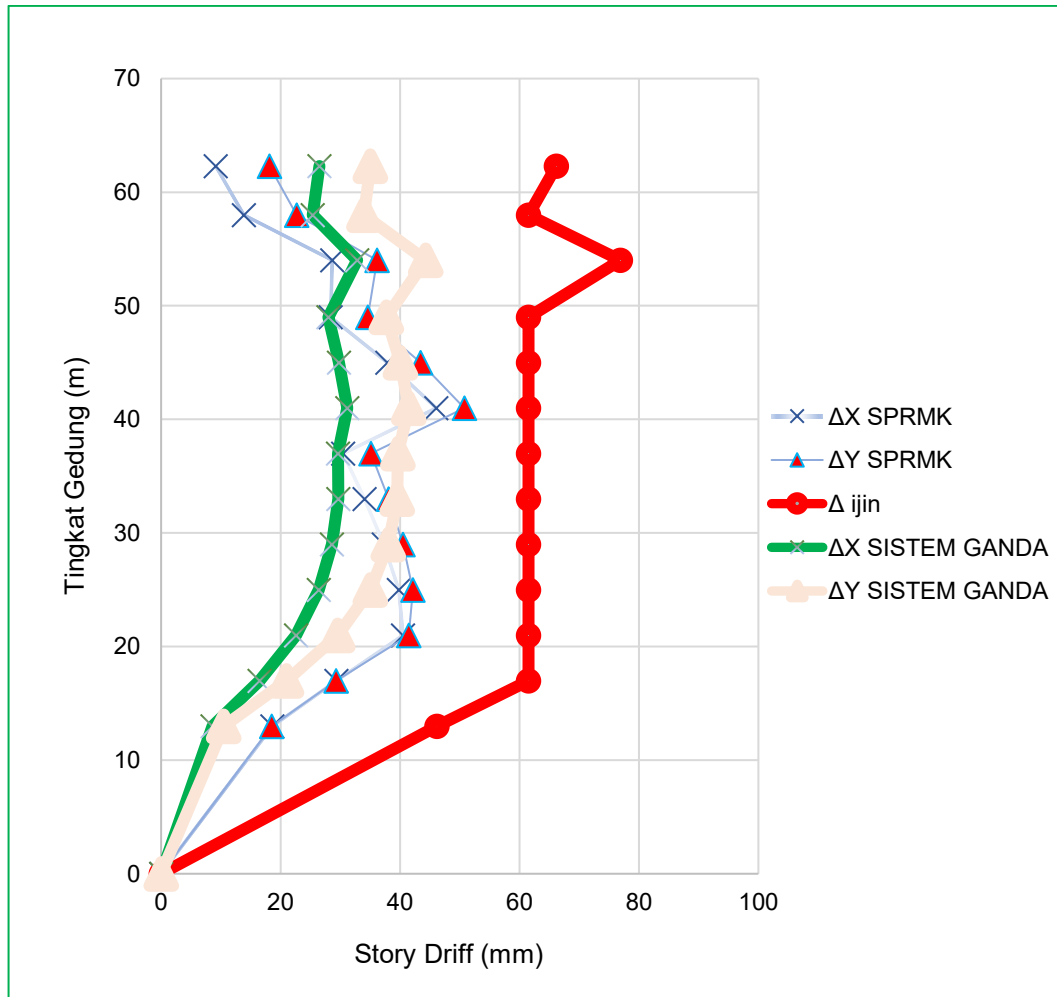
4.4 Simpangan Antar Tingkat

Simpangan antar tingkat (Δ) merupakan selisih nilai defleksi pada pusat massa gedung antara lantai teratas dan lantai dibawah-Nya. Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.8.6 simpangan antar tingkat desain (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_{ijin}). Untuk detail perhitungan *story drift* dapat dilihat pada tabel di bawah. Berikut ini Tabel 4.5 menunjukkan hasil nilai perpindahan dan simpangan antar tingkat maksimum pada setiap lantai dengan tinggi tiap lantai adalah 3 meter, 4 meter, 4,3 meter, dan 5 meter.

Tabel 4.5: Perbandingan *story drift* pada struktur gedung menggunakan Sistem ganda dan SRPMK.

Story	Elevasi	Sistem Ganda		SRPMK		Kontrol
		Δ_X (mm)	Δ_Y (mm)	Δ_X (mm)	Δ_Y (mm)	Kontrol Δ_{ijin} (mm)
Dak Atap	62.3	26.510	35.057	9.146	18.145	66.15
Lt. 15	58	25.399	33.952	13.833	22.721	61.54
Lt. 14	54	32.819	44.314	28.639	36.130	76.92
Lt. 13	49	27.984	37.714	28.380	34.595	61.54
Lt. 12	45	29.794	40.062	37.846	43.439	61.54
Lt. 11	41	31.180	41.481	46.079	50.771	61.54
Lt. 10	37	29.607	39.655	30.487	35.118	61.54
Lt. 9	33	29.678	39.545	34.073	38.088	61.54
Lt. 8	29	28.622	38.027	37.296	40.475	61.54
Lt. 7	25	26.378	35.046	39.820	42.180	61.54
Lt. 6	21	22.589	29.552	40.524	41.481	61.54
Lt. 5	17	16.500	20.961	29.326	29.315	61.54
Lt. 4	13	8.580	10.461	18.601	18.502	46.15

Berikut ini grafik dari diatas :



Gambar 4. 1: Perbandingan nilai story drift arah X dan Y pada kedua kondisi gedung.

Dari gambar di atas dapat dilihat bahwa metode struktur di kedua kondisi gedung aman terhadap simpangan antar tingkat, karena nilai story drift struktur gedung pada seluruh lantai masih di bawah batas simpangan ijin (Δ ijin). Kemudian dapat disimpulkan bahwa struktur pada Sistem ganda, maka struktur tersebut akan menghasilkan simpangan yang lebih kecil sehingga struktur akan semakin lebih kaku dibandingkan jika diatas SPRMK. Hal ini disebabkan karena gaya gempa yang dihasilkan pada Sistem Ganda akan lebih kecil dari pada gaya gempa pada SPRMK.

4.5 Pengaruh P-Delta

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.7, pengaruh P-Delta pada geser dan momen tingkat, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang timbul oleh pengaruh ini ditentukan berdasarkan nilai koefisien stabilitas (θ).

Jika nilai koefisien stabilitas lebih kecil dari 0,1 maka pengaruh P-Delta dapat diabaikan. Untuk detail perhitungan pengaruh p-delta dapat dilihat pada tabel di bawah. Berikut ini hasil perhitungan P-Delta pada sistem ganda, dan SRPMK disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6: Perbandingan nilai koefisien stabilitas struktur pada Sistem Ganda dan SRPMK.

Story	Elevasi	Sistem Ganda		SRPMK		Batas Pengaruh P-Delta	Cek
	H (m)	θ_X	θ_Y	θ_X	θ_Y		
Dak Atap	62.3	0.0041	0.0049	0.0014	0.0026	0.1	OK
Lt. 15	58	0.0028	0.0037	0.0026	0.0042	0.1	OK
Lt. 14	54	0.0076	0.0099	0.0050	0.0063	0.1	OK
Lt. 13	49	0.0098	0.0131	0.0073	0.0090	0.1	OK
Lt. 12	45	0.0117	0.0158	0.0106	0.0125	0.1	OK
Lt. 11	41	0.0135	0.0180	0.0140	0.0159	0.1	OK
Lt. 10	37	0.0138	0.0187	0.0099	0.0119	0.1	OK
Lt. 9	33	0.0149	0.0202	0.0119	0.0139	0.1	OK
Lt. 8	29	0.0155	0.0208	0.0140	0.0159	0.1	OK
Lt. 6	21	0.0141	0.0186	0.0174	0.0187	0.1	OK
Lt. 5	17	0.0112	0.0142	0.0137	0.0143	0.1	OK
Lt. 4	13	0.0064	0.0078	0.0127	0.0132	0.1	OK

Dari tabel diatas “OK” menunjukkan bahwa desain struktur telah memenuhi persyaratan keamanan dan layak untuk dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Jika suatu elemen mendapat keterangan “NOT OK”, maka perlu dilakukan perbaikan desain pada elemen tersebut.

Dari hasil perhitungan diatas, struktur pada kedua sistem, sistem ganda dan SRPMK menunjukkan nilai stabilitas rasio (θ) pada semua lantai kurang dari 0,1 sehingga pengaruh P-Delta dapat diabaikan.

4.6 Ketidakberaturan Horizontal

Struktur yang didesain untuk kategori desain seismik harus memenuhi persyaratan pada SNI 1726:2019 Tabel 13. Pada sub bab ini hanya akan membahas pada ketidakberaturan horizontal (ketidakberaturan torsi).

Ketidakberaturan Torsi

Syarat ketidakberaturan torsi poin 1a adalah ketika simpangan di suatu ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,2 kali simpangan rata-rata di kedua ujung struktur. Sedangkan syarat ketidakberaturan torsi tak terduga poin 1b adalah ketika simpangan di suatu ujung struktur melintang terhadap sumbu lebih dari 1,4 kali simpangan rata-rata di kedua ujung struktur.

Struktur yang didesain untuk kategori desain seismik harus memenuhi persyaratan pada SNI 1726:2019 Tabel 13. Pada sub bab ini hanya akan membahas pada ketidakberaturan horizontal (ketidakberaturan torsi).

Tabel 4.7: Kontrol ketidakberaturan torsi pada Sistem Ganda dan SRPMK.

Story	Elevasi	Sistem Ganda		SRPMK		Batas s H. 1a	Batas s H. 1b	Cek
	H (m)	Arah x	Arah y	Arah x	Arah y			
		$\Delta_{\max}/\Delta_{\text{avg}}$	$\Delta_{\max}/\Delta_{\text{avg}}$	$\Delta_{\max}/\Delta_{\text{avg}}$	$\Delta_{\max}/\Delta_{\text{avg}}$			
		g	g	g	g			
Dak Atap	62.3	1.037	1.008	1.042	1.025	1.2	1.4	O K

Tabel 4.7: *Lanjutan.*

Story	Elevasi	Sistem Ganda		SRPMK		Batas H. 1a	Batas H. 1b	Cek
	H (m)	Arah x	Arah y	Arah x	Arah y			
		$\Delta_{\max}/\Delta_{\text{avg}}$	$\Delta_{\max}/\Delta_{\text{avg}}$	$\Delta_{\max}/\Delta_{\text{avg}}$	$\Delta_{\max}/\Delta_{\text{avg}}$			
Lt. 15	58	1.007	1.01	1.042	1.027	1.2	1.4	OK
Lt. 14	54	1.029	1.049	1.024	1.07	1.2	1.4	OK
Lt. 13	49	1.038	1.064	1.026	1.079	1.2	1.4	OK
Lt. 12	45	1.041	1.077	1.026	1.084	1.2	1.4	OK
Lt. 11	41	1.041	1.09	1.025	1.087	1.2	1.4	OK
Lt. 10	37	1.05	1.083	1.027	1.086	1.2	1.4	OK
Lt. 9	33	1.049	1.091	1.026	1.087	1.2	1.4	OK
Lt. 8	29	1.05	1.102	1.026	1.089	1.2	1.4	OK
Lt. 7	25	1.05	1.115	1.025	1.09	1.2	1.4	OK
Lt. 6	21	1.056	1.132	1.022	1.092	1.2	1.4	OK
Lt. 5	17	1.106	1.144	1.026	1.095	1.2	1.4	OK
Lt. 4	13	1.104	1.143	1.026	1.093	1.2	1.4	OK

Dari tabel diatas “OK” menunjukkan bahwa desain struktur telah memenuhi persyaratan keamanan dan layak untuk dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Jika suatu elemen mendapat keterangan “NOT OK”, maka perlu dilakukan perbaikan desain pada elemen tersebut.

a. Ketidakberaturan Sudut Dalam

Pengecekan ketidakberaturan sudut dalam dilakukan untuk masing-masing arah X dan Y. Apabila proyeksi kedua denah struktur dari sudut dalam lebih besar

dari 15% maka struktur memiliki ketidakberaturan sudut dalam. Sehingga dapat dikatakan struktur dalam penelitian ini tidak memiliki ketidakberaturan sudut dalam.

Tabel 4.8: Kontrol tidak beraturan sudut dalam pada Sistem Ganda dan SRPMK.

Keterangan	Sistem Ganda	SRPMK	satuan
Lx	54	54	m
Px	32	32	m
Ly	14.5	14.5	m
Py	5	5	
Px/Lx	0.59	0.59	
Py/Ly	0.3448	0.3448	
Cek	H.2	H.2	

b. Ketidakberaturan Diskontinuitas

Pengecekan ketidakberaturan diskontinuitas dilakukan dengan membandingkan luasan terbuka dengan luas bruto. Apabila nilai yang didapatkan lebih besar dari 50%, maka struktur memiliki ketidakberaturan kontinuitas. Sehingga dapat dikatakan struktur dalam penelitian ini tidak memiliki ketidakberaturan sudut dalam.

Tabel 4.9: Kontrol tidak beraturan diskontinuitas pada Sistem Ganda dan SRPMK.

Syarat 1			
	Sistem Ganda	SRPMK	
Atotal	623.00	623.00	m ²
Abukaan	29.53	29.53	m ²
Cek	H.3	H.3	

4.7 Ketidakberaturan Vertikal

Struktur yang didesain untuk kategori desain seismik harus memenuhi persyaratan pada SNI 1726:2019 Tabel 14. Dalam hal ini hanya dilakukan analisis pada 5 tipe ketidakberaturan vertikal. Di karenakan struktur yang di analisa tidak tergolong pada cek ketidakberaturan vertikal tipe 3 dan tipe 4 maka hal ini diabaikan.

A. Ketidakberaturan Kekakuan tingkat Lunak

Pengecekan ketidakberaturan kekakuan tingkat lunak dan kekakuan tingkat lunak berlebihan dilakukan sekaligus karena perbedaannya hanya terdapat pada syarat batas. Pengecekan dilakukan dengan membandingkan kekakuan tingkat antar lantai dan kekakuan tingkat suatu lantai dengan rata-rata kekakuan tiga tingkat di atasnya.

Tabel 4.10: Kontrol ketidakberaturan tingkat lunak pada Sistem Ganda dan SRPMK.

Story	Elevasi	Sistem Ganda		SRPMK		Cek
	H (m)	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	
		Kekakuan KN/m	Kekakuan KN/m	Kekakuan KN/m	Kekakuan KN/m	
Lt. 14	54	461471.376	338427.597	508877.405	376962.37	OK
Lt. 13	49	801585.245	570664.341	892576.916	671410.519	OK
Lt. 12	45	944704.732	661461.208	913080.562	710742.279	OK
Lt. 11	41	1064130.488	741193.766	923274.314	737556.429	OK
Lt. 10	37	1273431.628	889965.3	1627050.15	1237782.61	OK
Lt. 9	33	1408112.488	982254.048	1653832.102	1290245.064	OK
Lt. 8	29	1578171.659	1093175.997	1666641.734	1330648.698	OK
Lt. 7	25	1815354.69	1248872.836	1681936.603	1374443.53	OK
Lt. 6	21	2200117.555	1523688.231	1735779.812	1469025.773	OK

Tabel 4.10: *Lanjutan.*

Story	Elevasi	Sistem Ganda		SRPMK		Cek
	H (m)	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	
		Kekakuan KN/m	Kekakuan KN/m	Kekakuan KN/m	Kekakuan KN/m	
Lt. 5	17	2944912.272	2204703.148	2481130.432	2148257.462	OK
Lt. 4	13	5756912.716	4481425.163	3963642.945	3468293.648	OK

Dari tabel diatas “OK” menunjukkan bahwa desain struktur telah memenuhi persyaratan keamanan dan layak untuk dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Jika suatu elemen mendapat keterangan “NOT OK”, maka perlu dilakukan perbaikan desain pada elemen tersebut.

B. Ketidakberaturan Massa

Pengecekan ketidakberaturan berat dilakukan dengan membandingkan massa di suatu tingkat dengan massa tingkat diatasnya dan dibawah-Nya.

Tabel 4.11: Kontrol ketidakberaturan berat(massa) pada Sistem Ganda dan SRPMK.

Story	Elevasi	Sistem Ganda	SRPMK	Cek
		Massa	Massa	
		(Kg)	(Kg)	
Dak Atap	62.3	251522.58	317239.21	OK
Lt. 15	58	270507.66	555689.44	OK
Lt. 14	54	954295.79	1050428.16	OK
Lt. 13	49	1351827.53	1415792.55	OK
Lt. 12	45	1248550.68	1304184.61	OK
Lt. 11	41	1248550.68	1304184.61	OK
Lt. 10	37	1290646.4	1346654.77	OK

Tabel 4.11: *Lanjutan.*

Story	Elevasi	Sistem Ganda	SRPMK	Cek
		Massa	Massa	
		(Kg)	(Kg)	
Lt. 9	33	1345466.34	1401474.71	OK
Lt. 8	29	1341132.55	1397140.92	OK
Lt. 7	25	1345466.34	1401474.71	OK
Lt. 6	21	1345466.34	1401474.71	OK
Lt. 5	17	1499317.35	1555700.16	OK
Lt. 4	13	1535101.53	1591484.34	OK

Dari tabel diatas “OK” menunjukkan bahwa desain struktur telah memenuhi persyaratan keamanan dan layak untuk dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Jika suatu elemen mendapat keterangan “NOT OK”, maka perlu dilakukan perbaikan desain pada elemen tersebut.

C. Tidakberaturan geometri vertikal

Apabila X_i adalah dimensi kolom atau dinding geser pada tingkat i dan $X_{(i+1)}$ adalah dimensi kolom atau dinding geser pada tingkat $(i+1)$, maka ketidakberaturan geometri kolom tidak berlaku apabila persamaan berikut terpenuhi.

$$\frac{x_i}{x_{i+1}} \leq 130\% \quad (4.3)$$

Terdapat ketidakberaturan geometri vertikal pada peralihan kolom K1 1000X1000 ke K2 800X800 dan K3 600X600. Menurut pasal referensi yaitu Tabel 13 SNI 1726:2019 struktur diizinkan untuk dianalisis menggunakan analisis spektrum respons ragam dan prosedur riwayat respons seismik. Sehingga pasal referensi (Tabel 13 SNI 1726:2019) untuk ketidakberaturan berat telah terpenuhi.

Tabel 4.12: Kontrol ketidakberaturan geometri vertikal pada Sistem Ganda dan SRPMK.

Story	Elevasi	Sistem Ganda	SRPMK	Cek
		L	L	
		(mm)	(mm)	
Dak Atap	62.3			OK
Lt. 15	58	600	600	OK
Lt. 14	54	600	600	OK
Lt. 13	49	600	600	OK
Lt. 12	45	600	600	OK
Lt. 11	41	600	600	OK
Lt. 10	37	600	600	OK
Lt. 9	33	800	800	OK
Lt. 8	29	800	800	OK
Lt. 7	25	800	800	OK
Lt. 6	21	800	800	OK
Lt. 5	17	800	800	OK
Lt. 4	13	1000	1000	OK

Dari tabel diatas “OK” menunjukkan bahwa desain struktur telah memenuhi persyaratan keamanan dan layak untuk dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Jika suatu elemen mendapat keterangan “NOT OK”, maka perlu dilakukan perbaikan desain pada elemen tersebut.

D. Ketidakberaturan kuat lateral

Sebagian besar elemen penahan gaya lateral diteruskan hingga dasar bangunan tanpa melakukan pergeseran. dalam ketidakberaturan kuat lateral tingkat dan ketidakberaturan kuat lateral tingkat berlebihan dilakukan sekaligus.

Tabel 4.13: Kontrol ketidakberaturan kuat lateral tingkat pada Sistem Ganda dan SRPMK.

Story	Elevasi	Sistem Ganda		SRPMK		Cek
	H (m)	Arah X	Arah Y	Arah X	Arah Y	
		Kekakuan KN/m	Kekakuan KN/m	Kekakuan KN/m	Kekakuan KN/m	
Dak Atap	62.3	441.8335	511.6195	663.0268	691.8537	OK
Lt. 15	58	818.5537	940.7805	1241.1993	1284.5029	OK
Lt. 14	54	1907.4815	2139.2479	2984	3010.6492	OK
Lt. 13	49	3171.1403	3473.7753	5076.0524	5015.3378	OK
Lt. 12	45	4210.2473	4541.3594	6780.9623	6615.4699	OK
Lt. 11	41	5090.8486	5422.689	8218.2475	7941.4652	OK
Lt. 10	37	5848.9059	6170.7631	9445.031	9071.8436	OK
Lt. 9	33	6592.3867	6907.5094	10618.08	10158.8453	OK
Lt. 8	29	7267.6114	7582.7052	11641.9263	11115.0291	OK
Lt. 7	25	7868.2867	8193.424	12483.6276	11907.2747	OK
Lt. 6	21	8378.2184	8722.6334	13116.1649	12508.8832	OK
Lt. 5	17	8830.9437	9204.2917	13549.1947	12928.9906	OK
Lt. 4	13	9207.2599	9615.1577	13740.4991	13117.898	OK

Dari tabel diatas “OK” menunjukkan bahwa desain struktur telah memenuhi persyaratan keamanan dan layak untuk dilanjutkan ke tahap selanjutnya. Jika suatu elemen mendapat keterangan “NOT OK”, maka perlu dilakukan perbaikan desain pada elemen tersebut.

4.8 Analisis Struktur

Analisis Harus dilakukan untuk menentukan ragam getar alami untuk struktur. Analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar paling sedikit 90 persen dari massa

aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

4.9 Desain Struktur Balok dan Kolom

Setelah dilakukan analisis perilaku struktur terhadap beban gempa dan telah memenuhi syarat-syarat yang ada, selanjutnya adalah tahap mendesain elemen struktur agar mendapat elemen yang efisien serta mampu memikul beban yang bekerja. Perencanaan balok SRPMK mengacu pada ketentuan di SNI 2846:2019.

4.9.1 Desain Balok

Pada kedua model struktur gedung, akan di analisa balok utama pada posisi yang sama kemudian akan dilihat perbandingannya antara SPRMK dan Sistem Ganda. Berdasarkan hasil analisa pada program analisa SPRMK dan Sistem Ganda yang digunakan dalam desain struktur, gaya dalam elemen balok pada n disajikan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14: Output gaya dalam balok bentang induk 6 lantai pada model SPRMK dan Sistem Ganda.

Posisi	Gaya Dalam	Bentang induk 6 meter	
		SPRMK	Sistem Ganda
Tumpuan	Mu (-)	-1030.376 kNm	-1022.2
	Mu (+)	537.881 kN.m	957.4914
	Vu	742.1479	1471.3428
	Vg	144.4725	188.5254
Lapangan	Mu (-)	-545.315	-554.304
	Mu (+)	537.881	435,08
	Vu	420.9135	564.7599
Tumpuan & Lapangan	Tu	86.3253	165.7311
	Pu	0,00	0,00

Untuk kebutuhan tulangan perlu (A_s perlu) terbesar dan luas tulangan pakai (A_s pakai) serta rasio yang digunakan dalam desain elemen balok dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15: Nilai A_s & ρ perlu dan A_s & ρ pakai balok bentang induk 6 lantai pada model SPRMK dan Sistem Ganda.

Tulangan longitudinal	SPRMK	Sistem Ganda
A_s perlu (mm ²)	3679.171	3649.990
A_s pakai (mm ²)	4181.460	4181.460
ρ perlu (%)	2.77	2.77
ρ pakai (%)	2.50	2.50

Dari tabel diatas, dapat dilihat bahwa tulangan perlu dan rasio tulangan perlu terbesar adalah pada struktur di SPRMK. hal ini dipengaruhi oleh gaya dalam pada elemen balok. Selain itu dapat disimpulkan bahwa semakin besar gaya yang bekerja pada elemen maka akan berpengaruh pada kebutuhan tulangan yang semakin besar pula, dalam hal ini yang sangat berpengaruh dan menjadi perbedaan antara kedua kondisi balok yaitu beban gempanya.

4.9.2 Desain Kolom

Pada kasus ini struktur gedung 16 lantai, kedua kasus struktur gedung ini akan di analisa kolom utama pada posisi yang sama, kemudian akan dilihat perbandingan nilai-nilai gaya dalam dan output penampang yang dihasilkan. Berdasarkan hasil analisa pada program analisa struktur, gaya dalam elemen kolom SPRMK dan Sistem Ganda yang digunakan dalam desain disajikan pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16: Output gaya dalam kolom 800x800 pada model model SPRMK dan Sistem Ganda.

Gaya Dalam	Kolom 800x800	
	SPRMK	Sistem Ganda
P	-1992.96	-5740.91
Mx	1338.58	998.57
My	1108,606	545.35
Vx	482,764	477.1553
Vy	303,658	294.3834

Untuk kebutuhan tulangan perlu (A_s perlu) terbesar dan luas tulangan pakai (A_s pakai) serta rasio yang digunakan dalam desain elemen balok dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17: Nilai A_s & ρ perlu dan A_s & ρ pakai kolom 800x800 pada model model SPRMK dan Sistem Ganda.

Tulangan longitudinal	SPRMK	Sistem Ganda
A_s perlu (mm ²)	14322,4	10973,00
A_s pakai (mm ²)	15205,31	12164,25
ρ perlu (%)	1,72	1,35
ρ pakai (%)	1.19	1,07

Berdasarkan Tabel 4.17, dapat dilihat bahwa kebutuhan tulangan perlu dan rasio tulangan perlu terbesar adalah pada SPRMK, hal ini dipengaruhi oleh gaya dalam pada elemen kolom tersebut yang dapat dilihat pada tabel 4.18. Selain itu dapat disimpulkan bahwa semakin besar gaya yang bekerja pada elemen maka akan berpengaruh pada kebutuhan tulangan yang semakin besar pula, dalam hal ini yang

sangat berpengaruh dan menjadi perbedaan antara kedua struktur yaitu beban gempanya.

Kolom direncanakan mampu memikul beban yang bekerja, sehingga kuat rencana harus lebih besar dari kuat perlunya. Persyaratan dan aturan desain elemen kolom mengikuti SNI 2847:2019 Pasal 18.7.

4.10 Volume Beton

Salah satu tolok ukur efisiensi dalam perencanaan struktur, selain kinerja keamanan, adalah dari segi ekonomi. Volume material yang digunakan, khususnya beton, berpengaruh secara langsung terhadap biaya konstruksi proyek. Oleh karena itu, dilakukan perhitungan estimasi volume beton yang dibutuhkan untuk masing-masing model struktur, yaitu Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dan Sistem Ganda, untuk mendapatkan gambaran mengenai efisiensi material dari kedua sistem tersebut.

Perhitungan volume ini mencakup elemen-elemen struktur utama seperti kolom, balok, pelat lantai, dan dinding geser. Hasil perbandingan volume beton disajikan dalam tabel di bawah ini.

Tabel 4.18: Perbandingan Estimasi Volume Beton (m³).

No.	Elemen Struktur	Volume SRPMK (m ³)	Volume Sistem Ganda (m ³)	Selisih (m ³)
1	Kolom	1509.088	1509.088	0
2	Balok Induk	1895.02	1830.07	64.94
3	Balok Anak	675.37	667.814	7.56
4	Pelat Lantai & Atap	1586.33	1608.68	-22.35
5	Dinding Geser (Shear Wall)	0	395.605	395.605
Total		5665.81175	6011.25825	-345.4465

Tabel diatas menunjukkan Secara keseluruhan, Sistem Ganda membutuhkan volume beton yang lebih banyak dibandingkan dengan SRPMK. Meskipun SRPMK mungkin membutuhkan balok yang sedikit lebih besar, penambahan dinding geser pada Sistem Ganda membuat kebutuhan betonnya lebih tinggi secara total. Informasi ini menjadi salah satu pertimbangan penting dalam memilih sistem struktur yang paling efisien secara ekonomi.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa data dan pembahasan struktur gedung kantor 16 lantai menggunakan sistem SRPMK dan Sistem Ganda di kota Medan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Perbandingan Deformasi Lateral Struktur

Sistem Ganda menunjukkan deformasi lateral (simpangan antar tingkat atau *story drift*) yang lebih kecil dibandingkan dengan sistem SRPMK. Hal ini menjadikan Sistem Ganda sebagai struktur yang lebih kaku. Disebabkan kekakuan yang lebih tinggi pada Sistem Ganda adalah karena adanya elemen dinding geser (*shear wall*) yang efektif menyerap gaya geser lateral akibat gempa, sehingga mengurangi beban momen pada rangka portal utama. kedua model struktur (SRPMK dan Sistem Ganda) terbukti aman, karena simpangan antar tingkat yang terjadi pada kedua sistem masih berada di bawah batas simpangan izin yang disyaratkan oleh SNI 1726:2019.

2. Perbandingan Volume Material dan Pemenuhan Standar SNI

Dari segi penggunaan beton, sistem SRPMK lebih efisien. volume beton pada Sistem Ganda 6,10% lebih banyak daripada volume beton pada sistem SRPMK. Disebabkan oleh volume beton tambahan yang diperlukan untuk elemen dinding geser pada Sistem Ganda. Sedangkan dari segi efisiensi penggunaan baja tulangan, Sistem Ganda lebih unggul. Pada sistem ini, kolom tidak menahan momen lentur yang besar, sehingga rasio kebutuhan tulangan pada kolom hanya 1,07%. Sebaliknya, kolom pada sistem SRPMK harus menahan momen yang jauh lebih tinggi, sehingga memerlukan rasio tulangan yang lebih besar, yaitu 1,9%. Pemenuhan Standar SNI, Seluruh hasil perencanaan dari kedua model telah terverifikasi dan memenuhi kriteria yang berlaku dalam standar SNI.

Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa baik SRPMK maupun Sistem Ganda adalah alternatif desain yang valid dan aman, di mana

pemilihannya melibatkan pertimbangan *trade-off* antara efisiensi volume beton (pada SRPMK) dan efisiensi volume tulangan (pada Sistem Ganda).

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah diuraikan, berikut adalah beberapa saran yang dapat menjadi acuan untuk pengembangan penelitian serupa di masa mendatang:

1. Analisis Efisiensi Biaya Secara Rinci (RAB): Disarankan untuk melakukan studi lanjutan yang menyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) secara detail untuk kedua sistem. Analisis ini harus mencakup perhitungan volume total baja tulangan, biaya material (beton, baja, perancah), serta estimasi biaya tenaga kerja yang memperhitungkan tingkat kesulitan pelaksanaan masing-masing sistem untuk mendapatkan gambaran efisiensi ekonomi yang lebih akurat.
2. Analisis Kinerja Non-Linear (*Pushover Analysis*): Untuk memahami perilaku struktur hingga mendekati keruntuhan, disarankan untuk melakukan analisis non-linear statik (*pushover analysis*). Analisis ini dapat memberikan gambaran yang lebih akurat mengenai kapasitas daktilitas, mekanisme keruntuhan, dan tingkat kinerja seismik aktual (misalnya, *Immediate Occupancy*, *Life Safety*, atau *Collapse Prevention*) dari kedua sistem.
3. Studi Komparasi pada Kondisi Tanah yang Berbeda: Penelitian ini berfokus pada tanah lunak (SE), di mana respons struktur sangat dipengaruhi oleh amplifikasi tanah. Akan sangat bermanfaat jika dilakukan studi komparasi serupa pada jenis tanah yang lebih kaku (misalnya, tanah sedang SD atau tanah keras SC) untuk mengevaluasi apakah pengaruh interaksi struktur-tanah akan mengubah pilihan sistem yang optimal.
4. Analisis Struktur Bawah (Fondasi): Laporan ini berfokus pada struktur atas. Mengingat gaya geser dasar dan momen guling pada SRPMK sangat besar, disarankan untuk melanjutkan penelitian dengan menganalisis dan merencanakan sistem fondasi yang sesuai untuk kedua model. Perbandingan

desain dan biaya fondasi akan memberikan gambaran efisiensi total yang lebih lengkap dari fondasi hingga atap

DAFTAR PUSTAKA

- Almufid, A., dan Santoso, E. 2021. Struktur SRPMK Dan SRPMM Pada Bangunan Tinggi (*Structure of SRMK and SRMM on High Building*). Jurnal Teknik. Vol 10 No.1. Tangerang.
- Batara, I., dkk. 2019. Perbandingan Perencanaan Gedung Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus Dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah Studi Kasus: Gedung Grand UMI Tower. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Sipil, Vol.1 No.4:439-449. Makassar.
- Fitrah, R. A., & Melinda, A. P. (2020). Studi Komparasi *Detailing* Desain Komponen Lentur Struktur Beton Bertulang SRPMK dan SRPMM. *Jurnal umsb Rang Teknik Journal* (Vol.I No.2 Juni 2020).
- Frinsilia Jaglien Liando Servie O. Dapas, S. E. (2020). Perencanaan struktur beton bertulang gedung kuliah 5 lantai. Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.4 Juli 2020 (471-482), 8, 471-482.
- Imran, I. dan Hendrik, F. (2021) Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Tahan Gempa. Bandung: ITB.
- I Made Andi Setiawan, I. W. (2022). Analisis efektivitas biaya dalam pemilihan pondasi Bore Pile atau Pondasi Rakit pada struktur gedung. 251-280.
- Liando, F. J. (2020). Perencanaan struktur beton bertulang. *Jurnal Sipil Statik Vol.8 No.4 Juli 2020 (471-482)*, 8, 471-482.
- Mochamad Solikin, R. P. (2023). Perbandingan evaluasi kinerja bangunan gedung tahan gempa yang didesain dengan metode SRPMM & SRPMK berdasarkan SNI 1726:2019. *Simposium Nasional RAPI XXII – 2023 FT UMS*, 8-20.
- Ohorella, F. Z. I., Mushthofa, M., dan Saputra, E. 2023. Perbandingan respon seismik struktur atas gedung simetris dua arah berdasarkan SNI 1726-2012 dan SNI 1726-2019 (Studi kasus: Gedung Kuliah Bersama Politeknik Cilacap). In *Proceeding Civil Engineering Research Forum*. Vol.2 No.2. Yogyakarta.
- Peraturan Standar nasional sesuai SNI-1727-2020 tentang pembebanan.
- Peraturan Standar nasional sesuai SNI 2847-2019 tentang beton structural untuk bangunan gedung.
- Peraturan Standar nasional sesuai SNI 1726-2019 tentang gaya gempa yang terjadi pada struktur gedung.

Peraturan Standar nasional sesuai SNI 8460:2017 Persyaratan perancangan geoteknik.

Simatupang, A. D. U. A. 2019. Analisis dan Desain Elemen Struktur Beton Bertulang pada Gedung yang Memiliki Kolom Miring dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB). JRSDD, Edisi Juni 2019, Vol.7 No.2:255 – 268. Lampung.

Suriani, E. (2022). Kajian studi alternatif desain bangunan terhadap beban lateral pada bangunan tinggi. Jurusan Arsitektur, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya, Jl. Ahmad Yani No.117 Kota Surabaya, 9, 35-48.

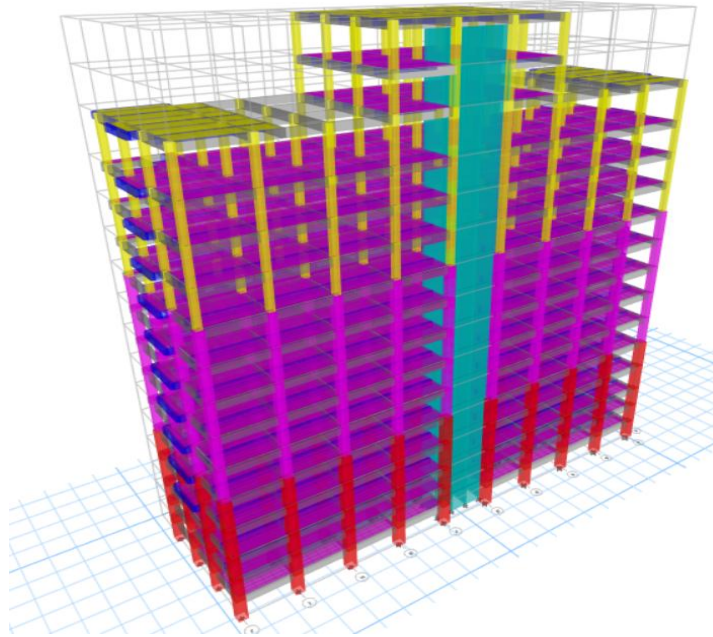
Tegar Fadillah, M. M. (2024). Perbandingan respon seismik Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa dan Menengah pada gedung simetris dua arah. *JCEBT, Vol 8 (No 1) Maret 2024*, 8, 163-175.

Wahyu Kumbari, H. F. (2021). Studi perencanaan dinding penahan tanah dengan metode pelaksanaan bottom up dan top down pada basement Rumah Sakit Ponorogo. Vol. 6, No. 2, November 2021, 6, 351-389.

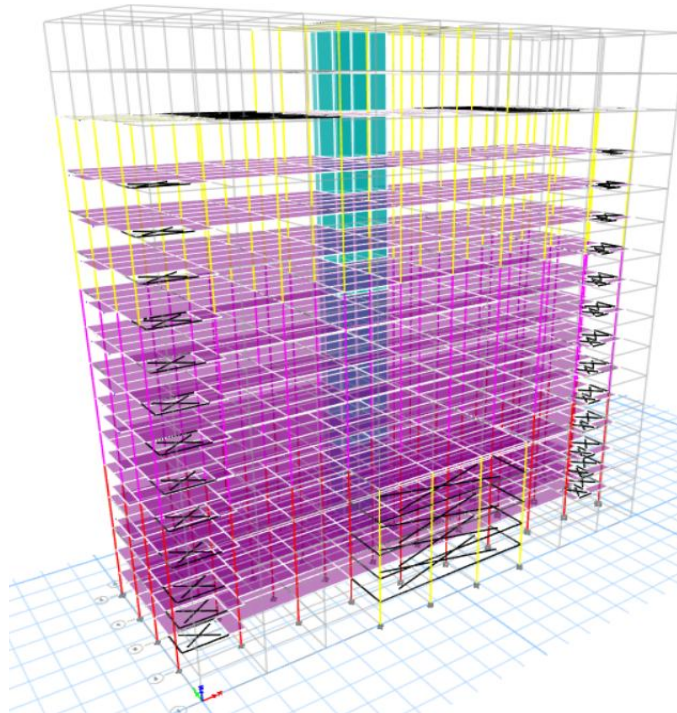
Yuyun Tajunnisa, M. C. (2020). Perbandingan Evaluasi Kinerja Bangunan Gedung Tahan Gempa antara Metode SRPMM dan SRPMK. Volume 12, Nomor 1, Pebruari 2020, 12, 1-16.

LAMPIRAN

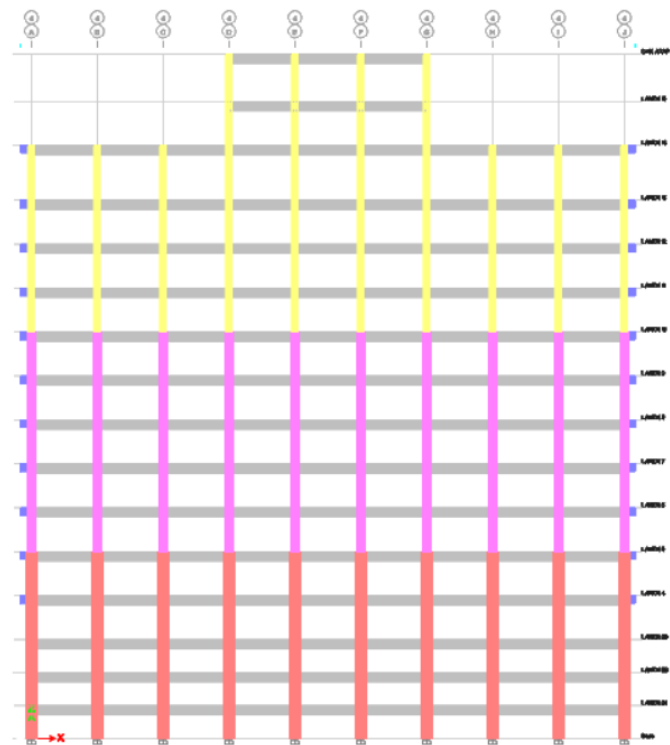
L1. Gambar Struktur Bangunan



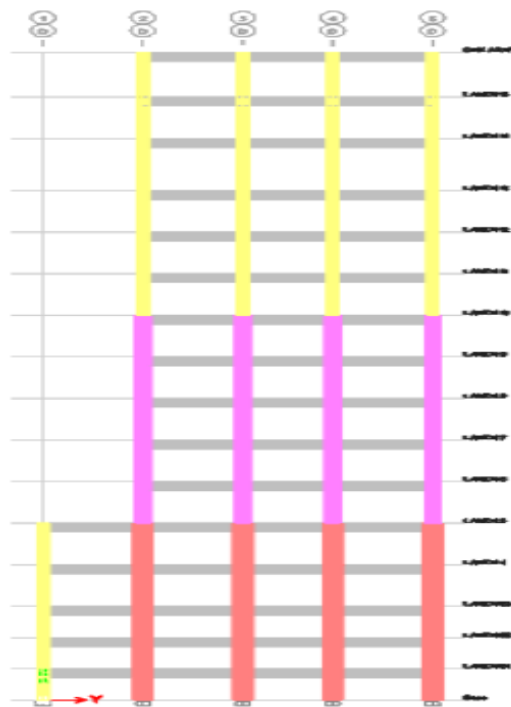
Gambar L.1: Hasil modelling Etabs.



Gambar L.1.1: Hasil modelling Etabs.



Potongan Portal View 4



Potongan Portal View D

L.2. Kombinasi gaya Struktur Atas

Pengaruh adanya satu atau lebih beban yang tidak bekerja harus ditinjau. Pengaruh yang paling menentukan dari beban-beban angin dan seismic harus ditinjau, tetapi kedua beban tersebut tidak perlu ditinjau secara simultan. Lihat 0 untuk definisi khusus mengenai pengaruh beban gempa E .

Tabel L.2.1: Kombinasi struktur atas.

Nomor		DL	SIDL	LL	Lr	R	W _x	W _y	E _x	E _y
1.	1.1	1.4	1.4							
2.	2.1	1.2	1.2	1.6	0.5					
	2.2	1.2	1.2	1.6		0.5				
3.	3.1	1.2	1.2	1	1.6					
	3.2	1.2	1.2		1.6		0.5			
	3.3	1.2	1.2		1.6			0.5		
	3.4	1.2	1.2		1.6		0.375	0.375		
	3.5	1.2	1.2	1		1.6				
	3.6	1.2	1.2			1.6	0.5			
	3.7	1.2	1.2			1.6		0.5		
	3.8	1.2	1.2			1.6	0.375	0.375		
4.	4.1	1.2	1.2	1	0.5		1			
	4.2	1.2	1.2	1	0.5			1		
4.	4.3	1.2	1.2	1	0.5		0.75	0.75		
	4.4	1.2	1.2	1		0.5	1			
	4.5	1.2	1.2	1		0.5		1		
	4.6	1.2	1.2	1		0.5	0.75	0.75		
5.	5.1	0.9	0.9				1			
	5.2	0.9	0.9					1		
	5.3	0.9	0.9				0.75	0.75		

Tabel L.2.1: *Lanjutan.*

Nomor	DL	SIDL	LL	Lr	R	W _x	W _y	E _x	E _y
	6.1	1.3269	1.3269	1				1.3	0.39
	6.2	1.3269	1.3269	1				1.3	-0.39
	6.3	1.3269	1.3269	1				-1.3	0.39
	6.4	1.3269	1.3269	1				-1.3	-0.39
	6.5	1.3269	1.3269	1				0.39	1.3
	6.6	1.3269	1.3269	1				-0.39	1.3
	6.7	1.3269	1.3269	1				0.39	-1.3
	6.8	1.3269	1.3269	1				-0.39	-1.3
7.	7.1	0.7731	0.7731					1.3	0.39
	7.2	0.7731	0.7731					1.3	-0.39
	7.3	0.7731	0.7731					-1.3	0.39
	7.4	0.7731	0.7731					-1.3	-0.39
	7.5	0.7731	0.7731					0.39	1.3
	7.6	0.7731	0.7731					-0.39	1.3
	7.7	0.7731	0.7731					0.39	-1.3
	7.8	0.7731	0.7731					-0.39	-1.3

L.3. Sistem Struktur

Sistem dasar pemikul gaya seismik lateral dan vertikal harus memenuhi salah satu tipe yang ditunjukkan pada Tabel 12 atau kombinasi sistem seperti 0, 0 dan 0, kecuali apabila sistem struktur tersebut termasuk dalam 0. Masing-masing sistem terbagi berdasarkan tipe elemen vertikal pemikul gaya seismik lateral. Sistem struktur yang digunakan harus sesuai dengan batasan sistem struktur dan batasan ketinggian struktur, h_n , yang ditunjukkan pada Tabel 12. Koefisien modifikasi respons, R , faktor kuat lebih sistem Ω_0 , dan faktor pembesaran simpangan lateral, C_d , yang sesuai sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 12 harus digunakan dalam penentuan geser dasar, gaya desain elemen, dan simpangan antar tingkat desain.

Elemen-elemen sistem pemikul gaya seismik, termasuk komponen struktur dan sambungannya, harus memenuhi persyaratan pendetailan pada Tabel 12 untuk sistem struktur yang dipilih.

Dibawah ini tabel nilai perbandingan sistem ganda dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK).

Tabel L.3.1: Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk sistem 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
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 ^k	TI ^k	TI ^k
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^l	TI ^l	TI ^l
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	TI	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canal dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁿ	3½	3 ^e	3½	10	10	10	10	10
D. Sistem ganda dengan rangka pemikul momen khusus yang mampu menahan paling sedikit 25 % gaya seismik yang ditetapkan								
1. Rangka baja dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
2. Rangka baja dengan bresing konsentris khusus	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
3. Dinding geser beton bertulang khusus ^{a,h}	7	2½	5½	TB	TB	TB	TB	TB
4. Dinding geser beton bertulang biasa ^g	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
5. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing eksentris	8	2½	4	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka baja dan beton komposit dengan bresing konsentris khusus	6	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
7. Dinding geser pelat baja dan beton komposit	7½	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
8. Dinding geser baja dan beton komposit khusus	7	2½	6	TB	TB	TB	TB	TB
9. Dinding geser baja dan beton komposit biasa	6	2½	5	TB	TB	TI	TI	TI
10. Dinding geser batu bata bertulang khusus	5½	3	5	TB	TB	TB	TB	TB
11. Dinding geser batu bata bertulang menengah	4	3	3½	TB	TB	TI	TI	TI
12. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	TB	TB	TB
13. Dinding geser pelat baja khusus	8	2½	6½	TB	TB	TB	TB	TB

(Sumber: Tabel 12, SNI 1726:2019)

L.4. Perbandingan Hasil Analisis Sistem Ganda Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK)

Pada subbab ini akan membahas dimensi struktur atas gedung rusun 16 lantai menggunakan perbandingan sistem ganda dan sistem rangka pemikul momen khusus (SRPMK) diatas tanah lunak (SE), yang terletak di kota Medan.

1. Tabel Pengecekan ketidakberaturan horizontal dan Vertikal

Pengecekan ketidakberaturan horizontal pada gedung yang dirancang dilakukan berdasarkan peraturan yang tercantum dalam tabel 10 SNI 1726:2019 berikut.

Tabel L.4.1: Ketidakberaturan horizontal (Sumber: Tabel 10 SNI 1726:2019).

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.4 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	D, E, dan F B, C, D, E, dan F C, D, E, dan F C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
1b.	Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	7.3.3.1 7.3.3.4 7.3.4.2 7.7.3 7.8.4.3 7.12.1 Tabel 16 11.3.4	E dan F D B, C, dan D C dan D C dan D D B, C, dan D
2.	Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15 % dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
3.	Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 % daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 % dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	7.3.3.4 Tabel 16	D, E, dan F D, E, dan F
4.	Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.	7.3.3.3 7.3.3.4 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F
5.	Ketidakberaturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu-sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.	7.5.3 7.7.3 Tabel 16 11.3.4	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E, dan F

Tabel L.4.2: Ketidakberaturan Vertikal (Sumber: Tabel 11 SNI 1726:2019).

	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a.	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	Tabel 16	D, E, dan F
1b.	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
2.	Ketidakberaturan Berat (Massa) didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150 % massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	Tabel 16	D, E, dan F
3.	Ketidakberaturan Geometri Vertikal didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130 % dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya.	Tabel 16	D, E, dan F
4.	Ketidakberaturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.	7.3.3.3 7.3.3.4 Tabel 16	B, C, D, E, dan F D, E, dan F D, E, dan F
5a.	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	7.3.3.1 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
5b.	Ketidakberaturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	7.3.3.1 7.3.3.2 Tabel 16	D, E, dan F B dan C D, E, dan F

2. Hasil Analisa Balok

➤ SPRMK Bentang anak 6 meter

- Momen Tumpuan (Negatif): -242.999 kN.m
- Momen Lapangan (Positif): 127.4128 kN.m

A. Kebutuhan Tulangan Tumpuan (Area Momen Negatif):

- Luas tulangan yang dibutuhkan (As perlu) dihitung sebesar 1020.91 mm².
- Digunakan tulangan 3D 22 (As terpasang = 1140.40 mm²).

B. Kebutuhan Tulangan Lapangan (Area Momen Positif):

- Luas tulangan yang dibutuhkan (A_s perlu) dihitung sebesar 535.30 mm^2 .
- Digunakan tulangan 3D 22 (A_s terpasang = 1140.398 mm^2).
- Rasio tulangan terpasang ($\rho_{\text{terpasang}}$) adalah 0.65%, memenuhi syarat yang berlaku.

➤ Sistem Ganda Bentang anak 6 meter

- Momen Tumpuan (Negatif): -1022.203 kN.m
- Momen Lapangan (Positif): 564.760 kN.m

A. Kebutuhan Tulangan Tumpuan (Area Momen Negatif):

- Luas tulangan yang dibutuhkan (A_s perlu) dihitung sebesar 4893.971 mm^2 .
- Digunakan tulangan 15D 22 (A_s terpasang = 5701.991 mm^2).

B. Kebutuhan Tulangan Lapangan (Area Momen Positif):

- Luas tulangan yang dibutuhkan (A_s perlu) dihitung sebesar 2500.32 mm^2 .
- Digunakan tulangan 8D 22 (A_s terpasang = 3041.062 mm^2).

➤ SPRMK Bentang induk 5 meter

- Momen Tumpuan (Negatif): -1373.259 kN.m
- Momen Lapangan (Positif): 1061.877 kN.m

A. Kebutuhan Tulangan Tumpuan (Area Momen Negatif):

- Luas tulangan yang dibutuhkan (A_s perlu) dihitung sebesar 5081.460 mm^2 .
- Digunakan tulangan 15D 22 (A_s terpasang = 5701.991 mm^2).
- Rasio tulangan terpasang ($\rho_{\text{terpasang}}$) adalah 1.63%, yang telah memenuhi syarat rasio minimum (ρ_{min}) dan tidak melebihi rasio maksimum (ρ_{maks}).

B. Kebutuhan Tulangan Lapangan (Area Momen Positif):

- Luas tulangan yang dibutuhkan (A_s perlu) dihitung sebesar 535.30 mm^2 .
- Digunakan tulangan 12D 22 (A_s terpasang = 4561.593 mm^2).
- Rasio tulangan terpasang ($\rho_{\text{terpasang}}$) adalah 1.31%, memenuhi syarat yang berlaku.

Sistem Ganda Bentang induk 5 meter

- Momen Tumpuan (Negatif): -1022.203 kN.m
- Momen Lapangan (Positif): 564.760 kN.m

A. Kebutuhan Tulangan Tumpuan (Area Momen Negatif):

- Luas tulangan yang dibutuhkan (A_s perlu) dihitung sebesar 3649.990 mm².
- Digunakan tulangan 11D 22 (A_s terpasang = 4181.460 mm²).
- Rasio tulangan terpasang ($\rho_{\text{terpasang}}$) adalah 1.19%, yang telah memenuhi syarat rasio minimum (ρ_{min}) dan tidak melebihi rasio maksimum (ρ_{maks}).

B. Kebutuhan Tulangan Lapangan (Area Momen Positif):

- Luas tulangan yang dibutuhkan (A_s perlu) dihitung sebesar 1941.733 mm².
- Digunakan tulangan 6D 22 (A_s terpasang = 2280.796 mm²).
- Rasio tulangan terpasang ($\rho_{\text{terpasang}}$) adalah 0.65%, memenuhi syarat yang berlaku.

a. Penulangan Geser (Transversal/Sengkang)

➤ SPRMK Bentang induk 6 meter

Gaya geser ultimit (V_u) pada balok di dekat tumpuan adalah 672.95 kN.

A. Daerah Sendi Plastis (dekat Tumpuan):

- Sesuai persyaratan SRPMK, pada jarak 1400 mm dari muka kolom, sengkang harus dipasang lebih rapat untuk memberikan kekangan.
- Digunakan sengkang $\phi 10$ -100 mm.

B. Daerah Lapangan:

- Di luar daerah sendi plastis, jarak sengkang dapat diperbesar.
- Digunakan sengkang $\phi 10$ -150 mm.

➤ Sistem Ganda Bentang induk 6 meter

Gaya geser ultimit (V_u) pada balok di dekat tumpuan adalah 717.01 kN.

A. Daerah Sendi Plastis (dekat Tumpuan):

- Untuk memastikan rangka ini memiliki daktilitas dan kemampuan deformasi yang memadai, maka pendetailan tulangan, termasuk sengkang pada kolomnya, harus mengikuti standar tertinggi untuk sistem tahan gempa, yaitu sesuai persyaratan SRPMK, pada jarak 1400 mm dari muka kolom, sengkang harus dipasang lebih rapat untuk memberikan kekangan.
- Digunakan sengkang $\phi 10$ -100 mm.

B. Daerah Lapangan:

- Di luar daerah sendi plastis, jarak sengkang dapat diperbesar.
- Digunakan sengkang $\phi 10$ -150 mm.

➤ SPRMK Bentang anak 6 meter

Gaya geser ultimit (V_u) pada balok di dekat tumpuan adalah 113.643 kN.

A. Daerah Sendi Plastis (dekat Tumpuan):

- Sesuai persyaratan SRPMK, pada jarak 1400 mm dari muka kolom, sengkang harus dipasang lebih rapat untuk memberikan kekangan.
- Digunakan sengkang $\phi 10$ -100 mm.

B. Daerah Lapangan:

- Di luar daerah sendi plastis, jarak sengkang dapat diperbesar.
- Digunakan sengkang $\phi 10$ -150 mm.

➤ Sistem Ganda Bentang anak 6 meter

Gaya geser ultimit (V_u) pada balok di dekat tumpuan adalah 557.34 kN.

A. Daerah Sendi Plastis (dekat Tumpuan):

- Untuk memastikan rangka ini memiliki daktilitas dan kemampuan deformasi yang memadai, maka pendetailan tulangan, termasuk sengkang pada kolomnya, harus mengikuti standar tertinggi untuk sistem tahan gempa, yaitu sesuai persyaratan SRPMK, pada jarak 1400 mm dari muka kolom, sengkang harus dipasang lebih rapat untuk memberikan kekangan.
- Digunakan sengkang $\phi 10$ -100 mm.

B. Daerah Lapangan:

- Di luar daerah sendi plastis, jarak sengkang dapat diperbesar.
- Digunakan sengkang $\phi 10$ -150 mm.

➤ SPRMK Bentang induk 5 meter

Gaya geser ultimit (V_u) pada balok di dekat tumpuan adalah 1022.14 kN.

A. Daerah Sendi Plastis (dekat Tumpuan):

- Sesuai persyaratan SRPMK, pada jarak 1400 mm dari muka kolom, sengkang harus dipasang lebih rapat untuk memberikan kekangan.
- Digunakan sengkang $\phi 10$ -100 mm.

B. Daerah Lapangan:

- Di luar daerah sendi plastis, jarak sengkang dapat diperbesar.
- Digunakan sengkang $\phi 10$ -150 mm.

➤ Sistem Ganda Bentang induk 5 meter

Gaya geser ultimit (V_u) pada balok di dekat tumpuan adalah 7490 kN.

A. Daerah Sendi Plastis (dekat Tumpuan):

- Untuk memastikan rangka ini memiliki daktilitas dan kemampuan deformasi yang memadai, maka pendetailan tulangan, termasuk sengkang pada kolomnya, harus mengikuti standar tertinggi untuk sistem tahan gempa, yaitu sesuai persyaratan SRPMK, pada jarak 1400 mm dari muka kolom, sengkang harus dipasang lebih rapat untuk memberikan kekangan.
- Digunakan sengkang $\phi 10$ -100 mm.

B. Daerah Lapangan:

- Di luar daerah sendi plastis, jarak sengkang dapat diperbesar.
- Digunakan sengkang $\phi 10$ -150 mm.

3. Penulangan Kolom

4.1. Penulangan Geser (Transversal/Sengkang)

Tulangan transversal pada kolom berfungsi menahan geser dan memberikan kekangan pada beton inti (konfinemen) untuk meningkatkan daktilitas. Dari hasil analisis, diperoleh gaya dalam sebagai berikut:

➤ SPRMK K1. 1000/1000

- Kapasitas momen lentur maksimum (M_{pr} Kolom) : 3920.55 kN.m
- Digunakan tulangan tumpuan 28 D10-100.
- Digunakan tulangan tumpuan 10 D10-100.

➤ Sistem Ganda K1. 1000/1000

- Kapasitas momen lentur maksimum (M_{pr} Kolom) : 3985.369 kN.m
- Digunakan tulangan tumpuan 10 D10-100.
- Digunakan tulangan tumpuan 2 D10-100.

➤ SPRMK K2. 800/800

- Kapasitas momen lentur maksimum (M_{pr} Kolom) : 2311.56 kN.m
- Digunakan tulangan tumpuan 20 D10-80.
- Digunakan tulangan tumpuan 2 D10-100.

➤ Sistem Ganda K2. 800/800

- Kapasitas momen lentur maksimum (M_{pr} Kolom) : 1419.50 kN.m
- Digunakan tulangan tumpuan 10 D10-100.
- Digunakan tulangan tumpuan 2 D10-100.

➤ SPRMK K3. 600/600

- Kapasitas momen lentur maksimum (M_{pr} Kolom) : 921.77 kN.m
- Digunakan tulangan tumpuan 12 D10-100.
- Digunakan tulangan tumpuan 2 D10-100.

➤ Sistem Ganda K3. 600/600

- Kapasitas momen lentur maksimum (M_{pr} Kolom) : 665.81 kN.m
- Digunakan tulangan tumpuan 8 D10-100.

- Digunakan tulangan tumpuan 2 D10-100.

4. Desain Penulangan Pelat Lantai dan Dak Atap

Perencanaan penulangan ini mencakup pelat lantai dan pelat dak atap. Sesuai tujuan penelitian, seluruh proses desain mengacu pada SNI 2847:2019 untuk memastikan struktur memenuhi standar kekuatan dan kelayakan.

A. Penulangan Pelat Lantai (Tebal = 150 mm)

➤ SPRMK

1. Data Perencanaan

- Tebal Pelat (h): 150 mm
- Mutu Beton (f_c): 35 MPa
- Mutu Baja (f_y): 390 MPa
- Beban Hidup (LL): 1,92 kN/m²
- Beban Mati Tambahan (SIDL): 1,02 kN/m²

2. Analisis Pembebanan dan Momen Rencana

- Beban Mati (DL) Berat Sendiri: $0.150 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 3.60 \text{ kN/m}^2$
- Beban Mati Total: $3.60 + 1.02 = 4.62 \text{ kN/m}^2$
- Beban Terfaktor (q_u): $q_u = 1.2 \times (4.62) + 1.6 \times (1.92) = 5.544 + 3.072 = 8.616 \text{ kN/m}^2$

3. Desain Penulangan (Digunakan Tulangan D10)

- Tulangan Tumpuan;
 - As pasang = 785.398 mm²
 - Kapasitas Lentur (M_n) = 33.648 kN.m
 - Momen Ultimit (M_u) 4.447 kN.m
- Pengecekan Syarat SNI:
 - Tulangan Minimum ($A_{s,min}$): $0.0018 \times 1000 \times 150 = 30 \text{ mm}^2/\text{m}$.
 - Jarak Maksimum (s_{maks}): Terkecil dari ($2h = 300 \text{ mm}$) atau 150 mm. Jadi, $s_{maks} = 300 \text{ mm}$.

➤ Sistem Ganda

1. Data Perencanaan

- Tebal Pelat (h): 150 mm
- Mutu Beton (f'_c): 35 MPa
- Mutu Baja (f_y): 390 MPa
- Beban Hidup (LL): 1,92 kN/m²
- Beban Mati Tambahan (SIDL): 1,02 kN/m²

2. Analisis Pembebanan dan Momen Rencana

- Beban Mati (DL) Berat Sendiri: $0.150 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 3.60 \text{ kN/m}^2$
- Beban Mati Total: $3.60 + 1.02 = 4.62 \text{ kN/m}^2$
- Beban Terfaktor (q_u): $q_u = 1.2 \times (4.62) + 1.6 \times (1.92) = 5.544 + 3.072 = 8.616 \text{ kN/m}^2$

3. Desain Penulangan (Digunakan Tulangan D10)

- Tulangan Tumpuan;
 - As pasang = 785.398 mm²
 - Kapasitas Lentur (M_n) = 33.648 kN.m
 - Momen Ultimit (M_u) = 2.207 kN.m
- Pengecekan Syarat SNI:
 - Tulangan Minimum ($A_{s,min}$): $0.0018 \times 1000 \times 150 = 30 \text{ mm}^2/\text{m}$.
 - Jarak Maksimum (s_{maks}): Terkecil dari ($2h = 300 \text{ mm}$) atau 350 mm.
Jadi, $s_{maks} = 300 \text{ mm}$.

B. Penulangan Pelat Dak Atap (Tebal = 100 mm)

➤ SPRMK

1. Data Perencanaan

- Tebal Pelat (h): 100 mm
- Mutu Beton (f'_c): 35 MPa
- Mutu Baja (f_y): 390 MPa
- Beban Hidup Atap (LL): 0,96 kN/m²
- Beban Mati Tambahan (SIDL): 0,37 kN/m²

2. Analisis Pembebanan dan Momen Rencana

- Beban Mati (DL) Berat Sendiri: $0.100 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2.40 \text{ kN/m}^2$
- Beban Mati Total: $2.40 + 0.37 = 2.77 \text{ kN/m}^2$
- Beban Terfaktor (q_u): $q_u = 1.2 \times (2.77) + 1.6 \times (0.96) = 3.324 + 1.536 = 4.86 \text{ kN/m}^2$

3. Desain Penulangan (Digunakan Tulangan D10)

- Tulangan Tumpuan:
 - As pasang = 785.398 mm^2
 - Kapasitas Lentur (M_n) = 18.333 kN.m
 - Momen Ultimit (M_u) = 2.628 kN.m
- Pengecekan Syarat SNI:
 - Tulangan Minimum ($A_{s,min}$): $0.2\% \times 1000 \times 100 = 200 \text{ mm}^2$
 - Jarak Maksimum (s_{maks}): Terkecil dari ($2h = 200 \text{ mm}$) atau 100 mm .
Jadi, $s_{maks} = 200 \text{ mm}$.

➤ Sistem Ganda

1. Data Perencanaan

- Tebal Pelat (h): 100 mm
- Mutu Beton (f'_c): 35 MPa
- Mutu Baja (f_y): 390 MPa
- Beban Hidup Atap (LL): 0.96 kN/m^2
- Beban Mati Tambahan (SIDL): 0.37 kN/m^2

2. Analisis Pembebanan dan Momen Rencana

- Beban Mati (DL) Berat Sendiri: $0.100 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2.40 \text{ kN/m}^2$
- Beban Mati Total: $2.40 + 0.37 = 2.77 \text{ kN/m}^2$
- Beban Terfaktor (q_u): $q_u = 1.2 \times (2.77) + 1.6 \times (0.96) = 3.324 + 1.536 = 4.86 \text{ kN/m}^2$

3. Desain Penulangan (Digunakan Tulangan D10)

- Tulangan Tumpuan;
 - As pasang = 785.398 mm^2
 - Kapasitas Lentur (M_n) = 18.333 kN.m

- Momen Ultimit (M_u) = 0.583 kN.m
- Pengecekan Syarat SNI:
 - Tulangan Minimum ($A_{s,min}$): $0.2\% \times 1000 \times 100 = 200 \text{ mm}^2$
 - Jarak Maksimum (s_{maks}): Terkecil dari ($2h = 200 \text{ mm}$) atau 100 mm .
Jadi, $s_{maks} = 200 \text{ mm}$.

5. Desain Penulangan Pelat Lantai dan Dak Atap

Perencanaan penulangan ini mencakup pelat lantai dan pelat dak atap. Sesuai tujuan penelitian, seluruh proses desain mengacu pada SNI 2847:2019 untuk memastikan struktur memenuhi standar kekuatan dan kelayakan.

A. Penulangan Pelat Lantai (Tebal = 150 mm)

➤ SPRMK

1. Data Perencanaan

- Tebal Pelat (h): 150 mm
- Mutu Beton (f'_c): 35 MPa
- Mutu Baja (f_y): 390 MPa
- Beban Hidup (LL): $1,92 \text{ kN/m}^2$
- Beban Mati Tambahan (SIDL): $1,02 \text{ kN/m}^2$

2. Analisis Pembebanan dan Momen Rencana

- Beban Mati (DL) Berat Sendiri: $0.150 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 3.60 \text{ kN/m}^2$
- Beban Mati Total: $3.60 + 1.02 = 4.62 \text{ kN/m}^2$
- Beban Terfaktor (q_u): $q_u = 1.2 \times (4.62) + 1.6 \times (1.92) = 5.544 + 3.072 = 8.616 \text{ kN/m}^2$

3. Desain Penulangan (Digunakan Tulangan D10)

- Tulangan Tumpuan;
 - As pasang = 785.398 mm^2
 - Kapasitas Lentur (M_n) = 33.648 kN.m
 - Momen Ultimit (M_u) 4.447 kN.m
- Pengecekan Syarat SNI:
 - Tulangan Minimum ($A_{s,min}$): $0.0018 \times 1000 \times 150 = 30 \text{ mm}^2/\text{m}$.

- Jarak Maksimum (s_{maks}): Terkecil dari ($2h = 300 \text{ mm}$) atau 150 mm . Jadi, $s_{maks} = 300 \text{ mm}$.

➤ Sistem Ganda

1. Data Perencanaan

- Tebal Pelat (h): 150 mm
- Mutu Beton (f'_c): 35 MPa
- Mutu Baja (f_y): 390 MPa
- Beban Hidup (LL): $1,92 \text{ kN/m}^2$
- Beban Mati Tambahan (SIDL): $1,02 \text{ kN/m}^2$

2. Analisis Pembebanan dan Momen Rencana

- Beban Mati (DL) Berat Sendiri: $0.150 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 3.60 \text{ kN/m}^2$
- Beban Mati Total: $3.60 + 1.02 = 4.62 \text{ kN/m}^2$
- Beban Terfaktor (q_u): $q_u = 1.2 \times (4.62) + 1.6 \times (1.92) = 5.544 + 3.072 = 8.616 \text{ kN/m}^2$

3. Desain Penulangan (Digunakan Tulangan D10)

- Tulangan Tumpuan;
 - As pasang = 785.398 mm^2
 - Kapasitas Lentur (M_n) = 33.648 kN.m
 - Momen Ultimit (M_u) = 2.207 kN.m
- Pengecekan Syarat SNI:
 - Tulangan Minimum ($A_{s,min}$): $0.0018 \times 1000 \times 150 = 30 \text{ mm}^2/\text{m}$.
 - Jarak Maksimum (s_{maks}): Terkecil dari ($2h = 300 \text{ mm}$) atau 350 mm .
Jadi, $s_{maks} = 300 \text{ mm}$.

C. Penulangan Pelat Dak Atap (Tebal = 100 mm)

➤ SPRMK

1. Data Perencanaan

- Tebal Pelat (h): 100 mm
- Mutu Beton (f'_c): 35 MPa
- Mutu Baja (f_y): 390 MPa
- Beban Hidup Atap (LL): $0,96 \text{ kN/m}^2$

- Beban Mati Tambahan (SIDL): $0,37 \text{ kN/m}^2$

2. Analisis Pembebanan dan Momen Rencana

- Beban Mati (DL) Berat Sendiri: $0.100 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2.40 \text{ kN/m}^2$
- Beban Mati Total: $2.40 + 0.37 = 2.77 \text{ kN/m}^2$
- Beban Terfaktor (q_u): $q_u = 1.2 \times (2.77) + 1.6 \times (0.96) = 3.324 + 1.536 = 4.86 \text{ kN/m}^2$

3. Desain Penulangan (Digunakan Tulangan D10)

- Tulangan Tumpuan:
 - As pasang = 785.398 mm^2
 - Kapasitas Lentur (M_n) = 18.333 kN.m
 - Momen Ultimit (M_u) = 2.628 kN.m
- Pengecekan Syarat SNI:
 - Tulangan Minimum ($A_{s,min}$): $0.2\% \times 1000 \times 100 = 200 \text{ mm}^2$
 - Jarak Maksimum (s_{maks}): Terkecil dari ($2h = 200 \text{ mm}$) atau 100 mm .
Jadi, $s_{maks} = 200 \text{ mm}$.

➤ Sistem Ganda

1. Data Perencanaan

- Tebal Pelat (h): 100 mm
- Mutu Beton (f'_c): 35 MPa
- Mutu Baja (f_y): 390 MPa
- Beban Hidup Atap (LL): $0,96 \text{ kN/m}^2$
- Beban Mati Tambahan (SIDL): $0,37 \text{ kN/m}^2$

2. Analisis Pembebanan dan Momen Rencana

- Beban Mati (DL) Berat Sendiri: $0.100 \text{ m} \times 24 \text{ kN/m}^3 = 2.40 \text{ kN/m}^2$
- Beban Mati Total: $2.40 + 0.37 = 2.77 \text{ kN/m}^2$
- Beban Terfaktor (q_u): $q_u = 1.2 \times (2.77) + 1.6 \times (0.96) = 3.324 + 1.536 = 4.86 \text{ kN/m}^2$

3. Desain Penulangan (Digunakan Tulangan D10)

- Tulangan Tumpuan;

- $A_s \text{ pasang} = 785.398 \text{ mm}^2$
- Kapasitas Lentur (M_n) = 18.333 kN.m
- Momen Ultimit (M_u) = 0.583 kN.m
- Pengecekan Syarat SNI:
 - Tulangan Minimum ($A_{s,min}$): $0.2\% \times 1000 \times 100 = 200 \text{ mm}^2$
 - Jarak Maksimum (s_{maks}): Terkecil dari ($2h = 200 \text{ mm}$) atau 100 mm.
Jadi, $s_{maks} = 200 \text{ mm}$.

6. Penulangan Dinding Geser

Dinding geser menahan sebagian besar gaya gempa lateral. Penulangannya terdiri dari tulangan terdistribusi dan tulangan terkonsentrasi pada elemen batas (*boundary elements*).

A. Penulangan Geser Badan Dinding (*Web Reinforcement*)

Penulangan pada badan dinding geser terdiri dari tulangan horizontal dan vertikal yang dipasang dalam dua lapis pada kedua sisi muka dinding. Sesuai SNI 2847:2019, rasio tulangan minimum harus terpenuhi:

- Rasio Tulangan Vertikal (ρ_v): Tidak boleh kurang dari 0,0025.
- Rasio Tulangan Horizontal (ρ_h): Tidak boleh kurang dari 0,0025.
- Jarak antar tulangan: Tidak boleh melebihi 300 mm.

Berdasarkan hasil perhitungan gaya geser yang bekerja, dipasang tulangan terdistribusi D13 dengan jarak 200 mm untuk kedua arah (vertikal dan horizontal), yang telah memenuhi syarat rasio tulangan minimum dan kapasitas geser yang dibutuhkan.

B. Elemen Batas (*Boundary Elements*)

Sesuai persyaratan seismik SNI 1726:2019, untuk struktur yang menggunakan Sistem Ganda, wajib diperhitungkan kebutuhan elemen batas pada ujung-ujung dinding geser. Elemen batas ini sangat krusial karena berfungsi untuk:

1. Menahan tegangan tekan yang besar akibat kombinasi beban aksial dan momen lentur saat gempa.
2. Memberikan kekangan (*confinement*) pada beton, sehingga meningkatkan daktilitas dan mencegah keruntuhan getas (*brittle failure*).

Pengecekan kebutuhan elemen batas dilakukan berdasarkan tingkat tegangan tekan pada serat terluar beton. Dari hasil analisis, diketahui bahwa tegangan yang terjadi melebihi batas yang disyaratkan, sehingga elemen batas diperlukan di sepanjang tinggi kritis dinding.

Untuk elemen batas ini, dirancang penulangan khusus yang terkonsentrasi, yaitu:

- Tulangan Longitudinal: Digunakan tulangan terkonsentrasi 28D22 pada setiap ujung dinding geser.
- Tulangan Transversal (Kekangan): Dipasang sengkang ikat tertutup Ø13-110 mm untuk memberikan kekangan yang memadai pada inti beton, sesuai dengan persyaratan detail untuk kolom pada SRPMK.

Secara keseluruhan, penulangan yang dirancang untuk dinding geser, baik pada badan dinding maupun pada elemen batas, telah diverifikasi mampu menahan kombinasi beban terfaktor dan memenuhi semua persyaratan detailing seismik untuk memastikan perilaku struktur yang aman dan daktil.

L.5. Analisa perhitungan balok, kolom, pelat lantai, dinding geser menggunakan software excel.

L.5.1 SPRMK

L.5.1.1 Balok

1) Desain lentur balok induk 6 meter.

Tabel L.5.1: Desain lentur balok induk 6 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang Balok, L			Input	mm	6000
Lebar Balok, b			Input	mm	450
Tinggi Balok, h			Input	mm	850
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	18.6.4.1	$2 * h$	mm	1700
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b			Input	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d_{st}			Input	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d_s			Input	mm	10
Selintut Bersih, c_c			Input	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d			$h - c_c - d_s - d_{st}/2$	mm	779
Kuat Tekan Beton, f'_c			Input	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y			Input	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_{yt}			Input	MPa	390
β_1	10.2.7.3	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f'_c - 28) / 7 \leq 0.85$		0.8000
Panjang Kolom, c_1			Input (Sisi tegak lurus lebar balok)	mm	800
Lebar Kolom, c_2			Input (Sisi yang ditempel balok/sejajar lebar balok)	mm	800
L_n			$L - c_1$	mm	5200
λ			Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam					
$M_{u,tumpuan} (-)$			Input	kN-m	-1030.3757
$M_{u,tumpuan} (+)$			Input	kN-m	850.0765
$M_{u,lapangan} (-)$			Input	kN-m	-545.3145
$M_{u,lapangan} (+)$			Input	kN-m	537.881
P_u			Input	kN	0
Syarat Gaya dan Geometri					
Syarat Gaya Aksial	21.5.1.1	Tidak dipersyaratkan Baca R18.6.1 dan 18.6.4.7	$P_u \leq 0.1 A_g f'_c$?		OK
Syarat Tinggi Efektif	21.5.1.2	18.6.2.1	$L_n \geq 4d$?		OK
Syarat Lebar 1	21.5.1.3	18.6.2.1	$b \geq \max(0.3h, 250 \text{ mm})$?		OK
Syarat Lebar 2	21.5.1.4	18.6.2.1	$b \leq c_2 + 2 * \min(c_1, 0.75 c_1)$?		OK
Penulangan Lentur					
Tumpuan Negatif					
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n			Input		11
d_b				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	8.800
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis					2
As Pasang			$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	4181.460
$A_{s,min,1}$	10.5.1	9.6.1.2	$(f'_c)^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1329.411
$A_{s,min,2}$	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1258.385
Cek As min			As Pasang $\geq A_{s,min}$?		OK
ρ			$A_s / (b * d)$		1.19%
$\rho_{max,1}$	B.10.3	Tidak ada	$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f'_c / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.77%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{max}$?		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f'_c * b)$	mm	121.813
M_n	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	1171.045
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	152.266
ϵ_t	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (e_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * M_n$	kN-m	1053.940
$M_{u,tumpuan} (-)$				kN-m	1030.376
Cek Kapasitas			$\phi M_n \geq M_u$?		OK
As Perlu			$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	3679.171

Tabel L.5.1: *Lanjutan.*

Tumpuan Positif					
n			Input		10
d_b				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	12.222
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis					2
As Pasang			$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	3801.327
$A_{s_{min,1}}$	10.5.1	9.6.1.2	$(f'_c)^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1329.411
$A_{s_{min,2}}$	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1258.385
$A_{s_{min,4}}$	21.5.2.2	18.6.3.2	0.5 * As Tumpuan Negatif	mm ²	2090.730
Cek As min			As Pasang $\geq A_{s_{min}}$?		OK
ρ			As / (b * d)		1.08%
$\rho_{max,1}$	B.10.3		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f'_c / f_y * (600 / (600 + f'_c))$		2.77%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{max}$?		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	As * fy / (0.85 * fc' * b)	mm	110.739
M_n	10.2.7.1	22.2.2.4.1	As * fy * (d - a/2)	kN-m	1072.795
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	138.424
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.014
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (e_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * M_n$	kN-m	965.515
M_u				kN-m	850.077
Cek $\phi M_n > M_u$			$\phi M_n > M_u$?		OK
As Perlu			$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	3012.149
Lapangan Negatif					
n			Input		6
d_b				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	39.600
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis					1
As Pasang			$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	2280.796
$A_{s_{min,1}}$	10.5.1	9.6.1.2	$(f'_c)^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1329.411
$A_{s_{min,2}}$	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1258.385
$A_{s_{min,4}}$	21.5.2.2	18.6.3.2	0.25 * As Tumpuan Negatif	mm ²	1045.365
Cek As min			As Pasang $\geq A_{s_{min}}$?		OK
ρ			As / (b * d)		0.65%
$\rho_{max,1}$	B.10.3		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f'_c / f_y * (600 / (600 + f'_c))$		2.77%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{max}$?		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	As * fy / (0.85 * fc' * b)	mm	66.443
M_n	10.2.7.1	22.2.2.4.1	As * fy * (d - a/2)	kN-m	663.378
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	83.054
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.025
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (e_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * M_n$	kN-m	597.040
M_u				kN-m	545.315
Cek $\phi M_n > M_u$			$\phi M_n > M_u$?		OK
As Perlu			$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	1874.877
Lapangan Positif					
n			Input		6
d_b				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	39.600
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis					1
As Pasang			$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	2280.796
$A_{s_{min,1}}$	10.5.1	9.6.1.2	$(f'_c)^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1329.411
$A_{s_{min,2}}$	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1258.385
$A_{s_{min,4}}$	21.5.2.2	18.6.3.2	0.25 * As Tumpuan Negatif	mm ²	1045.365
Cek As min			As Pasang $\geq A_{s_{min}}$?		OK
ρ			As / (b * d)		0.65%
$\rho_{max,1}$	B.10.3		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f'_c / f_y * (600 / (600 + f'_c))$		2.77%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{max}$?		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	As * fy / (0.85 * fc' * b)	mm	66.443
M_n	10.2.7.1	22.2.2.4.1	As * fy * (d - a/2)	kN-m	663.378
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	83.054
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.025
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (e_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * M_n$	kN-m	597.040
M_u				kN-m	537.881
Cek $\phi M_n > M_u$			$\phi M_n > M_u$?		OK
As Perlu			$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	1849.319

2) Desain Geser balok induk 6 meter.

Tabel L.5.2: Desain Geser balok induk 6 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang Balok, L			Dari Sheet Desain Lentur	mm	6000
Lebar Balok, b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	450
Tinggi Balok, h			Dari Sheet Desain Lentur	mm	850
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	18.6.4.1	Dari Sheet Desain Lentur	mm	1700
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d _{bt}			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Dari Sheet Desain Lentur	mm	10
Selimum Bersih, c _c			Dari Sheet Desain Lentur	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d			Dari Sheet Desain Lentur	mm	779
Kuat Tekan Beton, f _c '			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{vy}			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
β ₁	10.2.7.3	Tabel 22.2.2.4.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8000
Panjang Kolom, c ₁			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
Lebar Kolom, c ₂			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
L _n			Dari Sheet Desain Lentur	mm	5200
Gaya Dalam					
V _{u,tumpuan}			Input	kN	742.1479
V _{u,lapangan}			Input	kN	420.9135
Tumpuan					
Gaya Desain					
V _{g,tumpuan}	S21.5.4	R18.6.5	Input [Kombinasi 1.2 D + L]	kN	144.4725
A _s ⁺ Tumpuan			Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	3801.327
A _s ⁻ Tumpuan			Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	4181.460
a _{pr} ⁺			1.25 a (tumpuan positif)	mm	138.424
a _{pr} ⁻			1.25 a (tumpuan negatif)	mm	152.266
M _{pr} ⁺	S21.5.4	R18.6.5	A _s ⁺ * (1.25 f _y) * (d - a _{pr} ⁺ /2)	N mm	1315341779
M _{pr} ⁻	S21.5.4	R18.6.5	A _s ⁻ * (1.25 f _y) * (d - a _{pr} ⁻ /2)	N mm	1432767389
V _{sway} atau V _{pr}	21.5.4.1	18.6.5.1	(M _{pr} ⁺ + M _{pr} ⁻) / L _n	N	528483
V _e	21.5.4.1	18.6.5.1	V _g + V _{pr}	N	672955
Tahanan Geser Beton					
V _{pr}				N	528483
1/2 V _e				N	336478
P _u				N	0
A _g f _c ' / 20				N	669375
V _e Diperhitungkan?	21.5.4.2	18.6.5.2	V _e = 0 jika V _{pr} >= 1/2 V _e dan P _u < A _g f _c ' / 20		Tidak
V _c				N	0
Penulangan Geser					
Jumlah Kaki			Input		8
A _v			n *π/4 *d _s ²	mm ²	628.319
Spasi			Input	mm	100
Spasi Max 1	21.5.3.2	18.6.4.4	d / 4	mm	194.75
Spasi Max 2	21.5.3.2	18.6.4.4	6 d _b	mm	132.00
Spasi Max 3	21.5.3.2	18.6.4.4	150 mm	mm	150.00
Cek Spasi					OK
V _s	11.4.7.2	22.5.10.5.3	A _v * f _{vy} * d / s	N	1908895
Batas V _s	11.4.7.9	22.5.1.2	0.66 * (f _c ') ^{0.5} * b * d	N	1368762
φ	9.3.2.3	12.5.3.2, 21.2.4			0.75
V _n			V _e + V _s	N	1368762
V _u				N	672955
φV _n / V _u					1.525
Cek Kapasitas			φV _n / V _u >= 1 ?		OK

Tabel L.5.2: *Lanjutan.*

Penulangan Geser					
Jumlah Kaki			Input		7
A_v			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	549.779
Spasi			Input	mm	150
Spasi Max	21.5.3.4	18.6.4.6	$d / 2$	mm	389.50
Cek Spasi					OK
V_s	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$A_v * f_{yv} * d / s$	N	1113522
Batas V_s	11.4.7.9	22.5.1.2	$0.66 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	1368762
V_c	11.2.1.1	22.5.5.1	$0.17 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	352560
ϕ	9.3.2.3	12.5.3.2, 21.2.4			0.75
V_n			$V_c + V_s$		1466082
V_u				N	420913.5
$\phi V_n / V_u$					2.612
Cek Kapasitas			$\phi V_n / V_u \geq 1$?		OK

3) Desain Torsi balok induk 6 meter.

Tabel L.5.3: Desain Torsi balok induk 6 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang Balok, L			Dari Sheet Desain Lentur	mm	6000
Lebar Balok, b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	450
Tinggi Balok, h			Dari Sheet Desain Lentur	mm	850
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	18.6.4.1	Dari Sheet Desain Lentur	mm	1700
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d _{bt}			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Dari Sheet Desain Lentur	mm	10
Selimit Bersih, c _c			Dari Sheet Desain Lentur	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d			Dari Sheet Desain Lentur	mm	779
Kuat Tekan Beton, f _c '			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
β ₁	10.2.7.3	Tabel 22.2.2.4.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8000
Panjang Kolom, c ₁			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
Lebar Kolom, c ₂			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
L _n			Dari Sheet Desain Lentur	mm	5200
Parameter Geometri Penampang untuk Perhitungan Torsi					
A _{cp}			b * h	mm ²	382500
P _{cp}			2 * (b + h)	mm	2600
x _o			b - 2c _c - d _s	mm	340
y _o			h - 2c _c - d _s	mm	740
A _{oh}		R22.7.6.1.1	x _o * y _o	mm ²	251600
A _o	11.5.3.6	22.7.6.1.1	0.85 A _{oh}	mm ²	213860
P _h		22.7.6.1	2 * (x _o + y _o)	mm	2160
Gaya Dalam					
T _u			Input	kN m	86.3253
Pengecekan Kebutuhan Tulangan Torsi					
T _{cr}			0.33 * (f _c ') ^{0.5} * A _{cp} ² / P _{cp}	N mm	109859468
φ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
φ T _{cr} / 4				N mm	20598650
Perlu Tulangan Torsi?	11.5.1	Tabel 22.7.4.1	T _u > φ T _{cr} / 4 ?		Iya
Perhitungan di bawah ini harus diperiksa					

Tabel L5.3: Lanjutan.

Pengecekan Kecukupan Dimensi Penampang					
Jenis Torsi			Statis Tertentu = Keseimbangan, Tak Tentu = Kompatibilitas	Statis	Kompatibilitas
T_u Pakai	11.5.2.2	22.7.3.2, 22.7.5	ϕT_{cr} atau T_u	N mm	82394601
V_u			Dari Sheet Desain Geser	N	672955
V_c	11.2.1.1	22.5.5.1	$0.17 * (f'_c)^{0.5} * b * d$	N	352560
Tegangan Ultimate Geser+Torsi	11.5.3.1	22.7.7.1	$\{ [V_u / b * d]^2 + [T_u P_h / (1.7 A_{oh}^2)]^2 \}^{0.5}$	MPa	2.534
Kapasitas Tegangan Beton	11.5.3.1	22.7.7.1	$\phi * \{ [V_c / (b * d)] + 0.66 * (f'_c)^{0.5} \}$	MPa	3.683
Cek Dimensi Penampang	11.5.3.1	22.7.7.1	Ruas Kiri <= Ruas Kanan ?		OK
Parameter Umum Lainnya					
f_y / f_{yt}			Kuat Leleh Baja Tulangan Torsi = Kuat Leleh Baja Tulangan Lentur dan Geser		1
θ	11.5.3.6	22.7.6.1.2	θ diambil untuk balok komponen struktur non prategang	°	45
Penulangan Transversal Torsi					
n kaki Tumpuan			Dari Sheet Desain Geser		8
n kaki Lapangan			Dari Sheet Desain Geser		7
s Tumpuan			Dari Sheet Desain Geser	mm	100
s Lapangan			Dari Sheet Desain Geser	mm	150
s max 1	11.5.6.1	9.7.6.3.3	$P_h / 8$	mm	270
s max 2	11.5.6.1	9.7.6.3.3	300 mm	mm	300
Cek Spasi Tumpuan			s Tumpuan >= s max ?		OK
Cek Spasi Lapangan			s Lapangan >= s max ?		OK
A_{vtt} / s Tumpuan Pasang			$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	6.283
A_{vtt} / s Tumpuan Pasang			$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	3.665
A_t / s	11.5.3.6	22.7.6.1	$T_u / (2 * \phi * A_o * f_{yv})$	mm ² /mm	0.659
A_v / s Tumpuan Perlu			$(V_u \text{ Tumpuan} / \phi - V_c) / (f_{yv} * d)$	mm ² /mm	2.953
A_v / s Lapangan Perlu			$(V_u \text{ Lapangan} / \phi - V_c) / (f_{yv} * d)$	mm ² /mm	0.687
A_{vtt} / s Tumpuan Perlu	11.5.5.2	R9.5.4.3	$2 * A_t / s + A_v / s$		4.271
A_{vtt} / s Lapangan Perlu	11.5.5.2	R9.5.4.3	$2 * A_t / s + A_v / s$		2.004
A_{vtt} / s min 1	11.5.5.2	9.6.4.2	$0.062 * (f'_c)^{0.5} * b / f_{yv}$		0.423
A_{vtt} / s min 2	11.5.5.2	9.6.4.2	$0.35 * b / f_{yv}$		0.404
Cek Geser + Torsi Tumpuan			A_{vtt} / s Pasang >= A_{vtt} / s Perlu dan min ?		OK
Cek Geser + Torsi Lapangan			A_{vtt} / s Pasang >= A_{vtt} / s Perlu dan min ?		OK
Penulangan Longitudinal Torsi					
d_b atau d_{bt}				mm	22
d_b , min	11.5.6.2	9.7.5.2	0.042 s	mm	6.3
Cek d_b			d_b >= d_b min ?		OK
As Perlu Tumpuan Atas			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	3679.171
As Perlu Tumpuan Bawah			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	3012.149
As Perlu Lapangan Atas			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	1874.877
As Perlu Lapangan Bawah			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	1849.319
A_t	11.5.3.7	22.7.6.1	$A_t / s * P_h$	mm ²	1422.548
A_t min	11.5.5.3	9.6.4.3	$0.42 * (f'_c)^{0.5} * A_{cp} / f_y - (A_t/s) * P_h$	mm ²	1014.421
$A_s + A_t$ Perlu Tumpuan				mm ²	8113.869
$A_s + A_t$ Perlu Lapangan				mm ²	5146.744
n Tumpuan Atas			Dari Sheet Desain Lentur		11
n Tumpuan Tengah			Input (Disarankan Kelipatan 2)		4
n Tumpuan Bawah			Dari Sheet Desain Lentur		10
n Tumpuan Vertikal			$2 + n \text{ Tengah} / 2$		4
n Lapangan Atas			Dari Sheet Desain Lentur		6
n Lapangan Tengah			Input (Disarankan Kelipatan 2)		4
n Lapangan Atas			Dari Sheet Desain Lentur		6
n Tumpuan Vertikal			$2 + n \text{ Tengah} / 2$		4
Spasi Horizontal Tumpuan			$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	34
Spasi Vertikal Tumpuan			$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	236
Spasi Horizontal Lapangan			$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	62
Spasi Vertikal Lapangan			$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	236
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Tumpuan	11.5.6.2		Spasi >= 300 mm ?		OK
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Lapangan	11.5.6.2		Spasi >= 300 mm ?		OK
$A_s + A_t$ Pasang Tumpuan				mm ²	9503.318
$A_s + A_t$ Pasang Lapangan				mm ²	6082.123
Cek Lentur + Torsi Tumpuan			$A_s + A_t$ Pasang >= $A_s + A_t$ Perlu ?		OK
Cek Lentur + Torsi Lapangan			$A_s + A_t$ Pasang >= $A_s + A_t$ Perlu ?		OK

4) Desain Lentur balok anak induk 6 meter.

Tabel L.5.4: Desain Lentur balok anak induk 6 meter.

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Lebar Balok, b		Input	mm	400
Tinggi Balok, h		Input	mm	700
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b		Input	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d _{bt}		Input	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s		Input	mm	10
Selimit Bersih, c _c		Input	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	629
Kuat Tekan Beton, f _c '		Input	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y		Input	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}		Input	MPa	390
β ₁	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.8000
λ		Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M _{u,tumpuan} (-)		Input	kN-m	-242.9989
M _{u,tumpuan} (+)		Input	kN-m	141.5189
M _{u,lapangan} (-)		Input	kN-m	-97.6568
M _{u,lapangan} (+)		Input	kN-m	127.4128
Penulangan Lentur				
Tumpuan Negatif				
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		Input		3
d _b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	107.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih >= d _b dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	1140.398
As _{min,1}	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	954.157
As _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	903.179
Cek As min		As Pasang >= As min ?		OK
a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	37.374
M _n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	271.440
c	22.2.2.4.1	a / β ₁	mm	46.718
ε _s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.037
φ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
φM _n		φ * Mn	kN-m	244.296
M _{u,tumpuan} (-)			kN-m	242.999
Cek Kapasitas		φM _n > M _u ?		OK
As Perlu		Mu / [fy * (d - a/2)]	mm ²	1020.909
Tumpuan Positif				
n		Input		3
d _b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	107.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih >= d _b dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	1140.398
As _{min,1}	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	954.157
As _{min,2}	9.6.1.2	$1.4 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	903.179
Cek As min		As Pasang >= As min ?		OK
a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	37.374
M _n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	271.440
c	22.2.2.4.1	a / β ₁	mm	46.718
ε _s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.037
φ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
φM _n		φ * Mn	kN-m	244.296
M _u			kN-m	141.519
Cek φM _n > M _u		φM _n > M _u ?		OK
As Perlu		Mu / [fy * (d - a/2)]	mm ²	594.562

Tabel L.5.4: *Lanjutan.*

Lapangan Negatif				
n		Input		3
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	107.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	1140.398
$A_{s_{min,1}}$	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	954.157
$A_{s_{min,2}}$	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	903.179
Cek As min		As Pasang $\geq A_{s_{min}}$?		OK
a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	37.374
M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	271.440
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	46.718
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.037
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	244.296
M_u			kN-m	97.657
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u$?		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	410.285
Lapangan Positif				
n		Input		3
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	107.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	1140.398
$A_{s_{min,1}}$	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	954.157
$A_{s_{min,2}}$	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	903.179
Cek As min		As Pasang $\geq A_{s_{min}}$?		OK
a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	37.374
M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	271.440
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	46.718
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.037
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	244.296
M_u			kN-m	127.413
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u$?		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	535.298

6) Desain geser balok anak induk 6 meter.

Tabel L.5.5: Desain geser balok anak induk 6 meter.

Parameter	Pasal Referensi SNI 2847:2019	Persamaan	Satuan	Nilai
Properti Material dan Penampang				
Lebar Balok, b		Dari Sheet Desain Lentur	mm	400
Tinggi Balok, h		Dari Sheet Desain Lentur	mm	700
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b		Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d_{bt}		Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d_s		Dari Sheet Desain Lentur	mm	10
Selutut Bersih, c_c		Dari Sheet Desain Lentur	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d		Dari Sheet Desain Lentur	mm	629
Kuat Tekan Beton, f'_c		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_{yv}		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8000
Gaya Dalam				
$V_{u,tumpuan}$		Input	kN	113.6425
$V_{u,lapangan}$		Input	kN	536.6386
Tumpuan				
Jumlah Kaki		Input		5
A_v		$n \cdot \pi/4 \cdot d_s^2$	mm ²	392.699
Spasi		Input	mm	100
Batas Penentu Spasi Max	Tabel 9.7.6.2.2	$0.33 \cdot (f'_c)^{0.5} \cdot b \cdot d$	N	491200.2722
Cek Spasi Max	Tabel 9.7.6.2.2	$V_u/\Phi - V_c > \text{batas} \rightarrow \text{rapat}$		Renggang
Spasi Max 1	Tabel 9.7.6.2.2	$d / 4 \text{ atau } d / 2$	mm	314.50
Spasi Max 2	Tabel 9.7.6.2.2	300 mm atau 600 mm	mm	600.00
Cek Spasi				OK
Luas per Spasi			mm ² /mm	3.927
Luas per Spasi Minimum 1	9.6.4.2	$0.062 \cdot (f'_c)^{0.5} \cdot b / f_{yv}$	mm ² /mm	0.376
Luas per Spasi Minimum 2	9.6.4.2	$0.35 \cdot b / f_{yv}$	mm ² /mm	0.359
Cek Luas per Spasi				OK
V_s	22.5.10.5.3	$A_v \cdot f_{yv} \cdot d / s$	N	963330
Batas V_s	22.5.1.2	$0.66 \cdot (f'_c)^{0.5} \cdot b \cdot d$	N	982401
V_c	22.5.5.1	$0.17 \cdot (f'_c)^{0.5} \cdot b \cdot d$	N	253043
ϕ	12.5.3.2, 21.2.4			0.75
V_n		$V_c + V_s$	N	1216373
V_u			N	113643
$\phi V_n / V_u$				8.028
Cek Kapasitas		$\phi V_n / V_u \geq 1 ?$		OK
Lapangan				
Jumlah Kaki		Input		4
A_v		$n \cdot \pi/4 \cdot d_s^2$	mm ²	314.159
Spasi		Input	mm	150
Batas Penentu Spasi Max	Tabel 9.7.6.2.2	$0.33 \cdot (f'_c)^{0.5} \cdot b \cdot d$	N	491200.2722
Cek Spasi Max	Tabel 9.7.6.2.2	$V_u/\Phi - V_c > \text{batas} \rightarrow \text{rapat}$		Renggang
Spasi Max 1	Tabel 9.7.6.2.2	$d / 4 \text{ atau } d / 2$		314.50
Spasi Max 2	Tabel 9.7.6.2.2	300 mm atau 600 mm	mm	600.00
Cek Spasi				OK
Luas per Spasi			mm ² /mm	2.094
Luas per Spasi Minimum 1	9.6.4.2	$0.062 \cdot (f'_c)^{0.5} \cdot b / f_{yv}$	mm ² /mm	0.376
Luas per Spasi Minimum 2	9.6.4.2	$0.35 \cdot b / f_{yv}$	mm ² /mm	0.359
Cek Luas per Spasi				OK
V_s	22.5.10.5.3	$A_v \cdot f_{yv} \cdot d / s$	N	513776
Batas V_s	22.5.1.2	$0.66 \cdot (f'_c)^{0.5} \cdot b \cdot d$	N	982401
V_c	22.5.5.1	$0.17 \cdot (f'_c)^{0.5} \cdot b \cdot d$	N	253043
ϕ	12.5.3.2, 21.2.4			0.75
V_n		$V_c + V_s$		766819
V_u			N	536638.6
$\phi V_n / V_u$				1.072
Cek Kapasitas		$\phi V_n / V_u \geq 1 ?$		OK

7) Desain Torsi balok anak induk 6 meter.

Tabel L.5.6: Desain Torsi balok anak induk 6 meter.

Parameter	Pasal Referensi SNI 2847:2019	Persamaan	Satuan	Nilai
Properti Material dan Penampang				
Lebar Balok, b		Dari Sheet Desain Lentur	mm	400
Tinggi Balok, h		Dari Sheet Desain Lentur	mm	700
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b		Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d_{st}		Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d_s		Dari Sheet Desain Lentur	mm	10
Selimit Bersih, c_c		Dari Sheet Desain Lentur	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d		Dari Sheet Desain Lentur	mm	629
Kuat Tekan Beton, f'_c		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_{yv}		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8000
Parameter Geometri Penampang untuk Perhitungan Torsi				
A_{cp}		$b \cdot h$	mm ²	280000
P_{cp}		$2 \cdot (b + h)$	mm	2200
x_o		$b - 2c_c - d_s$	mm	290
y_o		$h - 2c_c - d_s$	mm	590
A_{oh}	R22.7.6.1.1	$x_o \cdot y_o$	mm ²	171100
A_o	22.7.6.1.1	$0.85 A_{oh}$	mm ²	145435
P_h	22.7.6.1	$2 \cdot (x_o + y_o)$	mm	1760
Gaya Dalam				
T_u		Input	kN m	12.1386
Pengecekan Kebutuhan Tulangan Torsi				
T_{cr}	22.7.5.1	$0.33 \cdot (f'_c)^{0.5} \cdot A_{cp}^2 / P_{cp}$	N mm	69573098
ϕ	Tabel 21.2.1			0.75
$\phi T_{cr} / 4$			N mm	13044956
Perlu Tulangan Torsi?	Tabel 22.7.4.1	$T_u > \phi T_{cr} / 4$?		Tidak
Perhitungan di bawah ini dapat diabaikan				
Pengecekan Kecukupan Dimensi Penampang				
Jenis Torsi		Statis Tertentu = Keseimbangan, Statis Tak Tentu = Kompatibilitas		Kompatibilitas
T_u Pakai	22.7.3.2, 22.7.5	ϕT_{cr} atau T_u	N mm	12138600
V_u		Dari Sheet Desain Geser	N	113643
V_c	22.5.5.1	$0.17 \cdot (f'_c)^{0.5} \cdot b \cdot d$	N	253043
Tegangan Ultimate Geser+Torsi	22.7.7.1	$\{ [V_u / b \cdot d]^2 + [T_u \cdot P_h / (1.7 A_{oh}^2)]^2 \}^{0.5}$	MPa	0.623
Kapasitas Tegangan Beton	22.7.7.1	$\phi \cdot \{ [V_c / (b \cdot d)] + 0.66 \cdot (f'_c)^{0.5} \}$	MPa	3.683
Cek Dimensi Penampang	22.7.7.1	Ruas Kiri <= Ruas Kanan ?		OK
Parameter Umum Lainnya				
f_y / f_{yt}		Kuat Leleh Baja Tulangan Torsi = Kuat Leleh Baja Tulangan Lentur dan Geser		1
θ	22.7.6.1.2	θ diambil untuk balok komponen struktur non prategang	°	45
Penulangan Transversal Torsi				
n kaki Tumpuan		Dari Sheet Desain Geser		5
n kaki Lapangan		Dari Sheet Desain Geser		4
s Tumpuan		Dari Sheet Desain Geser	mm	100
s Lapangan		Dari Sheet Desain Geser	mm	150
s max 1	9.7.6.3.3	$P_h / 8$	mm	220
s max 2	9.7.6.3.3	300 mm	mm	300
Cek Spasi Tumpuan		s Tumpuan >= s max ?		OK
Cek Spasi Lapangan		s Lapangan >= s max ?		OK
A_{vht} / s Tumpuan Pasang		$n \cdot \pi / 4 \cdot d_s^2 / s$	mm ² /mm	3.927
A_{vht} / s Tumpuan Pasang		$n \cdot \pi / 4 \cdot d_s^2 / s$	mm ² /mm	2.094
A_t / s	22.7.6.1	$T_u / (2 \cdot \phi \cdot A_o \cdot f_{yv})$	mm ² /mm	0.143
A_v / s Tumpuan Perlu		$(V_u \text{ Tumpuan} / \phi - V_c) / (f_{yv} \cdot d)$	mm ² /mm	0.000
A_v / s Lapangan Perlu		$(V_u \text{ Lapangan} / \phi - V_c) / (f_{yv} \cdot d)$	mm ² /mm	1.885
A_{vht} / s Tumpuan Perlu	R9.5.4.3	$2 \cdot A_t / s + A_v / s$		0.285
A_{vht} / s Lapangan Perlu	R9.5.4.3	$2 \cdot A_t / s + A_v / s$		2.171
A_{vht} / s min 1	9.6.4.2	$0.062 \cdot (f'_c)^{0.5} \cdot b / f_{yv}$		0.376
A_{vht} / s min 2	9.6.4.2	$0.35 \cdot b / f_{yv}$		0.359
Cek Geser + Torsi Tumpuan		A_{vht} / s Pasang >= A_{vht} / s Perlu dan min ?		OK
Cek Geser + Torsi Lapangan		A_{vht} / s Pasang >= A_{vht} / s Perlu dan min ?		NOT OK

Tabel L5.6: Lanjutan.

Penulangan Longitudinal Torsi				
d_b atau d_{st}			mm	22
d_b , min	9.7.5.2	0.042 s	mm	6.3
Cek d_b		$d_b \geq d_b \text{ min ?}$		OK
As Perlu Tumpuan Atas		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	1020.909
As Perlu Tumpuan Bawah		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	594.562
As Perlu Lapangan Atas		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	410.285
As Perlu Lapangan Bawah		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	535.298
A_l	22.7.6.1	$A_l / s * P_h$	mm ²	251.106
A_s min	9.6.4.3	$0.42 * (f_c')^{0.5} * A_{cp} / f_y - (A_s/s) * P_h$	mm ²	1532.820
$A_s + A_l$ Perlu Tumpuan			mm ²	3148.292
$A_s + A_l$ Perlu Lapangan			mm ²	2478.403
n Tumpuan Atas		Dari Sheet Desain Lentur		3
n Tumpuan Tengah		Input (Disarankan Kelipatan 2)		4
n Tumpuan Bawah		Dari Sheet Desain Lentur		3
n Tumpuan Vertikal		$2 + n \text{ Tengah} / 2$		4
n Lapangan Atas		Dari Sheet Desain Lentur		3
n Lapangan Tengah		Input (Disarankan Kelipatan 2)		2
n Lapangan Bawah		Dari Sheet Desain Lentur		3
n Tumpuan Vertikal		$2 + n \text{ Tengah} / 2$		3
Spasi Horizontal Tumpuan		$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas, } n \text{ bawah}) - 1]$	mm	129
Spasi Vertikal Tumpuan		$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	186
Spasi Horizontal Lapangan		$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas, } n \text{ bawah}) - 1]$	mm	129
Spasi Vertikal Lapangan		$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	279
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Tumpuan	9.6.5.1	Spasi ≥ 300 mm ?		OK
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Lapangan	9.6.5.1	Spasi ≥ 300 mm ?		OK
$A_s + A_l$ Pasang Tumpuan			mm ²	3801.327
$A_s + A_l$ Pasang Lapangan			mm ²	3041.062
Cek Lentur + Torsi Tumpuan		$A_s + A_l \text{ Pasang} \geq A_s + A_l \text{ Perlu ?}$		OK
Cek Lentur + Torsi Lapangan		$A_s + A_l \text{ Pasang} \geq A_s + A_l \text{ Perlu ?}$		OK

8) Desain Lentur balok induk 5 meter.

Tabel L.5.7: Desain Lentur balok induk 5 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang Balok, L			Input	mm	5000
Lebar Balok, b			Input	mm	450
Tinggi Balok, h			Input	mm	850
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	18.6.4.1	2 * h	mm	1700
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Input	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d _{bt}			Input	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Input	mm	13
Selimit Bersih, c _c			Input	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d			h - c _c - d _s - d _b /2	mm	776
Kuat Tekan Beton, f _c '			Input	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Input	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}			Input	MPa	390
β ₁	10.2.7.3	Tabel 22.2.2.4.3	0.65 <= 0.85 - 0.05 * (f _c ' - 28) / 7 <= 0.85		0.8000
Panjang Kolom, c ₁			Input (Sisi tegak lurus lebar balok)	mm	800
Lebar Kolom, c ₂			Input (Sisi yang ditempel balok/sejajar lebar balok)	mm	800
L _n			L - c ₁	mm	4200
λ			Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1

Tabel L5.7: Lanjutan.

Gaya Dalam					
$M_{u,tumpuan} (-)$			Input	kN-m	-1373.26
$M_{u,tumpuan} (+)$			Input	kN-m	1168.194
$M_{u,lapangan} (-)$			Input	kN-m	-986.965
$M_{u,lapangan} (+)$			Input	kN-m	1061.878
Pu			Input	kN	0
Syarat Gaya dan Geometri					
Syarat Gaya Aksial	21.5.1.1	Tidak dipersyaratkan. Baca R18.6.1 dan 18.6.4.7	$P_u \leq 0.1 A_g f_c' ?$		OK
Syarat Tinggi Efektif	21.5.1.2	18.6.2.1	$L_n \geq 4d ?$		OK
Syarat Lebar 1	21.5.1.3	18.6.2.1	$b \geq \min(0.3h, 250 \text{ mm}) ?$		OK
Syarat Lebar 2	21.5.1.4	18.6.2.1	$b \leq c_2 + 2 \cdot \min(c_2, 0.75 c_1) ?$		OK
Penulangan Lentur					
Tumpuan Negatif					
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n			Input		15
d_b				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n \cdot d_b) / (n - 1)$	mm	-0.429
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis					2
As Pasang			$n \cdot \pi / 4 \cdot d_b^2$	mm ²	5701.991
$As_{min,1}$	10.5.1	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 \cdot f_y) \cdot b \cdot d$	mm ²	1324.292
$As_{min,2}$	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 \cdot f_y) \cdot b \cdot d$	mm ²	1253.538
Cek As min			As Pasang $\geq As_{min} ?$		OK
ρ			$As / (b \cdot d)$		1.63%
$\rho_{max,1}$	B.10.3	Tidak ada	$0.75 \rho_b = 0.75 \cdot 0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' / f_y \cdot (600 / (600 + f_y))$		2.77%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{max} ?$		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	166.108
M_n	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - a/2)$	kN-m	1540.956
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	207.636
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c \cdot 0.003$		0.008
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 \cdot 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi \cdot M_n$	kN-m	1386.861
$M_{u,tumpuan} (-)$				kN-m	1373.259
Cek Kapasitas			$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu			$M_u / [f_y \cdot (d - a/2)]$	mm ²	5081.460
Tumpuan Positif					
n			Input		13
d_b				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n \cdot d_b) / (n - 1)$	mm	3.167
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis					2
As Pasang			$n \cdot \pi / 4 \cdot d_b^2$	mm ²	4941.725
$As_{min,1}$	10.5.1	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 \cdot f_y) \cdot b \cdot d$	mm ²	1324.292
$As_{min,2}$	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 \cdot f_y) \cdot b \cdot d$	mm ²	1253.538
$As_{min,4}$	21.5.2.2	18.6.3.2	$0.5 \cdot As \text{ Tumpuan Negatif}$	mm ²	2850.995
Cek As min			As Pasang $\geq As_{min} ?$		OK
ρ			$As / (b \cdot d)$		1.42%
$\rho_{max,1}$	B.10.3		$0.75 \rho_b = 0.75 \cdot 0.85 \cdot \beta_1 \cdot f_c' / f_y \cdot (600 / (600 + f_y))$		2.77%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{max} ?$		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	143.961
M_n	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - a/2)$	kN-m	1356.838

Tabel L5.7: Lanjutan.

c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	179.951
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.010
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * M_n$	kN-m	1221.154
M_u				kN-m	1168.194
Cek $\phi M_n > M_u$			$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu			$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	4254.667
Lapangan Negatif					
n			Input		11
d_b				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	8.200
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis					2
As Pasang			$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	4181.460
$As_{min,1}$	10.5.1	9.6.1.2	$(f'_c)^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1324.292
$As_{min,2}$	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1253.538
$As_{min,4}$	21.5.2.2	18.6.3.2	0.25 * As Tumpuan Negatif	mm ²	1425.498
Cek As min			As Pasang $\geq As_{min} ?$		OK
ρ			$As / (b * d)$		1.20%
$\rho_{max,1}$	B.10.3		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f'_c / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.77%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{max} ?$		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f'_c * b)$	mm	121.813
M_n	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	1166.153
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	152.266
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * M_n$	kN-m	1049.537
M_u				kN-m	986.965
Cek $\phi M_n > M_u$			$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu			$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	3538.949
Lapangan Positif					
n			Input		12
d_b				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	5.455
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis					2
As Pasang			$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	4561.593
$As_{min,1}$	10.5.1	9.6.1.2	$(f'_c)^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1324.292
$As_{min,2}$	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1253.538
$As_{min,4}$	21.5.2.2	18.6.3.2	0.25 * As Tumpuan Negatif	mm ²	1425.498
Cek As min			As Pasang $\geq As_{min} ?$		OK
ρ			$As / (b * d)$		1.31%
$\rho_{max,1}$	B.10.3		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f'_c / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.77%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{max} ?$		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f'_c * b)$	mm	132.887
M_n	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	1262.316
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	166.108
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.011
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * M_n$	kN-m	1136.085
M_u				kN-m	1061.878
Cek $\phi M_n > M_u$			$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu			$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	3837.273

9) Desain Lentur balok induk 5 meter.

Tabel L.5.8: Desain Lentur balok induk 5 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang Balok, L			Dari Sheet Desain Lentur	mm	5000
Lebar Balok, b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	450
Tinggi Balok, h			Dari Sheet Desain Lentur	mm	850
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	18.6.4.1	Dari Sheet Desain Lentur	mm	1700
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d _{bt}			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Dari Sheet Desain Lentur	mm	13
Selimit Bersih, c _c			Dari Sheet Desain Lentur	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d			Dari Sheet Desain Lentur	mm	776
Kuat Tekan Beton, f _c '			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{vy}			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
β ₁	10.2.7.3	Tabel 22.2.2.4.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8000
Panjang Kolom, c ₁			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
Lebar Kolom, c ₂			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
L _n			Dari Sheet Desain Lentur	mm	4200
Gaya Dalam					
V _{u,tumpuan}			Input	kN	740.7712
V _{u,lapangan}			Input	kN	674.5496
Tumpuan					
Gaya Desain					
V _{g,tumpuan}	S21.5.4	R18.6.5	Input [Kombinasi 1.2 D + L]	kN	183.764
A _s ⁺ Tumpuan			Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	4941.725
A _s ⁻ Tumpuan			Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	5701.991
a _{pr} ⁺			1.25 a (tumpuan positif)	mm	179.951
a _{pr} ⁻			1.25 a (tumpuan negatif)	mm	207.636
M _{pr} ⁺	S21.5.4	R18.6.5	A _s ⁺ * (1.25 f _y) * (d - a _{pr} ⁺ /2)	N mm	1652695753
M _{pr} ⁻	S21.5.4	R18.6.5	A _s ⁻ * (1.25 f _y) * (d - a _{pr} ⁻ /2)	N mm	1868478726
V _{sway} atau V _{pr}	21.5.4.1	18.6.5.1	(M _{pr} ⁺ + M _{pr} ⁻) / L _n	N	838375
V _c	21.5.4.1	18.6.5.1	V _g + V _{pr}	N	1022139
Tahanan Geser Beton					
V _{pr}				N	838375
1/2 V _c				N	511069
P _u				N	0
A _g f _c ' / 20				N	669375
V _c Diperhitungkan?	21.5.4.2	18.6.5.2	V _c = 0 jika V _{pr} >= 1/2 V _c dan P _u < A _g f _c ' / 20		Tidak
V _c				N	0
Penulangan Geser					
Jumlah Kaki			Input		14
A _v			n *π/4 *d _s ²	mm ²	1858.252
Spasi			Input	mm	100
Spasi Max 1	21.5.3.2	18.6.4.4	d / 4	mm	194.00
Spasi Max 2	21.5.3.2	18.6.4.4	6 d _b	mm	132.00
Spasi Max 3	21.5.3.2	18.6.4.4	150 mm	mm	150.00
Cek Spasi					OK
V _s	11.4.7.2	22.5.10.5.3	A _v * f _{vy} * d / s	N	5623814
Batas V _s	11.4.7.9	22.5.1.2	0.66 * (f _c ') ^{0.5} * b * d	N	1363491
φ	9.3.2.3	12.5.3.2, 21.2.4			0.75
V _n			V _c + V _s	N	1363491
V _u				N	1022139
φV _n / V _u					1.000
Cek Kapasitas			φV _n / V _u >= 1 ?		OK

Tabel L5.8: *Lanjutan.*

Lapangan					
Penulangan Geser					
Jumlah Kaki			Input		4
A_v			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	530.929
Spasi			Input	mm	150
Spasi Max	21.5.3.4	18.6.4.6	$d / 2$	mm	388.00
Cek Spasi					OK
V_s	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$A_v * f_{yv} * d / s$	N	1071203
Batas V_s	11.4.7.9	22.5.1.2	$0.66 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	1363491
V_c	11.2.1.1	22.5.5.1	$0.17 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	351202
ϕ	9.3.2.3	12.5.3.2, 21.2.4			0.75
V_n			$V_c + V_s$		1422405
V_u				N	674549.6
$\phi V_n / V_u$					1.582
Cek Kapasitas			$\phi V_n / V_u \geq 1$?		OK

10) Desain Torsi balok induk 5 meter.

Tabel L.5.9: Desain Torsi balok induk 5 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang Balok, L			Dari Sheet Desain Lentur	mm	5000
Lebar Balok, b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	450
Tinggi Balok, h			Dari Sheet Desain Lentur	mm	850
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	18.6.4.1	Dari Sheet Desain Lentur	mm	1700
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d_{bt}			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d_s			Dari Sheet Desain Lentur	mm	13
Selimut Bersih, c_c			Dari Sheet Desain Lentur	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d			Dari Sheet Desain Lentur	mm	776
Kuat Tekan Beton, f_c'			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_{yv}			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
β_1	10.2.7.3	Tabel 22.2.2.4.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8000
Panjang Kolom, c_1			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
Lebar Kolom, c_2			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
L_n			Dari Sheet Desain Lentur	mm	4200
Parameter Geometri Penampang untuk Perhitungan Torsi					
A_{cp}			$b * h$	mm ²	382500
P_{cp}			$2 * (b + h)$	mm	2600
x_o			$b - 2c_c - d_s$	mm	337
y_o			$h - 2c_c - d_s$	mm	737
A_{oh}		R22.7.6.1.1	$x_o * y_o$	mm ²	248369
A_o	11.5.3.6	22.7.6.1.1	$0.85 A_{oh}$	mm ²	211114
P_h		22.7.6.1	$2 * (x_o + y_o)$	mm	2148
Gaya Dalam					
T_u			Input	kN m	172.6078

Tabel Lanjutan L5.9: *Lanjutan.*

Pengecekan Kebutuhan Tulangan Torsi					
T_{cr}			$0.33 * (f'_c)^{0.5} * A_{cp}^2 / P_{cp}$	N mm	109859468
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
$\phi T_{cr} / 4$				N mm	20598650
Perlu Tulangan Torsi?	11.5.1	Tabel 22.7.4.1	$T_u > \phi T_{cr} / 4$?		Iya
Perhitungan di bawah ini harus diperiksa					
Pengecekan Kecukupan Dimensi Penampang					
Jenis Torsi			Statis Tertentu = Kesetimbangan, Tak Tentu = Kompatibilitas	Statis	Kompatibilitas
T_u Pakai	11.5.2.2	22.7.3.2, 22.7.5	ϕT_{cr} atau T_u	N mm	82394601
V_u			Dari Sheet Desain Geser	N	1022139
V_c	11.2.1.1	22.5.5.1	$0.17 * (f'_c)^{0.5} * b * d$	N	351202
Tegangan Ultimate Geser+Torsi	11.5.3.1	22.7.7.1	$\{ [V_u / b * d]^2 + [T_u P_h / (1.7 A_{oh}^2)]^2 \}^{0.5}$	MPa	3.379
Kapasitas Tegangan Beton	11.5.3.1	22.7.7.1	$\phi * \{ [V_c / (b * d)] + 0.66 * (f'_c)^{0.5} \}$	MPa	3.683
Cek Dimensi Penampang	11.5.3.1	22.7.7.1	Ruas Kiri $\leq$ Ruas Kanan ?		OK
Parameter Umum Lainnya					
f_y / f_{yt}			Kuat Leleh Baja Tulangan Torsi = Kuat Leleh Baja Tulangan Lentur dan Geser		1
θ	11.5.3.6	22.7.6.1.2	θ diambil untuk balok komponen struktur non prategang	°	45
Penulangan Transversal Torsi					
n kaki Tumpuan			Dari Sheet Desain Geser		7
n kaki Lapangan			Dari Sheet Desain Geser		5
s Tumpuan			Dari Sheet Desain Geser	mm	100
s Lapangan			Dari Sheet Desain Geser	mm	150
s max 1	11.5.6.1	9.7.6.3.3	$P_h / 8$	mm	269
s max 2	11.5.6.1	9.7.6.3.3	300 mm	mm	300
Cek Spasi Tumpuan			s Tumpuan $\geq$ s max ?		OK
Cek Spasi Lapangan			s Lapangan $\geq$ s max ?		OK
A_{vt} / s Tumpuan Pasang			$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	9.291
A_{vt} / s Tumpuan Pasang			$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	4.424
A_t / s	11.5.3.6	22.7.6.1	$T_u / (2 * \phi * A_o * f_{yv})$	mm ² /mm	0.667
A_v / s Tumpuan Perlu			$(V_u \text{ Tumpuan} / \phi - V_c) / (f_{yv} * d)$	mm ² /mm	4.503
A_v / s Lapangan Perlu			$(V_u \text{ Lapangan} / \phi - V_c) / (f_{yv} * d)$	mm ² /mm	1.811
A_{vt} / s Tumpuan Perlu	11.5.5.2	R9.5.4.3	$2 * A_t / s + A_v / s$		5.838
A_{vt} / s Lapangan Perlu	11.5.5.2	R9.5.4.3	$2 * A_t / s + A_v / s$		3.146
A_{vt} / s min 1	11.5.5.2	9.6.4.2	$0.062 * (f'_c)^{0.5} * b / f_{yv}$		0.423
A_{vt} / s min 2	11.5.5.2	9.6.4.2	$0.35 * b / f_{yv}$		0.404
Cek Geser + Torsi Tumpuan			A_{vt} / s Pasang $\geq$ A_{vt} / s Perlu dan min ?		OK
Cek Geser + Torsi Lapangan			A_{vt} / s Pasang $\geq$ A_{vt} / s Perlu dan min ?		OK
Penulangan Longitudinal Torsi					
d_b atau d_{bt}				mm	22
d_b , min	11.5.6.2	9.7.5.2	0.042 s	mm	6.3
Cek d_b			$d_b \geq d_b \text{ min ?}$		OK
As Perlu Tumpuan Atas			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	5081.460
As Perlu Tumpuan Bawah			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	4254.667
As Perlu Lapangan Atas			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	3538.949
As Perlu Lapangan Bawah			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	3837.273
A_t	11.5.3.7	22.7.6.1	$A_t / s * P_h$	mm ²	1433.048
A_t min	11.5.5.3	9.6.4.3	$0.42 * (f'_c)^{0.5} * A_{cp} / f_y - (A_t / s) * P_h$	mm ²	1003.921
$A_s + A_t$ Perlu Tumpuan				mm ²	10769.175
$A_s + A_t$ Perlu Lapangan				mm ²	8809.271
n Tumpuan Atas			Dari Sheet Desain Lentur		15
n Tumpuan Tengah			Input (Disarankan Kelipatan 2)		4
n Tumpuan Bawah			Dari Sheet Desain Lentur		13
n Tumpuan Vertikal			$2 + n \text{ Tengah} / 2$		4
n Lapangan Atas			Dari Sheet Desain Lentur		11
n Lapangan Tengah			Input (Disarankan Kelipatan 2)		4
n Lapangan Atas			Dari Sheet Desain Lentur		12
n Tumpuan Vertikal			$2 + n \text{ Tengah} / 2$		4
Spasi Horizontal Tumpuan			$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	25
Spasi Vertikal Tumpuan			$(h - 2c_c - 2d_c - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	234
Spasi Horizontal Lapangan			$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	30
Spasi Vertikal Lapangan			$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	234
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Tumpuan	11.5.6.2		Spasi $\geq$ 300 mm ?		OK
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Lapangan	11.5.6.2		Spasi $\geq$ 300 mm ?		OK
$A_s + A_t$ Pasang Tumpuan				mm ²	12164.247
$A_s + A_t$ Pasang Lapangan				mm ²	10263.583
Cek Lentur + Torsi Tumpuan			$A_s + A_t \text{ Pasang} \geq A_s + A_t \text{ Perlu ?}$		OK
Cek Lentur + Torsi Lapangan			$A_s + A_t \text{ Pasang} \geq A_s + A_t \text{ Perlu ?}$		OK

L5.1.2 Kolom

1) Desain Longitudinal kolom 1000x1000mm.

Tabel L.5.10: Desain Longitudinal kolom 1000x1000mm.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang/Tinggi Kolom, L			Input	mm	4000
Sisi Pendek Kolom, b			Input	mm	1000
Sisi Panjang Kolom, h			Input	mm	1000
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Input	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Input	mm	10
Selimit Bersih, c _c			Input	mm	50
Kuat Tekan Beton, f _c '			Input	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Input	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}			Input	MPa	420
Tinggi Balok, h _b			Input	mm	850
L _n			L - h _b	mm	3150
Syarat Gaya dan Geometri					
Syarat Gaya Aksial	21.6.1	Tidak dipersyaratkan. Baca R18.7.1	Pu > 0.1 A _g f _c ' ?		OK
Syarat Sisi Terpendek	21.6.1.1	18.7.2.1	b >= 300 mm ?		OK
Syarat Rasio Dimensi Penampang	21.6.1.2	18.7.2.1	b/h >= 0.4 ?		OK
Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur (Menggunakan PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll)					
Jumlah Tulangan, n			Input		28
Luas Tulangan Longitudinal, A _s			n *π/4 *d _b ²	mm ²	10643.7
Rasio Tulangan, ρ			As / (b * h)		1.06%
Cek ρ _{min} dan ρ _{max}	21.6.3.1	18.7.4.1	1% <= ρ <= 6%		OK
Pengecekan Strong Column - Weak Beam (SCWB)					
Momen Nominal Kolom, M _{nc}			Input (M _n dari kondisi P _{max} dan P _{min})	kN m	1464.423
M _n ⁻ Tumpuan Balok			Input	kN m	1171.045
M _n ⁺ Tumpuan Balok			Input	kN m	1072.795
Cek SCWB	21.6.2.2	18.7.3.2	2 * M _{nc} >= 1.2 * (M _n ⁻ + M _n ⁺)		OK

2) Desain Transversal kolom 1000x1000mm

Tabel L.5.11: Desain Transversal kolom 1000x1000mm.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang/Tinggi Kolom, L			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	4000
Sisi Pendek Kolom, b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	1000
Sisi Panjang Kolom, h			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	1000
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	10
Selimit Bersih, c _c			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	50

Tabel L5.11: *Lanjutan.*

Kuat Tekan Beton, f'_c			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_{yv}			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	420
Tinggi Balok, h_b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	850
L_n			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	3150
Panjang Zona Sendi Plastis					
l_{o1}	21.6.4.1	18.7.5.1	h	mm	1000.0
l_{o2}	21.6.4.1	18.7.5.1	$L_n / 6$	mm	525.0
l_{o3}	21.6.4.1	18.7.5.1	450 mm	mm	450
l_o	21.6.4.1	18.7.5.1	$\text{Max}(l_{o1}; l_{o2}; l_{o3})$	mm	1000.0
Tulangan Transversal Zona Sendi Plastis/Tumpuan					
Jumlah Kaki Sisi Pendek, $n1$			Input		28
Jumlah Kaki Sisi Panjang, $n2$			Input		28
Spasi, s			Input	mm	100
Spasi Kaki Terbesar, $x_{i \max}$	S21.6.4.2	R18.7.5.2	Input	mm	150
$A_{sh} 1$			$n * \pi / 4 * d_c^2$	mm ²	2199.115
$A_{sh} 2$			$n * \pi / 4 * d_c^2$	mm ²	2199.115
$A_{sh} / s, 1$				mm ² / mm	21.991
$A_{sh} / s, 2$				mm ² / mm	21.991
Confinement/Kekangan Zona Sendi Plastis					
Lebar Penampang Inti Beton, b_c	S21.6.4.2	R18.7.5.2	$b - 2c_c$	mm	900
Panjang Penampang Inti Beton, h_c	S21.6.4.2	R18.7.5.2	$h - 2c_c$	mm	900
Luas Penampang Kolom, A_g			$b * h$	mm ²	1000000
Luas Penampang Inti Beton, A_{ch}			$b_c * h_c$	mm ²	810000
Sisi Pendek/Sumbu Lemah					
$A_{sh}/s \text{ min}, 1$	21.6.4.4	18.7.5.4	$0.3 (b_c * f'_c / f_{yv}) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	5.278
$A_{sh}/s \text{ min}, 2$	21.6.4.4	18.7.5.4	$0.09 * b_c * f'_c / f_{yv}$	mm ²	6.750
Cek $A_{sh}/s 1$			$A_{sh}/s 1 \geq A_{sh}/s \text{ min} ?$		OK
Sisi Panjang/Sumbu Kuat					
$A_{sh}/s \text{ min}, 1$	21.6.4.4	18.7.5.4	$0.3 (h_c * f'_c / f_{yv}) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	5.278
$A_{sh}/s \text{ min}, 2$	21.6.4.4	18.7.5.4	$0.09 * h_c * f'_c / f_{yv}$	mm ²	6.750
Cek $A_{sh}/s 2$			$A_{sh}/s 2 \geq A_{sh}/s \text{ min} ?$		OK
Cek Spasi					
$s_{\max 1}$	21.6.4.3	18.7.5.3	$b / 4$	mm	250
$s_{\max 2}$	21.6.4.3	18.7.5.3	$6 * d_b$	mm	132
h_x	21.6.4.3	18.7.5.3	$x_{i \max}$	mm	150
$s_{\max 3} = s_o$	21.6.4.3	18.7.5.3	$100 \leq 100 + (350 - h_x) / 3 \leq 150$	mm	150.000
$s_{\max}$	21.6.4.3	18.7.5.3	$\text{Min}(s_{\max 1}, s_{\max 2}, s_{\max 3})$	mm	132.000
Cek Spasi					OK
Kuat Geser Zona Sendi Plastis					
Gaya Geser Desain (Perlu input dari PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll. dengan $f_{pr} = 1.25 f_y$)					
M_{pr} Kolom			Input, (nilai terbesar)	kN m	3920.55
V_{u1}	S21.5.4	18.7.6.1	$2 * M_{pr} \text{ Kolom} / L_n$	N	2489238
Gaya Geser Hasil Analisis Struktur					
V_{u2} Sumbu Lemah			Dari Sheet Gaya Dalam	N	884090
V_{u2} Sumbu Kuat			Dari Sheet Gaya Dalam	N	843704
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah					
V_u			$\text{Max}(V_{u1}, V_{u2})$	N	2489238
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} h d; d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	N	934332
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	$V_u / \phi - V_c$	N	2384652
A_s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d); d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	6.1117
$A_s/s \text{ Min} 1$	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} h / f_{yv}$	mm ² / mm	0.8733
$A_s/s \text{ Min} 2$	-	10.6.2.2	$0.35 h / f_{yv}$	mm ² / mm	0.8333
Cek A_s/s			$A_{sh}/s 1 \geq \text{Max}(A_s/s \text{ Perlu}, A_s/s \text{ Min}) ?$		OK

Tabel L5.11: *Lanjutan.*

Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat					
V_u			Max (V_{u1} , V_{u2})	N	2489238
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} b d$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	934332
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	$V_u / \phi - V_c$	N	2384652
A_s/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	6.1117
A_s/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.8733
A_s/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.8333
Cek A_s/s			$A_{sh}/s \geq \text{Max} (A_s/s \text{ Perlu}, A_s/s \text{ Min})$?		OK
Tulangan Transversal Luar Zona Sendi Plastis/Tumpuan					
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n1			Input		2
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n2			Input		2
Spasi, s			Input	mm	100
A_v Sumbu Lemah			$n * \pi/4 * d_s^2$	mm ²	157.080
A_v Sumbu Kuat			$n * \pi/4 * d_s^2$	mm ²	157.080
Confinement/Kekangan Luar Zona Sendi Plastis					
Spasi max 1	21.6.4.5	18.7.5.5	$6 d_b$	mm	132.0
Spasi max 2	21.6.4.5	18.7.5.5	150 mm	mm	150.0
Cek Spasi			Spasi $\leq$ Spasi Max ?		OK
Kuat Geser Luar Zona Sendi Plastis					
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah					
V_u			Dari Sheet Gaya Dalam	N	740300
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} h d$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	N	934332
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	Max ($V_u / \phi - V_c$, 0)		52735
A_v/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$		0.1352
A_v/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.8733
A_v/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.8333
Cek A_v/s			$A_v/s \geq A_v/s \text{ Perlu}$?		OK
Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat					
V_u			Dari Sheet Gaya Dalam	N	810985
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} b d$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	934332
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	Max ($V_u / \phi - V_c$, 0)		146981
A_v/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$		0.3767
A_v/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.8733
A_v/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.8333
Cek A_v/s			$A_v/s \geq A_v/s \text{ Perlu}$?		OK

3) Gaya dalam kolom 1000x1000mm

Tabel L.5.12: Gaya Dalam kolom 1000x1000mm.

Aksial - Lentur				Geser	
Kondisi	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Tumpuan	
P max	2675.986	68.395	8.5642	V2 (kN)	884.0901
P min	-9263.9852	-1775.7042	-551.8101	V3 (kN)	843.7036
M2 Max	-1329.0417	2015.2712	511.6053	Lapangan	
M2 Min	-6122.1498	-2058.8716	-421.0454	V2 (kN)	-740.3002
M3 Max	-5106.765	500.9947	1643.5958	V3 (kN)	-810.9851
M3 Min	-7267.1839	-692.1778	-1652.996	Gaya Tekan Terkecil	
				Nu (kN)	-0.08

4) Gaya dalam kolom 800x800mm

Tabel L.5.13: Gaya Dalam kolom 800x800mm.

Aksial - Lentur				Geser	
Kondisi	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Tumpuan	
P max	1992.9637	380.2966	88.4303	V2 (kN)	328.0728
P min	-7685.9412	-1044.2337	-305.9213	V3 (kN)	403.7777
M2 Max	-2275.886	1338.5751	326.1845	Lapangan	
M2 Min	-4164.2206	-1396.7762	-68.6068	V2 (kN)	403.7777
M3 Max	-3850.4866	174.8052	1067.8567	V3 (kN)	-414.974
M3 Min	-5848.5722	-475.4776	-1076.005	Gaya Tekan Terkecil	
				Nu (kN)	-0.25

5) Desain Longitudinal kolom 800x800mm

Tabel L.5.14: Desain Longitudinal kolom 800x800mm.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang/Tinggi Kolom, L			Input	mm	4000
Sisi Pendek Kolom, b			Input	mm	800
Sisi Panjang Kolom, h			Input	mm	800
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Input	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Input	mm	10
Selimut Bersih, c _c			Input	mm	50
Kuat Tekan Beton, f _c '			Input	MPa	28
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Input	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}			Input	MPa	390
Tinggi Balok, h _b			Input	mm	850
L _n			L - h _b	mm	3150
Syarat Gaya dan Geometri					
Syarat Gaya Aksial	21.6.1	Tidak dipersyaratkan. Baca R18.7.1	Pu > 0.1 A _g F _c ' ?		OK
Syarat Sisi Terpendek	21.6.1.1	18.7.2.1	b >= 300 mm ?		OK
Syarat Rasio Dimensi Penampang	21.6.1.2	18.7.2.1	b/h >= 0.4 ?		OK
Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur (Menggunakan PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll)					
Jumlah Tulangan, n			Input		20
Luas Tulangan Longitudinal, A _s			n *π/4 *d _b ²	mm ²	7602.7
Rasio Tulangan, ρ			As / (b * h)		1.19%
Cek ρ _{min} dan ρ _{max}	21.6.3.1	18.7.4.1	1% <= ρ <= 6%		OK
Pengecekan Strong Column - Weak Beam (SCWB)					
Momen Nominal Kolom, M _{nc}			Input (M _n dari kondisi P _{max} dan P _{min})	kN m	1397.321
M _n ⁻ Tumpuan Balok			Input	kN m	1171.045
M _n ⁺ Tumpuan Balok			Input	kN m	1072.795
Cek SCWB	21.6.2.2	18.7.3.2	2 * M _{nc} >= 1.2 * (M _n ⁻ + M _n ⁺)		OK

6) Desain Transversal kolom 800x800mm

Tabel L.5.15: Desain Transversal kolom 800x800mm.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang/Tinggi Kolom, L			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	4000
Sisi Pendek Kolom, b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	800
Sisi Panjang Kolom, h			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	800
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	10
Selimum Bersih, c _c			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	50
Kuat Tekan Beton, f' _c			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	28
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{vy}			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	390
Tinggi Balok, h _b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	850
L _n			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	3150
Panjang Zona Sendi Plastis					
l _{o1}	21.6.4.1	18.7.5.1	h	mm	800.0
l _{o2}	21.6.4.1	18.7.5.1	L _n / 6	mm	525.0
l _{o3}	21.6.4.1	18.7.5.1	450 mm	mm	450
l _o	21.6.4.1	18.7.5.1	Max (l _{o1} ; l _{o2} ; l _{o3})	mm	800.0
Tulangan Transversal Zona Sendi Plastis/Tumpuan					
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n1			Input		20
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n2			Input		20
Spasi, s			Input	mm	80
Spasi Kaki Terbesar, x _{i max}	S21.6.4.2	R18.7.5.2	Input	mm	100
A _{sh} 1			n *π/4 *d _b ²	mm ²	1570.796
A _{sh} 2			n *π/4 *d _b ²	mm ²	1570.796
A _{sh} / s, 1				mm ² / mm	19.635
A _{sh} / s, 2				mm ² / mm	19.635
Confinement /Kekangan Zona Sendi Plastis					
Lebar Penampang Inti Beton, b _c	S21.6.4.2	R18.7.5.2	b - 2c _c	mm	700
Panjang Penampang Inti Beton, h _c	S21.6.4.2	R18.7.5.2	h - 2c _c	mm	700
Luas Penampang Kolom, A _g			b * h	mm ²	640000
Luas Penampang Inti Beton, A _{ch}			b _c * h _c	mm ²	490000
Sisi Pendek/Sumbu Lemah					
A _{sh} /s min, 1	21.6.4.4	18.7.5.4	0.3 (b _c * f' _c / f _{vy}) * (A _g / A _{ch} - 1)	mm ²	4.615
A _{sh} /s min, 2	21.6.4.4	18.7.5.4	0.09 * b _c * f' _c / f _{vy}	mm ²	4.523
Cek A _{sh} /s 1			A _{sh} /s 1 >= Ash/s min ?		OK
Sisi Panjang/Sumbu Kuat					
A _{sh} /s min, 1	21.6.4.4	18.7.5.4	0.3 (h _c * f' _c / f _{vy}) * (A _g / A _{ch} - 1)	mm ²	4.615
A _{sh} /s min, 2	21.6.4.4	18.7.5.4	0.09 * h _c * f' _c / f _{vy}	mm ²	4.523
Cek A _{sh} /s 2			A _{sh} /s 2 >= Ash/s min ?		OK
Cek Spasi					
s _{max1}	21.6.4.3	18.7.5.3	b / 4	mm	200
s _{max2}	21.6.4.3	18.7.5.3	6 * d _b	mm	132
h _x	21.6.4.3	18.7.5.3	x _{i max}	mm	100
s _{max3} = s _o	21.6.4.3	18.7.5.3	100 <= 100 + (350 - h _x) / 3 <= 150	mm	150.000
s _{max}	21.6.4.3	18.7.5.3	Min (s _{max1} ; s _{max2} ; s _{max3})	mm	132.000
Cek Spasi					OK
Kuat Geser Zona Sendi Plastis					
Gaya Geser Desain (Perlu input dari PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll. dengan f _{pr} = 1.25 f _y)					
M _{pr} Kolom			Input, (nilai terbesar)	kN m	2311.565
V _{u1}	S21.5.4	18.7.6.1	2 * M _{pr} Kolom / L _n	N	1467660
Gaya Geser Hasil Analisis Struktur					
V _{u2} , Sumbu Lemah			Dari Sheet Gaya Dalam	N	328073
V _{u2} , Sumbu Kuat			Dari Sheet Gaya Dalam	N	403778
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah					
V _u			Max (V _{u1} , V _{u2})	N	1467660
φ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V _c	11.2.1.2	22.5.6.1	0.17 (1 + N _u /(14 A _g)) (f' _c) ^{0.5} h d; d = b - c _c - d _s - d _b / 2	N	524635
V _s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	V _u / φ - V _c	N	1432245
A _s /s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	V _s / (f _{vy} * d); d = b - c _c - d _s - d _b / 2	mm ² / mm	5.0376
A _s /s Min 1	-	10.6.2.2	0.062 (f' _c) ^{0.5} h / f _{vy}	mm ² / mm	0.6730
A _s /s Min 2	-	10.6.2.2	0.35 h / f _{vy}	mm ² / mm	0.7179
Cek A _s /s			A _{sh} /s 1 >= Max (A _s /s Perlu, A _s /s Min) ?		OK

Tabel L5.15: *Lanjutan.*

Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat					
V_u			Max (V_{u1} , V_{u2})	N	1467660
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} b d$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	524635
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	$V_u / \phi - V_c$	N	1432245
A_s/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	5.0376
A_s/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.6730
A_s/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.7179
Cek A_s/s			$A_{sh}/s \geq \text{Max} (A_s/s \text{ Perlu}, A_s/s \text{ Min})$?		OK
Tulangan Transversal Luar Zona Sendi Plastis/Tumpuan					
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n1			Input		2
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n2			Input		2
Spasi, s			Input	mm	100
A_v Sumbu Lemah			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	157.080
A_v Sumbu Kuat			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	157.080
Confinement/Kekangan Luar Zona Sendi Plastis					
Spasi max 1	21.6.4.5	18.7.5.5	$6 d_b$	mm	132.0
Spasi max 2	21.6.4.5	18.7.5.5	150 mm	mm	150.0
Cek Spasi			Spasi $\leq$ Spasi Max ?		OK
Kuat Geser Luar Zona Sendi Plastis					
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah					
V_u			Dari Sheet Gaya Dalam	N	403778
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} h d$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	N	524635
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	Max ($V_u / \phi - V_c$, 0)		13735
A_v/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$		0.0483
A_v/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.6730
A_v/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.7179
Cek A_v/s			$A_v/s \geq A_v/s \text{ Perlu}$?		OK
Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat					
V_u			Dari Sheet Gaya Dalam	N	414974
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} b d$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	524635
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	Max ($V_u / \phi - V_c$, 0)		28663
A_v/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$		0.1008
A_v/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.6730
A_v/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.7179
Cek A_v/s			$A_v/s \geq A_v/s \text{ Perlu}$?		OK

7) Gaya Dalam kolom 600x600mm

Tabel L.5.16: Gaya Dalam kolom 600x600mm.

Aksial - Lentur				Geser	
Kondisi	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Tumpuan	
P max	412.2161	115.4626	23.419	V2 (kN)	328.0728
P min	-3092.9189	-570.4968	-185.5378	V3 (kN)	403.7777
M2 Max	-1203.3796	793.6595	218.3606	Lapangan	
M2 Min	-1773.6913	-816.2844	-68.8953	V2 (kN)	-330.6087
M3 Max	-1870.3699	55.8692	642.8775	V3 (kN)	-414.974
M3 Min	-2556.3999	-272.4704	-647.7565	Gaya Tekan Terkecil	
				Nu (kN)	-0.25

8) Desain Longitudinal kolom 600x600mm

Tabel L.5.17: Desain Longitudinal kolom 600x600mm.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang/Tinggi Kolom, L			Input	mm	4000
Sisi Pendek Kolom, b			Input	mm	600
Sisi Panjang Kolom, h			Input	mm	600
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Input	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Input	mm	10
Selimit Bersih, c _c			Input	mm	50
Kuat Tekan Beton, f _c '			Input	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Input	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}			Input	MPa	390
Tinggi Balok, h _b			Input	mm	700
L _n			L - h _b	mm	3300
Syarat Gaya dan Geometri					
Syarat Gaya Aksial	21.6.1	Tidak dipersyaratkan. Baca R18.7.1	Pu > 0.1 A _g f _c ' ?		OK
Syarat Sisi Terpendek	21.6.1.1	18.7.2.1	b >= 300 mm ?		OK
Syarat Rasio Dimensi Penampang	21.6.1.2	18.7.2.1	b/h >= 0.4 ?		OK
Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur (Menggunakan PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll)					
Jumlah Tulangan, n			Input		12
Luas Tulangan Longitudinal, A _s			n *π/4 *d _b ²	mm ²	4561.6
Rasio Tulangan, ρ			As / (b * h)		1.27%
Cek ρ _{min} dan ρ _{max}	21.6.3.1	18.7.4.1	1% <= ρ <= 6%		OK
Pengecekan Strong Column - Weak Beam (SCWB)					
Momen Nominal Kolom, M _{nc}			Input (M _n dari kondisi P _{max} dan P _{min})	kN m	1354.38947
M _n ⁻ Tumpuan Balok			Input	kN m	1171.045
M _n ⁺ Tumpuan Balok			Input	kN m	1072.795
Cek SCWB	21.6.2.2	18.7.3.2	2 * M _{nc} >= 1.2 * (M _n ⁻ + M _n ⁺)		OK

9) Desain Transversal kolom 600x600mm.

Tabel L.5.18: Desain Transversal kolom 600x600mm.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang/Tinggi Kolom, L			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	4000
Sisi Pendek Kolom, b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	600
Sisi Panjang Kolom, h			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	600
Diameter Tulangan Longitudinal, d _l			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	10
Selimit Bersih, c _c			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	50
Kuat Tekan Beton, f _c '			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yy}			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	390
Tinggi Balok, h _b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	700
L _n			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	3300

Tabel L5.18: *Lanjutan.*

Panjang Zona Sendi Plastis					
l_{o1}	21.6.4.1	18.7.5.1	h	mm	600.0
l_{o2}	21.6.4.1	18.7.5.1	$L_n / 6$	mm	550.0
l_{o3}	21.6.4.1	18.7.5.1	450 mm	mm	450
l_o	21.6.4.1	18.7.5.1	$\text{Max}(l_{o1}; l_{o2}; l_{o3})$	mm	600.0
Tulangan Transversal Zona Sendi Plastis/Tumpuan					
Jumlah Kaki Sisi Pendek, $n1$			Input		12
Jumlah Kaki Sisi Panjang, $n2$			Input		12
Spasi, s			Input	mm	100
Spasi Kaki Terbesar, $x_{i \max}$	S21.6.4.2	R18.7.5.2	Input	mm	60
$A_{sh} 1$			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	942.478
$A_{sh} 2$			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	942.478
$A_{sh} / s, 1$				mm ² / mm	9.425
$A_{sh} / s, 2$				mm ² / mm	9.425
Confinement / Kekangan Zona Sendi Plastis					
Lebar Penampang Inti Beton, b_c	S21.6.4.2	R18.7.5.2	$b - 2c_c$	mm	500
Panjang Penampang Inti Beton, h_c	S21.6.4.2	R18.7.5.2	$h - 2c_c$	mm	500
Luas Penampang Kolom, A_g			$b * h$	mm ²	360000
Luas Penampang Inti Beton, A_{ch}			$b_c * h_c$	mm ²	250000
Sisi Pendek/Sumbu Lemah					
$A_{sh}/s \text{ min}, 1$	21.6.4.4	18.7.5.4	$0.3 (b_c * f'_c / f_{yv}) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	5.923
$A_{sh}/s \text{ min}, 2$	21.6.4.4	18.7.5.4	$0.09 * b_c * f'_c / f_{yv}$	mm ²	4.038
Cek $A_{sh}/s 1$			$A_{sh}/s 1 \geq A_{sh}/s \text{ min} ?$		OK
Sisi Panjang/Sumbu Kuat					
$A_{sh}/s \text{ min}, 1$	21.6.4.4	18.7.5.4	$0.3 (h_c * f'_c / f_{yv}) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	5.923
$A_{sh}/s \text{ min}, 2$	21.6.4.4	18.7.5.4	$0.09 * h_c * f'_c / f_{yv}$	mm ²	4.038
Cek $A_{sh}/s 2$			$A_{sh}/s 2 \geq A_{sh}/s \text{ min} ?$		OK
Cek Spasi					
$s_{\max 1}$	21.6.4.3	18.7.5.3	$b / 4$	mm	150
$s_{\max 2}$	21.6.4.3	18.7.5.3	$6 * d_b$	mm	132
h_x	21.6.4.3	18.7.5.3	$x_{i \max}$	mm	60
$s_{\max 3} = s_o$	21.6.4.3	18.7.5.3	$100 \leq 100 + (350 - h_x) / 3 \leq 150$	mm	150.000
$s_{\max}$	21.6.4.3	18.7.5.3	$\text{Min}(s_{\max 1}, s_{\max 2}, s_{\max 3})$	mm	132.000
Cek Spasi					OK
Kuat Geser Zona Sendi Plastis					
Gaya Geser Desain (Perlu input dari PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll. dengan $f_{pr} = 1.25 f_y$)					
M_{pr} Kolom			Input, (nilai terbesar)	kN m	921.7717004
V_{u1}	S21.5.4	18.7.6.1	$2 * M_{pr} \text{ Kolom} / L_n$	N	558650
Gaya Geser Hasil Analisis Struktur					
V_{u2} Sumbu Lemah			Dari Sheet Gaya Dalam	N	328073
V_{u2} Sumbu Kuat			Dari Sheet Gaya Dalam	N	403778
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah					
V_u			$\text{Max}(V_{u1}, V_{u2})$	N	558650
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} h d; d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	N	319236
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	$V_u / \phi - V_c$	N	425630
A_s/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d); d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	2.0631
A_s/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} h / f_{yv}$	mm ² / mm	0.5643
A_s/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 h / f_{yv}$	mm ² / mm	0.5385
Cek A_s/s			$A_{sh}/s 1 \geq \text{Max}(A_s/s \text{ Perlu}, A_s/s \text{ Min}) ?$		OK
Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat					
V_u			$\text{Max}(V_{u1}, V_{u2})$	N	558650
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} b d; d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	319236
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	$V_u / \phi - V_c$	N	425630
A_s/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d); d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	2.0631
A_s/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.5643
A_s/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.5385
Cek A_s/s			$A_{sh}/s 2 \geq \text{Max}(A_s/s \text{ Perlu}, A_s/s \text{ Min}) ?$		OK

Tabel L5.18: *Lanjutan.*

Tulangan Transversal Luar Zona Sendi Plastis/Tumpuan					
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n1			Input		2
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n2			Input		2
Spasi, s			Input	mm	100
A _v Sumbu Lemah			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	157.080
A _v Sumbu Kuat			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	157.080
Confinement /Kekangan Luar Zona Sendi Plastis					
Spasi max 1	21.6.4.5	18.7.5.5	6 d _b	mm	132.0
Spasi max 2	21.6.4.5	18.7.5.5	150 mm	mm	150.0
Cek Spasi			Spasi <= Spasi Max ?		OK
Kuat Geser Luar Zona Sendi Plastis					
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah					
V _u			Dari Sheet Gaya Dalam	N	330609
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V _c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} h d; d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	N	319236
V _s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	Max (V _u /φ - V _c ; 0)		121576
A _v /s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d); d = b - c_c - d_s - d_b / 2$		0.5893
A _v /s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.5643
A _v /s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.5385
Cek A _v /s			A _v /s >= A _v /s Perlu ?		OK
Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat					
V _u			Dari Sheet Gaya Dalam	N	414974
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V _c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} b d; d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	319236
V _s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	Max (V _u /φ - V _c ; 0)		234063
A _v /s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d); d = h - c_c - d_s - d_b / 2$		1.1345
A _v /s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.5643
A _v /s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.5385
Cek A _v /s			A _v /s >= A _v /s Perlu ?		OK

L5.1.3 Pelat 150mm

1) Analisa perhitungan pelat 150mm.

Tabel L.5.19: Analisa perhitungan pelat 150mm.

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	6000
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	5000
Tebal Pelat, t		Input	mm	150
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	10
Selimit Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	20
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	115
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	35
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	390
Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f_c'}$		27806
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.8000
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1

Tabel L5.19: *Lanjutan.*

Gaya Dalam				
M Max akibat M11 Max		Input	kN-m	2.211
M Min akibat M11 Min		Input	kN-m	-4.447
M Max akibat M22 Max		Input	kN-m	3.6
M Min akibat M22 Min		Input	kN-m	-6.994
Vu		Input	kN	10.946
Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]				
Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		10.0000
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785.398
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	290.769
Cek As_{min}		$As_{Pasang} \geq As_{min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.296
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	33.648
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	12.870
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.024
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	30.283
Momen Ultimit, M_u			kN-m	2.211
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785.398
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	290.769
Cek As_{min}		$As_{Pasang} \geq As_{min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.296
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	33.648
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	12.870
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.024
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	30.283
Momen Ultimit, M_u			kN-m	4.447
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK

Tabel L5.19: Lanjutan.

Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785.398
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	290.769
Cek As min		As Pasang $\geq As_{min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.296
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	30.585
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	12.870
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.024
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	27.527
Momen Ultimit, M_u			kN-m	3.600
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785.398
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	290.769
Cek As min		As Pasang $\geq As_{min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.296
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	30.585
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	12.870
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.024
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	27.527
Momen Ultimit, M_u			kN-m	6.994
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785.398
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	290.769
Cek As min		As Pasang $\geq As_{min} ?$		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
Kapasitas Geser Beton, V_c		$0.17 * f_c'^{0.5} * b * d$	kN	115.659
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2			0.75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	43.372
Perlu Tulangan Geser Pelat?		$V_u > 0.5 \phi V_c ?$		Tidak
Lendutan Pelat				
Kapasitas Retak Lentur				
Momen Inersia Pelat, I_g			mm ⁴	281250000
Tegangan Retak, f_r		$0.62 \sqrt{f_c'}$	MPa	3.668
Garis Netral, y		$t / 2$	mm	75.000
Kapasitas Retak Lentur, M_{cr}		$f_r * I_g / y$	kNm	13.755
Momen Inersia Retak, I_{cr}		$0.25 I_g$	mm ⁴	70312500

2) Analisa perhitungan pelat 100mm.

Tabel L.5.20: Analisa perhitungan pelat 150mm.

Parameter	Pasal Referensi SNI 2847:2019	Persamaan	Satuan	Nilai
Properti Material dan Penampang				
Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	6000
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	5000
Tebal Pelat, t		Input	mm	100
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	10
Selimit Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	20
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	65
Kuat Tekan Beton, f'_c		Input	MPa	35
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	390
Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f'_c}$		27806
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f'_c - 28) / 7 \leq 0.85$		0.8000
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M Max akibat M11 Max		Input	kN-m	2.628
M Min akibat M11 Min		Input	kN-m	-4.828
M Max akibat M22 Max		Input	kN-m	3.397
M Min akibat M22 Min		Input	kN-m	-7.003
V_u		Input	kN	8.81
Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]				
Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	200
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		10.0000
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785.398
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	200.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	193.846
Cek As_{min}		$As_{pasang} \geq As_{min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f'_c * b)$	mm	10.296
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	18.333
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	12.870
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	16.500
Momen Ultimit, M_u			kN-m	2.628
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	200
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10

Tabel L5.20: *Lanjutan.*

Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	785.398
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	200.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	193.846
Cek As min		As Pasang $\geq As_{min}$?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	10.296
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - a/2)$	kN-m	18.333
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	12.870
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c \cdot 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 \cdot 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi \cdot M_n$	kN-m	16.500
Momen Ultimit, M_u			kN-m	4.828
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u$?		OK
Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 \cdot t$ dan 450 mm	mm	200
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max}$?		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	785.398
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	200.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	193.846
Cek As min		As Pasang $\geq As_{min}$?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	10.296
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - d_b - a/2)$	kN-m	15.270
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	12.870
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c \cdot 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 \cdot 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi \cdot M_n$	kN-m	13.743
Momen Ultimit, M_u			kN-m	3.397
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u$?		OK
Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 \cdot t$ dan 450 mm	mm	200
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max}$?		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	785.398
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	200.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	193.846
Cek As min		As Pasang $\geq As_{min}$?		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y / (0.85 \cdot f_c' \cdot b)$	mm	10.296
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As \cdot f_y \cdot (d - d_b - a/2)$	kN-m	15.270
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	12.870
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c \cdot 0.003$		0.012
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 \cdot 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereuksi, ϕM_n		$\phi \cdot M_n$	kN-m	13.743
Momen Ultimit, M_u			kN-m	7.003
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u$?		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 \cdot t$ dan 450 mm	mm	200
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max}$?		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n \cdot \pi/4 \cdot d_b^2$	mm ²	785.398
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% \cdot b \cdot t$	mm ²	200.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% \cdot 420 / f_y) \cdot b \cdot t$ dan $0.14\% \cdot b \cdot t$	mm ²	193.846
Cek As min		As Pasang $\geq As_{min}$?		OK

Tabel L5.20: *Lanjutan.*

Pengecekan Kapasitas Geser				
Kapasitas Geser Beton, V_c		$0.17 * f_c^{0.5} * b * d$	kN	65.373
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2			0.75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	24.515
Perlu Tulangan Geser Pelat?		$V_u > 0.5 \phi V_c ?$		Tidak
Lendutan Pelat				
Kapasitas Retak Lentur				
Momen Inersia Pelat, I_g			mm ⁴	83333333.3
Tegangan Retak, f_r		$0.62 \sqrt{f_c'}$	MPa	3.668
Garis Netral, y		$t / 2$	mm	50.000
Kapasitas Retak Lentur, M_{cr}		$f_r * I_g / y$	kNm	6.113
Momen Inersia Retak, I_{cr}		$0.25 I_g$	mm ⁴	20833333.3

L5.1.4 Dinding Geser (Sistem Ganda)

- 1) Analisa perhitungan gaya dalam Dinding Geser.

Tabel L.5.21: Analisa perhitungan gaya dalam Dinding Geser.

Aksial - Lentur			
Kondisi	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)
P max	2831.873	1.375	2120.472
P min	-5553.355	-6.089	-3681.810
M2 Max	1958.899	6.222	3782.486
M2 Min	-5545.253	-6.207	-3667.135
M3 Max	-344.998	2.052	8930.885
M3 Min	-2270.689	-1.956	-8676.179
Geser			
V2 (kN)	2965.488		
V3 (kN)	2.316		

2) Analisa perhitungan Desain Dinding Geser.

Tabel L.5.22: Analisa perhitungan Desain Dinding Geser.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Tebal Dinding Geser, t_w			Input	mm	250
Panjang (As ke As), L			Input	mm	3100
Panjang Kolom, h_k			Input	mm	1000
Lebar Kolom, b_k			Input	mm	1000
Tinggi Dinding Geser Total, h_w			Input	mm	62300
Diameter Tulangan Longitudinal Badan, d_l			Input	mm	13
Diameter Tulangan Transversal Badan, d_t			Input	mm	13
Diameter Tulangan Kolom, d_b			Input	mm	22
Kuat Tekan Beton, f_c'			Input	MPa	35
Kuat Leleh Baja Tulangan, f_y			Input	MPa	390
Geometri					
Panjang Total, L_w			$L + h_k$	mm	4100
Panjang Bersih, L_n			$L - h_k$	mm	2100
Luas Penampang Melintang, A_{cv}			$t_w * L_w$	mm ²	1025000
Luas Total Dinding Geser, A_w			$t_w * L_n + 2 * (b_k * h_k)$	mm ²	2525000
Kebutuhan Tulangan Minimum					
ϕ					0.75
Gaya Geser, V_u / ϕ			V_u Dari Sheet Gaya Dalam	N	3953984
Batas Zona 1	21.9.2.1	18.10.2	$0.083 A_{cv} f_c'^{0.5}$	N	503310
Batas Zona 2	21.9.2.2	18.10.2	$0.17 A_{cv} f_c'^{0.5}$	N	1030877
Kesimpulan Zona					Zona 3
Rasio Tul. Longitudinal Minimum, ρ_{lmin}	21.9.2.1	18.10.2, 18.10.4.3	Fungsi Zona dan h_w/L_w		0.25%
Rasio Tul. Transversal Minimum, ρ_{tmin}	21.9.2.1	18.10.2	Fungsi Zona		0.25%
Perlu 2 Lapis Tulangan?	21.9.2.2	18.10.2	Zona 3 atau $h_w/L_w \geq 2$?		Perlu
Jumlah Lapis Tulangan Pakai, n_{lapis}			Input (Disarankan 2)		2
Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur (Menggunakan PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll.)					
Bagian Badan					
Spasi Tulangan Longitudinal, s			Input	mm	200
Cek Spasi Tulangan Maksimum	21.9.2.1	18.10.2	$s \leq 450$ mm?		OK
Rasio Tulangan Longitudinal, ρ_l	S21.9.6.5	R18.10.6.5	$n_{lapis} * (\pi/4 * d_l^2) / (t_w * s)$		0.531%
Cek Rasio Tulangan Minimum			$\rho_l \geq \rho_{lmin}$?		OK
Bagian Kolom					
Jumlah Tulangan per Kolom, n			Input		28
Rasio Tulangan Kolom, ρ			$n * (\pi/4 * d_b^2) / (b_k * h_k)$		1.064%
Cek Rasio Tulangan Kolom			$1\% \leq \rho \leq 6\%$?		OK
Pengecekan Kapasitas Geser					
h_w / L_w					15.1951
α_c	21.9.4.1	18.10.4.1	Fungsi h_w / L_w		0.17
Spasi Tulangan Transversal, s			Input	mm	100
Cek Spasi Tulangan Maksimum	21.9.2.1	18.10.2	$s \leq 450$ mm?		OK
Rasio Tulangan Longitudinal, ρ_l	S21.9.6.5	R18.10.6.5	$n_{lapis} * (\pi/4 * d_l^2) / (t_w * s)$		1.062%
Cek Rasio Tulangan Minimum			$\rho_l \geq \rho_{lmin}$?		OK
Kuat Geser Dinding, V_n	21.9.4.1	18.10.4.1	$A_{cv} (\alpha_c * f_c'^{0.5} + \rho_t * f_y)$	N	5275656
Batas Kuat Geser, V_{nmax}	21.9.4.4	18.10.4.4	$0.66 A_{cv} f_c'^{0.5}$	N	4002228
Kuat Geser Pakai, V_{npakai}			$\min (V_n, V_{nmax})$	N	4002228
Cek Kapasitas Geser			$V_{npakai} \geq V_u/\phi$?		OK
Pengecekan Kebutuhan Elemen Batas Khusus					
Displacement-Based Method					
Panjang Zona Tekan, c	21.9.6.4	18.10.6.4	Input (nilai terbesar)	mm	910
δ_u			Input (boleh dikosongkan)	mm	
δ_u / h_w	21.9.6.2 (0.007)	18.10.6.2 (0.005)	$\max (\delta_u / h_w; 0.005)$		0.005
Perlu Elemen Batas Khusus?	21.9.6.2 (δ_u)	18.10.6.2 (1.5 δ_u)	$c \geq L_w / [600 * (1.5 \delta_u / h_w)]$		Tidak Perlu
$c - 0.1 L_w$	21.9.6.4	18.10.6.4		mm	500
$c/2$	21.9.6.4	18.10.6.4		mm	455
$h_k + 300$	21.9.6.4	18.10.6.4		mm	1300
Panjang Elemen Batas Khusus, L_{BE}	21.9.6.4	18.10.6.4	$\max (c - 0.1 L_w; c/2; h_k + 300)$	mm	1300
$M_u / (4 V_u)$				mm	752.902
Tinggi Elemen Batas Khusus, h_{BE}	21.9.6.2	18.10.6.2	$\max (L_w; M_u / 4V_u)$	mm	4100

Tabel L5.22: *Lanjutan.*

Strength-Based Method					
Luas Penampang Total, A_g				mm ²	2525000
Inersia Penampang, I_g			$1/12 * I_w * L_o^3 + 2 * [1/12 * b_k * h_k^3 + b_k * h_k * (L/2)^2]$	mm ⁴	5.16E+12
Tegangan Kondisi 1			$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	1.758
Tegangan Kondisi 2			$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	3.304
Tegangan Kondisi 3			$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	1.911
Tegangan Kondisi 4			$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	3.297
Tegangan Kondisi 5			$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	2.817
Tegangan Kondisi 6			$P_u / A_g + (M_u / I_g * L / 2)$	MPa	3.503
Tegangan Maksimum			max (Tegangan Kondisi 1-6)	MPa	3.503
Batas Tegangan	21.9.6.3	18.10.6.3	$0.2 f'_c$	MPa	7.000
Perlu Elemen Batas Khusus?	21.9.6.3	18.10.6.3	Tegangan > $0.2 f'_c$?		Tidak Perlu
Tinggi Elemen Batas Khusus, h_{BE}	21.9.6.3	18.10.6.3	$h_u - (0.15 f'_c / \text{Tegangan}) * h_u$	mm	0
Penulangan Elemen Batas Khusus					
Daerah Kolom					
Selimit Beton, c_c			Input	mm	50
Diameter Confinement, d_s			Input	mm	13
Jumlah Kaki Sejajar Lebar Kolom, n_1			Input		6
Jumlah Kaki Sejajar Panjang Kolom, n_2			Input		6
Spasi, s			Input	mm	100
$A_{sh} 1$			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	796.394
$A_{sh} 2$			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	796.394
$A_{sh} / s, 1$				mm ² / mm	7.964
$A_{sh} / s, 2$				mm ² / mm	7.964
Lebar Penampang Inti Beton, b_c	S21.6.4.2	R18.10.6.4.1	$b_k - 2c_c$	mm	900
Panjang Penampang Inti Beton, h_c	S21.6.4.2	R18.10.6.4.1	$h_k - 2c_c$	mm	900
Luas Penampang Kolom, A_g			$b_k * h_k$	mm ²	1000000
Luas Penampang Inti Beton, A_{ch}			$b_c * h_c$	mm ²	810000
Sejajar Lebar Kolom					
$A_{sh}/s \text{ min}, 1$	21.6.4.4	Tabel 18.10.6.4	$0.3 (h_c * f'_c / f_y) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	5.684
$A_{sh}/s \text{ min}, 2$	21.6.4.4	Tabel 18.10.6.4	$0.09 * h_c * f'_c / f_y$	mm ²	7.269
Cek $A_{sh}/s \geq 2$			$A_{sh}/s \geq A_{sh}/s \text{ min} ?$		OK
Sejajar Panjang Kolom					
$A_{sh}/s \text{ min}, 1$	21.6.4.4	Tabel 18.10.6.4	$0.3 (b_c * f'_c / f_y) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	5.684
$A_{sh}/s \text{ min}, 2$	21.6.4.4	Tabel 18.10.6.4	$0.09 * b_c * f'_c / f_y$	mm ²	7.269
Cek $A_{sh}/s \geq 1$			$A_{sh}/s \geq A_{sh}/s \text{ min} ?$		OK
Daerah Badan					
Selimit Beton, c_c			Input	mm	50
Diameter Confinement, d_s			Input	mm	13
Jumlah Kaki Sejajar Dinding, n_1			Input		6
Jumlah Kaki Tegak Lurus Dinding, n_2			Input		7
Spasi, s			Input	mm	100
$A_{sh} 1$			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	796.394
$A_{sh} 2$			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	929.126
$A_{sh} / s, 1$				mm ² / mm	7.964
$A_{sh} / s, 2$				mm ² / mm	9.291
Panjang Daerah EBK Badan, b			$LBE - h_k$	mm	300
Lebar Daerah EBK (Tebal Dinding), h			tw	mm	250
Lebar Penampang Inti Beton, b_c	S21.6.4.2	R18.10.6.4.1	$b - 2c_c$	mm	200
Panjang Penampang Inti Beton, h_c	S21.6.4.2	R18.10.6.4.1	$h - 2c_c$	mm	150
Luas Penampang Kolom, A_g			$b * h$	mm ²	75000
Luas Penampang Inti Beton, A_{ch}			$b_c * h_c$	mm ²	30000
Sejajar Dinding					
$A_{sh}/s \text{ min}, 1$	21.6.4.4	Tabel 18.10.6.4	$0.3 (h_c * f'_c / f_y) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	6.058
$A_{sh}/s \text{ min}, 2$	21.6.4.4	Tabel 18.10.6.4	$0.09 * h_c * f'_c / f_y$	mm ²	1.212
Cek $A_{sh}/s \geq 2$			$A_{sh}/s \geq A_{sh}/s \text{ min} ?$		OK
Tegak Lurus Dinding					
$A_{sh}/s \text{ min}, 1$	21.6.4.4	Tabel 18.10.6.4	$0.3 (b_c * f'_c / f_y) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	8.077
$A_{sh}/s \text{ min}, 2$	21.6.4.4	Tabel 18.10.6.4	$0.09 * b_c * f'_c / f_y$	mm ²	1.615
Cek $A_{sh}/s \geq 1$			$A_{sh}/s \geq A_{sh}/s \text{ min} ?$		OK

L.5.2 Sistem Ganda

L.5.2.1 Balok

1) Desain lentur balok induk 6 meter.

Tabel L.5.23: Desain lentur balok induk 6 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang Balok, L			Input	mm	6000
Lebar Balok, b			Input	mm	450
Tinggi Balok, h			Input	mm	850
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	18.6.4.1	2 * h	mm	1700
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Input	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d _{bt}			Input	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Input	mm	10
Selimum Bersih, c _c			Input	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d			h - c _c - d _s - d _{bt} /2	mm	779
Kuat Tekan Beton, f' _c			Input	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Input	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}			Input	MPa	390
β ₁	10.2.7.3	Tabel 22.2.2.4.3	0.65 ≤ 0.85 - 0.05 * (f' _c - 28) / 7 ≤ 0.85		0.8000
Panjang Kolom, c ₁			Input (Sisi tegak lurus lebar balok)	mm	800
Lebar Kolom, c ₂			Input (Sisi yang ditempel balok/sejajar lebar balok)	mm	800
L _n			L - c ₁	mm	5200
λ			Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam					
M _{u,tumpuan} (-)			Input	kN-m	-1022.2
M _{u,tumpuan} (+)			Input	kN-m	957.4914
M _{u,lapangan} (-)			Input	kN-m	-554.304
M _{u,lapangan} (+)			Input	kN-m	564.7599
Pu			Input	kN	0
Syarat Gaya dan Geometri					
Syarat Gaya Aksial	21.5.1.1	Tidak dipersyaratkan. Baca R18.6.1 dan 18.6.4.7	Pu ≤ 0.1 A _g f' _c ?		OK
Syarat Tinggi Efektif	21.5.1.2	18.6.2.1	L _n ≥ 4d ?		OK
Syarat Lebar 1	21.5.1.3	18.6.2.1	b ≥ min(0.3h, 250 mm) ?		OK
Syarat Lebar 2	21.5.1.4	18.6.2.1	b ≤ c ₂ + 2 * min(c ₂ , 0.75 c ₁) ?		OK
Penulangan Lentur					
Tumpuan Negatif					
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n			Input		11
d _b				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			(b - 2 c _c - 2 d _s - n * d _b) / (n - 1)	mm	8.800
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih ≥ d _b dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis					2
As Pasang			n * π/4 * d _b ²	mm ²	4181.460
As _{min,1}	10.5.1	9.6.1.2	(f' _c) ^{0.5} / (4 * f _y) * b * d	mm ²	1329.411
As _{min,2}	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	1.4 / (4 * f _y) * b * d	mm ²	1258.385
Cek As min			As Pasang ≥ As min ?		OK
ρ			As / (b * d)		1.19%
ρ _{max,1}	B.10.3	Tidak ada	0.75 ρ _b = 0.75 * 0.85 * β ₁ * f' _c / f _y * (600/(600 + f _y))		2.77%

Tabel L5.23: *Lanjutan.*

$\rho_{\max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{\max} ?$		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	121.813
M_n	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	1171.045
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	152.266
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * Mn$	kN-m	1053.940
M_u tumpuan (-)				kN-m	1022.204
Cek Kapasitas			$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu			$Mu / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	3649.990
Tumpuan Positif					
n			Input		10
d_b				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	12.222
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis					2
As Pasang			$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	3801.327
$As_{\min,1}$	10.5.1	9.6.1.2	$(f_y')^{0.5} / (4 * f_y') * b * d$	mm ²	1329.411
$As_{\min,2}$	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1258.385
$As_{\min,4}$	21.5.2.2	18.6.3.2	$0.5 * As$ Tumpuan Negatif	mm ²	2090.730
Cek As min			$As \text{ Pasang} \geq As \text{ min} ?$		OK
ρ			$As / (b * d)$		1.08%
$\rho_{\max,1}$	B.10.3		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f_c' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.77%
$\rho_{\max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{\max} ?$		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	110.739
M_n	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	1072.795
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	138.424
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.014
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * Mn$	kN-m	965.515
M_u				kN-m	957.491
Cek $\phi M_n > M_u$			$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu			$Mu / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	3392.762
Lapangan Negatif					
n			Input		6
d_b				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	39.600
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis					1
As Pasang			$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	2280.796
$As_{\min,1}$	10.5.1	9.6.1.2	$(f_y')^{0.5} / (4 * f_y') * b * d$	mm ²	1329.411
$As_{\min,2}$	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1258.385
$As_{\min,4}$	21.5.2.2	18.6.3.2	$0.25 * As$ Tumpuan Negatif	mm ²	1045.365
Cek As min			$As \text{ Pasang} \geq As \text{ min} ?$		OK
ρ			$As / (b * d)$		0.65%
$\rho_{\max,1}$	B.10.3		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f_c' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.77%
$\rho_{\max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{\max} ?$		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	66.443
M_n	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	663.378
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	83.054
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.025
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * Mn$	kN-m	597.040
M_u				kN-m	554.304
Cek $\phi M_n > M_u$			$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu			$Mu / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	1905.782

Tabel L5.23: *Lanjutan.*

Lapangan Positif					
n			Input		6
d_b				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	39.600
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis					1
As Pasang			$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	2280.796
$A_{s_{min,1}}$	10.5.1	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1329.411
$A_{s_{min,2}}$	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1258.385
$A_{s_{min,4}}$	21.5.2.2	18.6.3.2	$0.25 * A_s$ Tumpuan Negatif	mm ²	1045.365
Cek As min			As Pasang $\geq A_{s_{min}}$?		OK
ρ			$A_s / (b * d)$		0.65%
$\rho_{max,1}$	B.10.3		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f_c' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.77%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{max}$?		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	66.443
M_n	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	663.378
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	83.054
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.025
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * M_n$	kN-m	597.040
M_u				kN-m	564.760
Cek $\phi M_n > M_u$			$\phi M_n > M_u$?		OK
As Perlu			$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	1941.733

2) Desain Geser balok induk 6 meter.

Tabel L.5.24: Desain Geser balok induk 6 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang Balok, L			Dari Sheet Desain Lentur	mm	6000
Lebar Balok, b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	450
Tinggi Balok, h			Dari Sheet Desain Lentur	mm	850
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	18.6.4.1	Dari Sheet Desain Lentur	mm	1700
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d_{bt}			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d_s			Dari Sheet Desain Lentur	mm	10
Selimum Bersih, c_c			Dari Sheet Desain Lentur	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d			Dari Sheet Desain Lentur	mm	779
Kuat Tekan Beton, f_c'			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_{yv}			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
β_1	10.2.7.3	Tabel 22.2.2.4.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8000
Panjang Kolom, c_1			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
Lebar Kolom, c_2			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
L_n			Dari Sheet Desain Lentur	mm	5200
Gaya Dalam					
$V_{u,tumpuan}$			Input	kN	1471.3428
$V_{u,lapangan}$			Input	kN	494.6386
Tumpuan					
Gaya Desain					
$V_{g,tumpuan}$	S21.5.4	R18.6.5	Input [Kombinasi 1.2 D + L]	kN	188.5254
A_s^+ Tumpuan			Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	3801.327
A_s^- Tumpuan			Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	4181.460
a_{pr}^+			1.25 a (tumpuan positif)	mm	138.424

Tabel L5.24: *Lanjutan.*

a_{pr}^-			1.25 a (tumpuan negatif)	mm	152.266
M_{pr}^+	S21.5.4	R18.6.5	$A_s^+ * (1.25 f_y) * (d - a_{pr}^+/2)$	N mm	1315341779
M_{pr}^-	S21.5.4	R18.6.5	$A_s^- * (1.25 f_y) * (d - a_{pr}^-/2)$	N mm	1432767389
V_{sway} atau V_{pr}	21.5.4.1	18.6.5.1	$(M_{pr}^+ + M_{pr}^-) / L_n$	N	528483
V_e	21.5.4.1	18.6.5.1	$V_g + V_{pr}$	N	717008
Tahanan Geser Beton					
V_{pr}				N	528483
$1/2 V_e$				N	358504
Pu				N	0
$A_g f_c' / 20$				N	669375
V_e Diperhitungkan?	21.5.4.2	18.6.5.2	$V_e = 0$ jika $V_{pr} \geq 1/2 V_e$ dan $P_u < A_g f_c' / 20$		Tidak
V_e				N	0
Penulangan Geser					
Jumlah Kaki			Input		6
A_v			$n * \pi/4 * d_s^2$	mm ²	471.239
Spasi			Input	mm	100
Spasi Max 1	21.5.3.2	18.6.4.4	$d / 4$	mm	194.75
Spasi Max 2	21.5.3.2	18.6.4.4	$6 d_b$	mm	132.00
Spasi Max 3	21.5.3.2	18.6.4.4	150 mm	mm	150.00
Cek Spasi					OK
V_s	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$A_v * f_{yv} * d / s$	N	1431671
Batas V_s	11.4.7.9	22.5.1.2	$0.66 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	1368762
ϕ	9.3.2.3	12.5.3.2, 21.2.4			0.75
V_n			$V_e + V_s$	N	1368762
V_u				N	717008
$\phi V_n / V_u$					1.432
Cek Kapasitas			$\phi V_n / V_u \geq 1$?		OK
Lapangan					
Penulangan Geser					
Jumlah Kaki			Input		5
A_v			$n * \pi/4 * d_s^2$	mm ²	392.699
Spasi			Input	mm	150
Spasi Max	21.5.3.4	18.6.4.6	$d / 2$	mm	389.50
Cek Spasi					OK
V_s	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$A_v * f_{yv} * d / s$	N	795373
Batas V_s	11.4.7.9	22.5.1.2	$0.66 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	1368762
V_e	11.2.1.1	22.5.5.1	$0.17 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	352560
ϕ	9.3.2.3	12.5.3.2, 21.2.4			0.75
V_n			$V_e + V_s$		1147933
V_u				N	494638.6
$\phi V_n / V_u$					1.741
Cek Kapasitas			$\phi V_n / V_u \geq 1$?		OK

3) Desain Torsi balok induk 6 meter.

Tabel L.5.25: Desain Torsi balok induk 6 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang Balok, L			Dari Sheet Desain Lentur	mm	6000
Lebar Balok, b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	450
Tinggi Balok, h			Dari Sheet Desain Lentur	mm	850
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	18.6.4.1	Dari Sheet Desain Lentur	mm	1700
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d_{bt}			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d_s			Dari Sheet Desain Lentur	mm	10

Tabel L5.25: *Lanjutan.*

Selimit Bersih, c_c			Dari Sheet Desain Lentur	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d			Dari Sheet Desain Lentur	mm	779
Kuat Tekan Beton, f'_c			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_{yv}			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
β_1	10.2.7.3	Tabel 22.2.2.4.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8000
Panjang Kolom, c_1			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
Lebar Kolom, c_2			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
L_n			Dari Sheet Desain Lentur	mm	5200
Parameter Geometri Penampang untuk Perhitungan Torsi					
A_{cp}			$b * h$	mm ²	382500
P_{cp}			$2 * (b + h)$	mm	2600
x_o			$b - 2c_c - d_s$	mm	340
y_o			$h - 2c_c - d_s$	mm	740
A_{oh}		R22.7.6.1.1	$x_o * y_o$	mm ²	251600
A_o	11.5.3.6	22.7.6.1.1	$0.85 A_{oh}$	mm ²	213860
P_h		22.7.6.1	$2 * (x_o + y_o)$	mm	2160
Gaya Dalam					
T_u			Input	kN m	165.7311
Pengecekan Kebutuhan Tulangan Torsi					
T_{cr}			$0.33 * (f'_c)^{0.5} * A_{cp}^2 / P_{cp}$	N mm	109859468
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
$\phi T_{cr} / 4$				N mm	20598650
Perlu Tulangan Torsi?	11.5.1	Tabel 22.7.4.1	$T_u > \phi T_{cr} / 4$?		Iya
Perhitungan di bawah ini harus diperiksa					
Pengecekan Kecukupan Dimensi Penampang					
Jenis Torsi			Statis Tertentu = Keseimbangan, Tak Tentu = Kompatibilitas	Statis	Kompatibilitas
T_u Pakai	11.5.2.2	22.7.3.2, 22.7.5	ϕT_{cr} atau T_u	N mm	82394601
V_u			Dari Sheet Desain Geser	N	717008
V_c	11.2.1.1	22.5.5.1	$0.17 * (f'_c)^{0.5} * b * d$	N	352560
Tegangan Ultimate Geser+Torsi	11.5.3.1	22.7.7.1	$\{ [V_u / b * d]^2 + [T_u P_h / (1.7 A_{oh}^2)]^2 \}^{0.5}$	MPa	2.630
Kapasitas Tegangan Beton	11.5.3.1	22.7.7.1	$\phi * \{ [V_c / (b * d)] + 0.66 * (f'_c)^{0.5} \}$	MPa	3.683
Cek Dimensi Penampang	11.5.3.1	22.7.7.1	Ruas Kiri $\leq$ Ruas Kanan ?		OK
Parameter Umum Lainnya					
f_y / f_{yt}			Kuat Leleh Baja Tulangan Torsi = Kuat Leleh Baja Tulangan Lentur dan Geser		1
θ	11.5.3.6	22.7.6.1.2	θ diambil untuk balok komponen struktur non prategang	°	45
Penulangan Transversal Torsi					
n kaki Tumpuan			Dari Sheet Desain Geser		6
n kaki Lapangan			Dari Sheet Desain Geser		5
s Tumpuan			Dari Sheet Desain Geser	mm	100
s Lapangan			Dari Sheet Desain Geser	mm	150
s max 1	11.5.6.1	9.7.6.3.3	$P_h / 8$	mm	270
s max 2	11.5.6.1	9.7.6.3.3	300 mm	mm	300
Cek Spasi Tumpuan			s Tumpuan $\geq$ s max ?		OK
Cek Spasi Lapangan			s Lapangan $\geq$ s max ?		OK
A_{vt} / s Tumpuan Pasang			$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	4.712
A_{vt} / s Tumpuan Pasang			$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	2.618
A_t / s	11.5.3.6	22.7.6.1	$T_u / (2 * \phi * A_o * f_{yv})$	mm ² /mm	0.659
A_v / s Tumpuan Perlu			$(V_u \text{ Tumpuan} / \phi - V_c) / (f_{yv} * d)$	mm ² /mm	3.147
A_v / s Lapangan Perlu			$(V_u \text{ Lapangan} / \phi - V_c) / (f_{yv} * d)$	mm ² /mm	1.010
A_{vt} / s Tumpuan Perlu	11.5.5.2	R9.5.4.3	$2 * A_v / s + A_v / s$		4.464
A_{vt} / s Lapangan Perlu	11.5.5.2	R9.5.4.3	$2 * A_v / s + A_v / s$		2.328
A_{vt} / s min 1	11.5.5.2	9.6.4.2	$0.062 * (f'_c)^{0.5} * b / f_{yv}$		0.423
A_{vt} / s min 2	11.5.5.2	9.6.4.2	$0.35 * b / f_{yv}$		0.404
Cek Geser + Torsi Tumpuan			A_{vt} / s Pasang $\geq$ A_{vt} / s Perlu dan min ?		OK
Cek Geser + Torsi Lapangan			A_{vt} / s Pasang $\geq$ A_{vt} / s Perlu dan min ?		OK
Penulangan Longitudinal Torsi					
d_b atau d_{bt}				mm	22
d_{bt} , min	11.5.6.2	9.7.5.2	0.042 s	mm	6.3

Tabel L5.25: Lanjutan.

Cek d_b			$d_b \geq d_b \text{ min ?}$		OK
As Perlu Tumpuan Atas			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	3649.990
As Perlu Tumpuan Bawah			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	3392.762
As Perlu Lapangan Atas			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	1905.782
As Perlu Lapangan Bawah			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	1941.733
A_l	11.5.3.7	22.7.6.1	$A_l / s * P_h$	mm ²	1422.548
$A_l \text{ min}$	11.5.5.3	9.6.4.3	$0.42 * (f_c')^{0.5} * A_{cp} / f_y - (A_l/s) * P_h$	mm ²	1014.421
$A_s + A_l$ Perlu Tumpuan				mm ²	8465.301
$A_s + A_l$ Perlu Lapangan				mm ²	5270.064
n Tumpuan Atas			Dari Sheet Desain Lentur		11
n Tumpuan Tengah			Input (Disarankan Kelipatan 2)		4
n Tumpuan Bawah			Dari Sheet Desain Lentur		10
n Tumpuan Vertikal			$2 + n \text{ Tengah} / 2$		4
n Lapangan Atas			Dari Sheet Desain Lentur		6
n Lapangan Tengah			Input (Disarankan Kelipatan 2)		4
n Lapangan Bawah			Dari Sheet Desain Lentur		6
n Tumpuan Vertikal			$2 + n \text{ Tengah} / 2$		4
Spasi Horizontal Tumpuan			$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	34
Spasi Vertikal Tumpuan			$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	236
Spasi Horizontal Lapangan			$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	62
Spasi Vertikal Lapangan			$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	236
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Tumpuan	11.5.6.2		Spasi $\geq 300 \text{ mm ?}$		OK
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Lapangan	11.5.6.2		Spasi $\geq 300 \text{ mm ?}$		OK
$A_s + A_l$ Pasang Tumpuan				mm ²	9503.318
$A_s + A_l$ Pasang Lapangan				mm ²	6082.123
Cek Lentur + Torsi Tumpuan			$A_s + A_l \text{ Pasang} \geq A_s + A_l \text{ Perlu ?}$		OK
Cek Lentur + Torsi Lapangan			$A_s + A_l \text{ Pasang} \geq A_s + A_l \text{ Perlu ?}$		OK

4) Desain Lentur balok anak 6 meter.

Tabel L.5.26: Desain Lentur balok anak 6 meter.

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Lebar Balok, b		Input	mm	400
Tinggi Balok, h		Input	mm	700
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b		Input	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d _{bt}		Input	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s		Input	mm	10
Selimit Bersih, c _c		Input	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	629
Kuat Tekan Beton, f _c '		Input	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y		Input	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yt}		Input	MPa	390
β ₁	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.8000
λ		Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M _{u,tumpuan (-)}		Input	kN-m	-1022.204
M _{u,tumpuan (+)}		Input	kN-m	957.4914
M _{u,lapangan (-)}		Input	kN-m	-554.3035
M _{u,lapangan (+)}		Input	kN-m	564.7599

Tabel L5.26: *Lanjutan.*

Penulangan Lentur				
Tumpuan Negatif				
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		Input		15
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	-3.571
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	5701.991
$A_{s_{min,1}}$	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	954.157
$A_{s_{min,2}}$	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	903.179
Cek A_s min		$A_s \text{ Pasang} \geq A_s \text{ min} ?$		OK
a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	186.872
M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	1190.975
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	233.590
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.005
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	1071.877
$M_{u,tumpuan} (-)$			kN-m	1022.204
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	4893.971
Tumpuan Positif				
n		Input		14
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	-2.154
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	5321.858
$A_{s_{min,1}}$	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	954.157
$A_{s_{min,2}}$	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	903.179
Cek A_s min		$A_s \text{ Pasang} \geq A_s \text{ min} ?$		OK
a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	174.414
M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	1124.505
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	218.017
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.006
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	1012.054
M_u			kN-m	957.491
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	4531.446
Lapangan Negatif				
n		Input		8
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	14.857
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	3041.062
$A_{s_{min,1}}$	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	954.157
$A_{s_{min,2}}$	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	903.179
Cek A_s min		$A_s \text{ Pasang} \geq A_s \text{ min} ?$		OK
a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	99.665
M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	686.901
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	124.581
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	618.211
M_u			kN-m	554.304
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	2454.024

Tabel L5.26: Lanjutan.

Lapangan Positif				
n		Input		8
d_b			mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	14.857
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	3041.062
$A_{s_{min,1}}$	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	954.157
$A_{s_{min,2}}$	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	903.179
Cek As min		As Pasang $\geq A_{s_{min}}$?		OK
a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	99.665
M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	686.901
c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	124.581
ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.012
ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	618.211
M_u			kN-m	564.760
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u$?		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	2500.317

5) Desain Geser balok anak 6 meter.

Tabel L.5.27: Desain Geser balok anak 6 meter.

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang				
Lebar Balok, b		Dari Sheet Desain Lentur	mm	400
Tinggi Balok, h		Dari Sheet Desain Lentur	mm	700
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b		Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d _{bt}		Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s		Dari Sheet Desain Lentur	mm	10
Selimum Bersih, c _c		Dari Sheet Desain Lentur	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d		Dari Sheet Desain Lentur	mm	629
Kuat Tekan Beton, f _c '		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
β ₁	Tabel 22.2.2.4.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8000
Gaya Dalam				
V _{u,tumpuan}		Input	kN	557.3428
V _{u,lapangan}		Input	kN	494.6386
Tumpuan				
Jumlah Kaki		Input		7
Av		n *π/4 *d _s ²	mm ²	549.779
Spasi		Input	mm	100
Batas Penentu Spasi Max	Tabel 9.7.6.2.2	0.33 * (f _c ') ^{0.5} * b * d	N	491200.2722
Cek Spasi Max	Tabel 9.7.6.2.2	V _u /Φ-V _c > batas -> rapat		Renggang
Spasi Max 1	Tabel 9.7.6.2.2	d / 4 atau d / 2	mm	314.50
Spasi Max 2	Tabel 9.7.6.2.2	300 mm atau 600 mm	mm	600.00
Cek Spasi				OK

Tabel L5.27: *Lanjutan.*

Luas per Spasi			mm ² /mm	5.498
Luas per Spasi Minimum 1	9.6.4.2	$0.062 * (f_c')^{0.5} * b / f_{yv}$	mm ² /mm	0.376
Luas per Spasi Minimum 2	9.6.4.2	$0.35 * b / f_{yv}$	mm ² /mm	0.359
Cek Luas per Spasi				OK
V_s	22.5.10.5.3	$A_v * f_{yv} * d / s$	N	1348662
Batas V_s	22.5.1.2	$0.66 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	982401
V_c	22.5.5.1	$0.17 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	253043
ϕ	12.5.3.2, 21.2.4			0.75
V_n		$V_c + V_s$	N	1235443
V_u			N	557343
$\phi V_n / V_u$				1.662
Cek Kapasitas		$\phi V_n / V_u \geq 1 ?$		OK
Lapangan				
Jumlah Kaki		Input		6
A_v		$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	471.239
Spasi		Input	mm	150
Batas Penentu Spasi Max	Tabel 9.7.6.2.2	$0.33 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	491200.2722
Cek Spasi Max	Tabel 9.7.6.2.2	$V_u / \Phi - V_c > \text{batas} \rightarrow \text{rapat}$		Renggang
Spasi Max 1	Tabel 9.7.6.2.2	$d / 4 \text{ atau } d / 2$		314.50
Spasi Max 2	Tabel 9.7.6.2.2	300 mm atau 600 mm	mm	600.00
Cek Spasi				OK
Luas per Spasi			mm ² /mm	3.142
Luas per Spasi Minimum 1	9.6.4.2	$0.062 * (f_c')^{0.5} * b / f_{yv}$	mm ² /mm	0.376
Luas per Spasi Minimum 2	9.6.4.2	$0.35 * b / f_{yv}$	mm ² /mm	0.359
Cek Luas per Spasi				OK
V_s	22.5.10.5.3	$A_v * f_{yv} * d / s$	N	770664
Batas V_s	22.5.1.2	$0.66 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	982401
V_c	22.5.5.1	$0.17 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	253043
ϕ	12.5.3.2, 21.2.4			0.75
V_n		$V_c + V_s$		1023707
V_u			N	494638.6
$\phi V_n / V_u$				1.552
Cek Kapasitas		$\phi V_n / V_u \geq 1 ?$		OK

6) Desain Torsi balok anak 6 meter.

Tabel L.5.28: Desain Geser balok anak 6 meter.

Parameter	Pasal Referensi SNI 2847:2019	Persamaan	Satuan	Nilai
Properti Material dan Penampang				
Lebar Balok, b		Dari Sheet Desain Lentur	mm	400
Tinggi Balok, h		Dari Sheet Desain Lentur	mm	700
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b		Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d_{st}		Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d_s		Dari Sheet Desain Lentur	mm	10
Selimum Bersih, c_c		Dari Sheet Desain Lentur	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d		Dari Sheet Desain Lentur	mm	629
Kuat Tekan Beton, f_c'		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_{yv}		Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8000

Tabel L5.28: *Lanjutan.*

Parameter Geometri Penampang untuk Perhitungan Torsi				
A_{cp}		$b \cdot h$	mm ²	280000
P_{cp}		$2 \cdot (b + h)$	mm	2200
x_o		$b - 2c_c - d_s$	mm	290
y_o		$h - 2c_c - d_s$	mm	590
A_{oh}	R22.7.6.1.1	$x_o \cdot y_o$	mm ²	171100
A_o	22.7.6.1.1	$0.85 A_{oh}$	mm ²	145435
P_h	22.7.6.1	$2 \cdot (x_o + y_o)$	mm	1760
Gaya Dalam				
T_u		Input	kN m	165.7311
Pengecekan Kebutuhan Tulangan Torsi				
T_{cr}	22.7.5.1	$0.33 \cdot (f_c')^{0.5} \cdot A_{cp}^2 / P_{cp}$	N mm	69573098
ϕ	Tabel 21.2.1			0.75
$\phi T_{cr} / 4$			N mm	13044956
Perlu Tulangan Torsi?	Tabel 22.7.4.1	$T_u > \phi T_{cr} / 4$?		Iya
Perhitungan di bawah ini harus diperiksa				
Pengecekan Kecukupan Dimensi Penampang				
Jenis Torsi		Statis Tertentu = Keselimbangan, Statis Tak Tentu = Kompatibilitas		Kompatibilitas
T_u Pakai	22.7.3.2, 22.7.5	ϕT_{cr} atau T_u	N mm	52179824
V_u		Dari Sheet Desain Geser	N	557343
V_c	22.5.5.1	$0.17 \cdot (f_c')^{0.5} \cdot b \cdot d$	N	253043
Tegangan Ultimate Geser+Torsi	22.7.7.1	$\{ [V_u / b \cdot d]^2 + [T_u P_h / (1.7 A_{oh})]^2 \}^{0.5}$	MPa	2.883
Kapasitas Tegangan Beton	22.7.7.1	$\phi \cdot \{ [V_c / (b \cdot d)] + 0.66 \cdot (f_c')^{0.5} \}$	MPa	3.683
Cek Dimensi Penampang	22.7.7.1	Ruas Kiri <= Ruas Kanan ?		OK
Parameter Umum Lainnya				
f_y / f_{yt}		Kuat Leleh Baja Tulangan Torsi = Kuat Leleh Baja Tulangan Lentur dan Geser		1
θ	22.7.6.1.2	θ diambil untuk balok komponen struktur non prategang	°	45
Penulangan Transversal Torsi				
n kaki Tumpuan		Dari Sheet Desain Geser		7
n kaki Lapangan		Dari Sheet Desain Geser		6
s Tumpuan		Dari Sheet Desain Geser	mm	100
s Lapangan		Dari Sheet Desain Geser	mm	150
s max 1	9.7.6.3.3	$P_h / 8$	mm	220
s max 2	9.7.6.3.3	300 mm	mm	300
Cek Spasi Tumpuan		s Tumpuan >= s max ?		OK
Cek Spasi Lapangan		s Lapangan >= s max ?		OK
A_{vt} / s Tumpuan Pasang		$n \cdot \pi / 4 \cdot d_s^2 / s$	mm ² /mm	5.498
A_{vt} / s Tumpuan Pasang		$n \cdot \pi / 4 \cdot d_s^2 / s$	mm ² /mm	3.142
A_t / s	22.7.6.1	$T_u / (2 \cdot \phi \cdot A_o \cdot f_{yv})$	mm ² /mm	0.613
A_v / s Tumpuan Perlu		$(V_u \text{ Tumpuan} / \phi - V_c) / (f_{yv} \cdot d)$	mm ² /mm	1.998
A_v / s Lapangan Perlu		$(V_u \text{ Lapangan} / \phi - V_c) / (f_{yv} \cdot d)$	mm ² /mm	1.657
A_{vt} / s Tumpuan Perlu	R9.5.4.3	$2 \cdot A_t / s + A_v / s$		3.224
A_{vt} / s Lapangan Perlu	R9.5.4.3	$2 \cdot A_t / s + A_v / s$		2.884
A_{vt} / s min 1	9.6.4.2	$0.062 \cdot (f_c')^{0.5} \cdot b / f_{yv}$		0.376
A_{vt} / s min 2	9.6.4.2	$0.35 \cdot b / f_{yv}$		0.359
Cek Geser + Torsi Tumpuan		A_{vt} / s Pasang >= A_{vt} / s Perlu dan min ?		OK
Cek Geser + Torsi Lapangan		A_{vt} / s Pasang >= A_{vt} / s Perlu dan min ?		OK
Penulangan Longitudinal Torsi				
d_b atau d_{st}			mm	22
d_b min	9.7.5.2	0.042 s	mm	6.3
Cek d_b		$d_b \geq d_b \text{ min ?}$		OK
As Perlu Tumpuan Atas		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	4893.971
As Perlu Tumpuan Bawah		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	4531.446
As Perlu Lapangan Atas		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	2454.024
As Perlu Lapangan Bawah		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	2500.317
A_l	22.7.6.1	$A_t / s \cdot P_h$	mm ²	1079.420
A_l min	9.6.4.3	$0.42 \cdot (f_c')^{0.5} \cdot A_{cp} / f_y - (A_t/s) \cdot P_h$	mm ²	704.506
$A_v + A_l$ Perlu Tumpuan			mm ²	10504.837
$A_v + A_l$ Perlu Lapangan			mm ²	6033.761
n Tumpuan Atas		Dari Sheet Desain Lentur		15
n Tumpuan Tengah		Input (Disarankan Kelipatan 2)		2
n Tumpuan Bawah		Dari Sheet Desain Lentur		14
n Tumpuan Vertikal		$2 + n \text{ Tengah} / 2$		3
n Lapangan Atas		Dari Sheet Desain Lentur		8
n Lapangan Tengah		Input (Disarankan Kelipatan 2)		2
n Lapangan Bawah		Dari Sheet Desain Lentur		8
n Tumpuan Vertikal		$2 + n \text{ Tengah} / 2$		3
Spasi Horizontal Tumpuan		$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	20
Spasi Vertikal Tumpuan		$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	279
Spasi Horizontal Lapangan		$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	37
Spasi Vertikal Lapangan		$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	279

Tabel L5.28: Lanjutan.

Cek Spasi Tulangan Longitudinal Tumpuan	9.6.5.1	Spasi ≥ 300 mm ?		OK
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Lapangan	9.6.5.1	Spasi ≥ 300 mm ?		OK
$A_s + A_t$ Pasang Tumpuan			mm ²	11784.114
$A_s + A_t$ Pasang Lapangan			mm ²	6842.389
Cek Lentur + Torsi Tumpuan		$A_s + A_t$ Pasang $\geq A_s + A_t$ Perlu ?		OK
Cek Lentur + Torsi Lapangan		$A_s + A_t$ Pasang $\geq A_s + A_t$ Perlu ?		OK

7) Desain Lentur balok induk 5 meter.

Tabel L.5.29: Desain Lentur balok induk 5 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang Balok, L			Input	mm	5000
Lebar Balok, b			Input	mm	450
Tinggi Balok, h			Input	mm	850
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	18.6.4.1	2 * h	mm	1700
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Input	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d _{bt}			Input	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Input	mm	10
Selimum Bersih, c _c			Input	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d			h - c _c - d _s - d _b /2	mm	779
Kuat Tekan Beton, f _c '			Input	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Input	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}			Input	MPa	390
β ₁	10.2.7.3	Tabel 22.2.2.4.3	0.65 ≤ 0.85 - 0.05 * (f _c ' - 28) / 7 ≤ 0.85		0.8000
Panjang Kolom, c ₁			Input (Sisi tegak lurus lebar balok)	mm	800
Lebar Kolom, c ₂			Input (Sisi yang ditempel balok/sejajar lebar balok)	mm	800
L _n			L - c ₁	mm	4200
λ			Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam					
M _{u,tumpuan} (-)			Input	kN-m	-1022.2
M _{u,tumpuan} (+)			Input	kN-m	957.4914
M _{u,lapangan} (-)			Input	kN-m	-554.304
M _{u,lapangan} (+)			Input	kN-m	564.7599
P _u			Input	kN	0
Syarat Gaya dan Geometri					
Syarat Gaya Aksial	21.5.1.1	Tidak dipersyaratkan. Baca R18.6.1 dan 18.6.4.7	P _u ≤ 0.1 A _g f _c ' ?		OK
Syarat Tinggi Efektif	21.5.1.2	18.6.2.1	L _n ≥ 4d ?		OK
Syarat Lebar 1	21.5.1.3	18.6.2.1	b ≥ min(0.3h, 250 mm) ?		OK
Syarat Lebar 2	21.5.1.4	18.6.2.1	b ≤ c ₂ + 2 * min (c ₂ , 0.75 c ₁) ?		OK
Penulangan Lentur					
Tumpuan Negatif					
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n			Input		11
d _b				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			(b - 2 c _c - 2 d _s - n * d _b) / (n - 1)	mm	8.800
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih ≥ d _b dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis					2
As Pasang			n * π/4 * d _b ²	mm ²	4181.460
As _{min,1}	10.5.1	9.6.1.2	(f _c ') ^{0.5} / (4 * f _y) * b * d	mm ²	1329.411
As _{min,2}	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	1.4 / (4 * f _y) * b * d	mm ²	1258.385

Tabel L5.29: *Lanjutan.*

Cek As min			As Pasang $\geq$ As min ?		OK
ρ			As / (b * d)		1.19%
$\rho_{max,1}$	B.10.3	Tidak ada	$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f'_c / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.77%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{max}$?		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	As * fy / (0.85 * fc' * b)	mm	121.813
Mn	10.2.7.1	22.2.2.4.1	As * fy * (d - a/2)	kN-m	1171.045
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	152.266
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	(d - c) / c * 0.003		0.012
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * Mn$	kN-m	1053.940
Mu,tumpuan (-)				kN-m	1022.204
Cek Kapasitas			$\phi M_n > M_u$?		OK
As Perlu			Mu / [fy * (d - a/2)]	mm ²	3649.990
Tumpuan Positif					
n			Input		10
db				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	12.222
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		TIDAK
Jumlah Lapis					2
As Pasang			$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	3801.327
As _{min,1}	10.5.1	9.6.1.2	$(f'_c)^{0.5} / (4 * f'_c) * b * d$	mm ²	1329.411
As _{min,2}	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1258.385
As _{min,4}	21.5.2.2	18.6.3.2	0.5 * As Tumpuan Negatif	mm ²	2090.730
Cek As min			As Pasang $\geq$ As min ?		OK
ρ			As / (b * d)		1.08%
$\rho_{max,1}$	B.10.3		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f'_c / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.77%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{max}$?		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	As * fy / (0.85 * fc' * b)	mm	110.739
Mn	10.2.7.1	22.2.2.4.1	As * fy * (d - a/2)	kN-m	1072.795
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	138.424
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	(d - c) / c * 0.003		0.014
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * Mn$	kN-m	965.515
Mu				kN-m	957.491
Cek $\phi M_n > M_u$			$\phi M_n > M_u$?		OK
As Perlu			Mu / [fy * (d - a/2)]	mm ²	3392.762
Lapangan Negatif					
n			Input		6
db				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	39.600
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis					1
As Pasang			$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	2280.796
As _{min,1}	10.5.1	9.6.1.2	$(f'_c)^{0.5} / (4 * f'_c) * b * d$	mm ²	1329.411
As _{min,2}	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1258.385
As _{min,4}	21.5.2.2	18.6.3.2	0.25 * As Tumpuan Negatif	mm ²	1045.365
Cek As min			As Pasang $\geq$ As min ?		OK
ρ			As / (b * d)		0.65%
$\rho_{max,1}$	B.10.3		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f'_c / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.77%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek As max			$\rho \leq \rho_{max}$?		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	As * fy / (0.85 * fc' * b)	mm	66.443
Mn	10.2.7.1	22.2.2.4.1	As * fy * (d - a/2)	kN-m	663.378
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	83.054
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	(d - c) / c * 0.003		0.025
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * Mn$	kN-m	597.040
Mu				kN-m	554.304
Cek $\phi M_n > M_u$			$\phi M_n > M_u$?		OK
As Perlu			Mu / [fy * (d - a/2)]	mm ²	1905.782
Lapangan Positif					
n			Input		6
db				mm	22
Jarak Bersih Antar Tulangan			$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	39.600
Cek Jarak Bersih	7.6.1	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis					1
As Pasang			$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	2280.796

Tabel L5.29: *Lanjutan.*

$A_{s_{min,1}}$	10.5.1	9.6.1.2	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1329.411
$A_{s_{min,2}}$	10.5.1, 21.5.2.1	9.6.1.2	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	1258.385
$A_{s_{min,4}}$	21.5.2.2	18.6.3.2	0.25 * A_s Tumpuan Negatif	mm ²	1045.365
Cek A_s min			$A_s \text{ Pasang} \geq A_{s \text{ min}} ?$		OK
ρ			$A_s / (b * d)$		0.65%
$\rho_{max,1}$	B.10.3		$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f_c' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.77%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	18.6.3.1	2.5%		2.50%
Cek A_s max			$\rho \leq \rho_{max} ?$		OK
a	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	66.443
M_n	10.2.7.1	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - a/2)$	kN-m	663.378
c	10.2.7.1	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	83.054
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.025
ϕ	S9.3.2	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n			$\phi * M_n$	kN-m	597.040
M_u				kN-m	564.760
Cek $\phi M_n > M_u$			$\phi M_n > M_u ?$		OK
A_s Perlu			$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	1941.733

8) Desain Geser balok induk 5 meter.

Tabel L.5.30: Desain Geser balok induk 5 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang Balok, L			Dari Sheet Desain Lentur	mm	5000
Lebar Balok, b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	450
Tinggi Balok, h			Dari Sheet Desain Lentur	mm	850
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	18.6.4.1	Dari Sheet Desain Lentur	mm	1700
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d _{bt}			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Dari Sheet Desain Lentur	mm	10
Selimit Bersih, c _c			Dari Sheet Desain Lentur	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d			Dari Sheet Desain Lentur	mm	779
Kuat Tekan Beton, f _c '			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
β ₁	10.2.7.3	Tabel 22.2.2.4.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8000
Panjang Kolom, c ₁			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
Lebar Kolom, c ₂			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
L _n			Dari Sheet Desain Lentur	mm	4200
Gaya Dalam					
V _{u,tumpuan}			Input	kN	1471.3428
V _{u,lapangan}			Input	kN	494.6386
Tumpuan					
Gaya Desain					
V _{g,tumpuan}	S21.5.4	R18.6.5	Input [Kombinasi 1.2 D + L]	kN	188.5254
A _s ⁺ Tumpuan			Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	3801.327
A _s ⁻ Tumpuan			Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	4181.460
a _{pr} ⁺			1.25 a (tumpuan positif)	mm	138.424
a _{pr} ⁻			1.25 a (tumpuan negatif)	mm	152.266
M _{pr} ⁺	S21.5.4	R18.6.5	A _s ⁺ * (1.25 f _y) * (d - a _{pr} ⁺ /2)	N mm	1315341779
M _{pr} ⁻	S21.5.4	R18.6.5	A _s ⁻ * (1.25 f _y) * (d - a _{pr} ⁻ /2)	N mm	1432767389

Tabel L5.30: *Lanjutan.*

V_{sway} atau V_{pr}	21.5.4.1	18.6.5.1	$(M_{pr}^+ + M_{pr}^-) / L_n$	N	654312
V_e	21.5.4.1	18.6.5.1	$V_g + V_{pr}$	N	842837
Tahanan Geser Beton					
V_{pr}				N	654312
$1/2 V_e$				N	421419
P_u				N	0
$A_g f_c' / 20$				N	669375
V_e Diperhitungkan?	21.5.4.2	18.6.5.2	$V_e = 0$ jika $V_{pr} \geq 1/2 V_e$ dan $P_u < A_g f_c' / 20$		Tidak
V_e				N	0
Penulangan Geser					
Jumlah Kaki			Input		5
A_v			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	392.699
Spasi			Input	mm	100
Spasi Max 1	21.5.3.2	18.6.4.4	$d / 4$	mm	194.75
Spasi Max 2	21.5.3.2	18.6.4.4	$6 d_b$	mm	132.00
Spasi Max 3	21.5.3.2	18.6.4.4	150 mm	mm	150.00
Cek Spasi					OK
V_s	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$A_v * f_{yv} * d / s$	N	1193059
Batas V_s	11.4.7.9	22.5.1.2	$0.66 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	1368762
ϕ	9.3.2.3	12.5.3.2, 21.2.4			0.75
V_n			$V_e + V_s$	N	1193059
V_u				N	842837
$\phi V_n / V_u$					1.062
Cek Kapasitas			$\phi V_n / V_u \geq 1$?		OK
Lapangan					
Penulangan Geser					
Jumlah Kaki			Input		2
A_v			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	157.080
Spasi			Input	mm	150
Spasi Max	21.5.3.4	18.6.4.6	$d / 2$	mm	389.50
Cek Spasi					OK
V_s	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$A_v * f_{yv} * d / s$	N	318149
Batas V_s	11.4.7.9	22.5.1.2	$0.66 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	1368762
V_e	11.2.1.1	22.5.5.1	$0.17 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	352560
ϕ	9.3.2.3	12.5.3.2, 21.2.4			0.75
V_n			$V_e + V_s$		670709
V_u				N	494638.6
$\phi V_n / V_u$					1.017
Cek Kapasitas			$\phi V_n / V_u \geq 1$?		OK

9) Desain Geser Torsi induk 5 meter.

Tabel L.5.31: Desain Torsi balok induk 5 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang Balok, L			Dari Sheet Desain Lentur	mm	5000
Lebar Balok, b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	450
Tinggi Balok, h			Dari Sheet Desain Lentur	mm	850
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	18.6.4.1	Dari Sheet Desain Lentur	mm	1700
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Pinggang, d _{bt}			Dari Sheet Desain Lentur	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Dari Sheet Desain Lentur	mm	10

Tabel L5.31: *Lanjutan.*

Selimum Bersih, c_c			Dari Sheet Desain Lentur	mm	50
Tinggi Efektif Balok, d			Dari Sheet Desain Lentur	mm	779
Kuat Tekan Beton, f_c'			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_{yv}			Dari Sheet Desain Lentur	MPa	390
β_1	10.2.7.3	Tabel 22.2.2.4.3	Dari Sheet Desain Lentur		0.8000
Panjang Kolom, c_1			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
Lebar Kolom, c_2			Dari Sheet Desain Lentur	mm	800
L_n			Dari Sheet Desain Lentur	mm	4200
Parameter Geometri Penampang untuk Perhitungan Torsi					
A_{cp}			$b * h$	mm ²	382500
P_{cp}			$2 * (b + h)$	mm	2600
x_o			$b - 2c_c - d_s$	mm	340
y_o			$h - 2c_c - d_s$	mm	740
A_{oh}		R22.7.6.1.1	$x_o * y_o$	mm ²	251600
A_o	11.5.3.6	22.7.6.1.1	$0.85 A_{oh}$	mm ²	213860
P_h		22.7.6.1	$2 * (x_o + y_o)$	mm	2160
Gaya Dalam					
T_u			Input	kN m	152.3467
Pengecekan Kebutuhan Tulangan Torsi					
T_{cr}			$0.33 * (f_c')^{0.5} * A_{cp}^2 / P_{cp}$	N mm	109859468
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
$\phi T_{cr} / 4$				N mm	20598650
Perlu Tulangan Torsi?	11.5.1	Tabel 22.7.4.1	$T_u > \phi T_{cr} / 4$?		Iya
Perhitungan di bawah ini harus diperiksa					
Pengecekan Kecukupan Dimensi Penampang					
Jenis Torsi			Statis Tertentu = Keseimbangan, Tak Tentu = Kompatibilitas	Statis	Kompatibilitas
T_u Pakai	11.5.2.2	22.7.3.2, 22.7.5	ϕT_{cr} atau T_u	N mm	82394601
V_u			Dari Sheet Desain Geser	N	842837
V_c	11.2.1.1	22.5.5.1	$0.17 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	352560
Tegangan Ultimate Geser+Torsi	11.5.3.1	22.7.7.1	$\{ [V_u / (b * d)]^2 + [T_u P_h / (1.7 A_{oh}^2)]^2 \}^{0.5}$	MPa	2.918
Kapasitas Tegangan Beton	11.5.3.1	22.7.7.1	$\phi * \{ [V_c / (b * d)] + 0.66 * (f_c')^{0.5} \}$	MPa	3.683
Cek Dimensi Penampang	11.5.3.1	22.7.7.1	Ruas Kiri $\leq$ Ruas Kanan ?		OK
Parameter Umum Lainnya					
f_y / f_{yt}			Kuat Leleh Baja Tulangan Torsi = Kuat Leleh Baja Tulangan Lentur dan Geser		1
θ	11.5.3.6	22.7.6.1.2	θ diambil untuk balok komponen struktur non prategang	°	45
Penulangan Transversal Torsi					
n kaki Tumpuan			Dari Sheet Desain Geser		7
n kaki Lapangan			Dari Sheet Desain Geser		5
s Tumpuan			Dari Sheet Desain Geser	mm	100
s Lapangan			Dari Sheet Desain Geser	mm	150
s max 1	11.5.6.1	9.7.6.3.3	$P_h / 8$	mm	270
s max 2	11.5.6.1	9.7.6.3.3	300 mm	mm	300
Cek Spasi Tumpuan			s Tumpuan $\geq$ s max ?		OK
Cek Spasi Lapangan			s Lapangan $\geq$ s max ?		OK
A_{vt} / s Tumpuan Pasang			$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	5.498
A_{vt} / s Tumpuan Pasang			$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	2.618
A_t / s	11.5.3.6	22.7.6.1	$T_u / (2 * \phi * A_o * f_{yv})$	mm ² /mm	0.659
A_v / s Tumpuan Perlu			$(V_u \text{ Tumpuan} / \phi - V_c) / (f_{yv} * d)$	mm ² /mm	3.699
A_v / s Lapangan Perlu			$(V_u \text{ Lapangan} / \phi - V_c) / (f_{yv} * d)$	mm ² /mm	1.010
A_{vt} / s Tumpuan Perlu	11.5.5.2	R9.5.4.3	$2 * A_t / s + A_v / s$		5.016
A_{vt} / s Lapangan Perlu	11.5.5.2	R9.5.4.3	$2 * A_t / s + A_v / s$		2.328
A_{vt} / s min 1	11.5.5.2	9.6.4.2	$0.062 * (f_c')^{0.5} * b / f_{yv}$		0.423
A_{vt} / s min 2	11.5.5.2	9.6.4.2	$0.35 * b / f_{yv}$		0.404
Cek Geser + Torsi Tumpuan			A_{vt} / s Pasang $\geq A_{vt} / s$ Perlu dan min ?		OK
Cek Geser + Torsi Lapangan			A_{vt} / s Pasang $\geq A_{vt} / s$ Perlu dan min ?		OK
Penulangan Longitudinal Torsi					
d_s atau d_{bt}				mm	22
d_b , min	11.5.6.2	9.7.5.2	0.042 s	mm	6.3
Cek d_b			$d_b \geq d_b \text{ min ?}$		OK
As Perlu Tumpuan Atas			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	3649.990
As Perlu Tumpuan Bawah			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	3392.762

Tabel L5.31: *Lanjutan.*

As Perlu Lapangan Atas			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	1905.782
As Perlu Lapangan Bawah			Dari Sheet Desain Geser	mm ²	1941.733
A ₁	11.5.3.7	22.7.6.1	$A_1 / s * P_b$	mm ²	1422.548
A ₁ min	11.5.5.3	9.6.4.3	$0.42 * (f'_c)^{0.5} * A_{cp} / f_y - (A_1/s) * P_b$	mm ²	1014.421
A _s + A ₁ Perlu Tumpuan				mm ²	8465.301
A _s + A ₁ Perlu Lapangan				mm ²	5270.064
n Tumpuan Atas			Dari Sheet Desain Lentur		11
n Tumpuan Tengah			Input (Disarankan Kelipatan 2)		4
n Tumpuan Bawah			Dari Sheet Desain Lentur		10
n Tumpuan Vertikal			$2 + n \text{ Tengah} / 2$		4
n Lapangan Atas			Dari Sheet Desain Lentur		6
n Lapangan Tengah			Input (Disarankan Kelipatan 2)		4
n Lapangan Atas			Dari Sheet Desain Lentur		6
n Tumpuan Vertikal			$2 + n \text{ Tengah} / 2$		4
Spasi Horizontal Tumpuan			$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	34
Spasi Vertikal Tumpuan			$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	236
Spasi Horizontal Lapangan			$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	62
Spasi Vertikal Lapangan			$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	236
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Tumpuan	11.5.6.2		Spasi ≥ 300 mm ?		OK
Cek Spasi Tulangan Longitudinal Lapangan	11.5.6.2		Spasi ≥ 300 mm ?		OK
A _s + A ₁ Pasang Tumpuan				mm ²	9503.318
A _s + A ₁ Pasang Lapangan				mm ²	6082.123
Cek Lentur + Torsi Tumpuan			A _s + A ₁ Pasang $\geq$ A _s + A ₁ Perlu ?		OK
Cek Lentur + Torsi Lapangan			A _s + A ₁ Pasang $\geq$ A _s + A ₁ Perlu ?		OK

L5.2.2 Kolom

1) Desain Longitudinal Kolom 1 meter.

Tabel L.5.32: Desain Longitudinal Kolom 1meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang/Tinggi Kolom, L			Input	mm	4000
Sisi Pendek Kolom, b			Input	mm	1000
Sisi Panjang Kolom, h			Input	mm	1000
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Input	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Input	mm	10
Selimit Bersih, c _c			Input	mm	50
Kuat Tekan Beton, f _c '			Input	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Input	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}			Input	MPa	390
Tinggi Balok, h _b			Input	mm	850
L _n			L - h _b	mm	3150
Syarat Gaya dan Geometri					
Syarat Gaya Aksial	21.6.1	Tidak dipersyaratkan. Baca R18.7.1	$P_u > 0.1 A_g f_c' ?$		OK
Syarat Sisi Terpendek	21.6.1.1	18.7.2.1	$b \geq 300 \text{ mm} ?$		OK
Syarat Rasio Dimensi Penampang	21.6.1.2	18.7.2.1	$b/h \geq 0.4 ?$		OK
Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur (Menggunakan PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll.)					
Jumlah Tulangan, n			Input		28
Luas Tulangan Longitudinal, A _s			$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	10643.7
Rasio Tulangan, ρ			$A_s / (b * h)$		1.06%
Cek ρ _{min} dan ρ _{max}	21.6.3.1	18.7.4.1	$1\% \leq \rho \leq 6\%$		OK

Tabel L5.32: *Lanjutan.*

Pengecekan Strong Column - Weak Beam (SCWB)					
Momen Nominal Kolom, M_{nc}			Input (M_n dari kondisi P_{max} dan P_{min})	kN m	1351.856
M_n^- Tumpuan Balok			Input	kN m	1171.045
M_n^+ Tumpuan Balok			Input	kN m	1072.795
Cek SCWB	21.6.2.2	18.7.3.2	$2 * M_{nc} \geq 1.2 * (M_n^- + M_n^+)$		OK

2) Desain Transversal Kolom 1 meter.

Tabel L.5.33: Desain Transversal Kolom 1meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang/Tinggi Kolom, L			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	4000
Sisi Pendek Kolom, b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	1000
Sisi Panjang Kolom, h			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	1000
Diameter Tulangan Longitudinal, d _l			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	10
Selimit Bersih, c _c			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	50
Kuat Tekan Beton, f _c '			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{vy}			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	390
Tinggi Balok, h _b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	850
L _n			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	3150
Panjang Zona Sendi Plastis					
l _{o1}	21.6.4.1	18.7.5.1	h	mm	1000.0
l _{o2}	21.6.4.1	18.7.5.1	L _n / 6	mm	525.0
l _{o3}	21.6.4.1	18.7.5.1	450 mm	mm	450
l _o	21.6.4.1	18.7.5.1	Max (l _{o1} ; l _{o2} ; l _{o3})	mm	1000.0
Tulangan Transversal Zona Sendi Plastis/Tumpuan					
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n1			Input		10
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n2			Input		10
Spasi, s			Input	mm	100
Spasi Kaki Terbesar, x _{i max}	S21.6.4.2	R18.7.5.2	Input	mm	250
A _{sh} 1			n *π/4 *d _s ²	mm ²	785.398
A _{sh} 2			n *π/4 *d _s ²	mm ²	785.398
A _{sh} / s, 1				mm ² / mm	7.854
A _{sh} / s, 2				mm ² / mm	7.854
Confinement /Kekangan Zona Sendi Plastis					
Lebar Penampang Inti Beton, b _c	S21.6.4.2	R18.7.5.2	b - 2c _c	mm	900
Panjang Penampang Inti Beton, h _c	S21.6.4.2	R18.7.5.2	h - 2c _c	mm	900
Luas Penampang Kolom, A _g			b * h	mm ²	1000000
Luas Penampang Inti Beton, A _{ch}			b _c * h _c	mm ²	810000
Sisi Pendek/Sumbu Lemah					
A _{sh} /s min, 1	21.6.4.4	18.7.5.4	0.3 (b _c * f _c ' / f _{vy}) * (A _g / A _{ch} - 1)	mm ²	5.684
A _{sh} /s min, 2	21.6.4.4	18.7.5.4	0.09 * b _c * f _c ' / f _{vy}	mm ²	7.269
Cek A _{sh} /s 1			A _{sh} /s 1 >= Ash/s min ?		OK
Sisi Panjang/Sumbu Kuat					
A _{sh} /s min, 1	21.6.4.4	18.7.5.4	0.3 (h _c * f _c ' / f _{vy}) * (A _g / A _{ch} - 1)	mm ²	5.684
A _{sh} /s min, 2	21.6.4.4	18.7.5.4	0.09 * h _c * f _c ' / f _{vy}	mm ²	7.269
Cek A _{sh} /s 2			A _{sh} /s 2 >= Ash/s min ?		OK

Tabel L5.33: *Lanjutan.*

Cek Spasi					
s_{max1}	21.6.4.3	18.7.5.3	$b / 4$	mm	250
s_{max2}	21.6.4.3	18.7.5.3	$6 * d_b$	mm	132
h_x	21.6.4.3	18.7.5.3	$x_{i\ max}$	mm	250
$s_{max3} = s_o$	21.6.4.3	18.7.5.3	$100 \leq 100 + (350 - h_x) / 3 \leq 150$	mm	133.333
s_{max}	21.6.4.3	18.7.5.3	$\text{Min} (s_{max1}, s_{max2}, s_{max3})$	mm	132.000
Cek Spasi					OK
Kuat Geser Zona Sendi Plastis					
Gaya Geser Desain (Perlu input dari PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll. dengan $f_{pr} = 1.25 f_y$)					
M_{pr} Kolom			Input, (nilai terbesar)	kN m	3985.369
V_{u1}	S21.5.4	18.7.6.1	$2 * M_{pr}$ Kolom / L_n	N	2530393
Gaya Geser Hasil Analisis Struktur					
V_{u2} , Sumbu Lemah			Dari Sheet Gaya Dalam	N	496196
V_{u2} , Sumbu Kuat			Dari Sheet Gaya Dalam	N	1020496
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah					
V_u			$\text{Max} (V_{u1}, V_{u2})$	N	2530393
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} h d; d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	N	936485
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	$V_u / \phi - V_c$	N	2437373
A_s/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d); d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	6.7273
A_s/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} h / f_{yv}$	mm ² / mm	0.9405
A_s/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 h / f_{yv}$	mm ² / mm	0.8974
Cek A_s/s			$A_{sh}/s \geq \text{Max} (A_s/s \text{ Perlu}, A_s/s \text{ Min}) ?$		OK
Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat					
V_u			$\text{Max} (V_{u1}, V_{u2})$	N	2530393
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} b d; d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	936485
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	$V_u / \phi - V_c$	N	2437373
A_s/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d); d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	6.7273
A_s/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.9405
A_s/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.8974
Cek A_s/s			$A_{sh}/s \geq \text{Max} (A_s/s \text{ Perlu}, A_s/s \text{ Min}) ?$		OK
Tulangan Transversal Luar Zona Sendi Plastis/Tumpuan					
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n1			Input		2
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n2			Input		2
Spasi, s			Input	mm	100
A_v Sumbu Lemah			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	157.080
A_v Sumbu Kuat			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	157.080
Confinement/Kekangan Luar Zona Sendi Plastis					
Spasi max 1	21.6.4.5	18.7.5.5	$6 d_b$	mm	132.0
Spasi max 2	21.6.4.5	18.7.5.5	150 mm	mm	150.0
Cek Spasi			$\text{Spasi} \leq \text{Spasi Max} ?$		OK
Kuat Geser Luar Zona Sendi Plastis					
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah					
V_u			Dari Sheet Gaya Dalam	N	496196
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} h d; d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	N	936485
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	$\text{Max} (V_u / \phi - V_{ci}, 0)$		0
A_v/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d); d = b - c_c - d_s - d_b / 2$		0.0000
A_v/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.0000
A_v/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.0000
Cek A_v/s			$A_v/s \geq A_v/s \text{ Perlu} ?$		OK
Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat					
V_u			Dari Sheet Gaya Dalam	N	1020496
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} b d; d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	936485
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	$\text{Max} (V_u / \phi - V_{ci}, 0)$		424176
A_v/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d); d = h - c_c - d_s - d_b / 2$		1.1708
A_v/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.9405
A_v/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.8974
Cek A_v/s			$A_v/s \geq A_v/s \text{ Perlu} ?$		OK

3) Desain Gaya dalam kolom 1 meter.

Tabel L.5.34: Desain Gaya dalam Kolom 1meter.

Aksial - Lentur				Geser		Gaya Tekan Terkecil	
Kondisi	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Tumpuan		Nu (kN)	32.34
P max	12074.851	221.408	93.077	V2 (kN)	496.196		
P min	-24197.710	-81.452	-21.618	V3 (kN)	1020.496		
M2 Max	5439.673	3402.938	720.202	Lapangan			
M2 Min	-18291.235	-1619.914	-620.607	V2 (kN)	496.196		
M3 Max	8777.182	385.019	747.959	V3 (kN)	1020.496		
M3 Min	-18428.623	-374.866	-747.307				

4) Desain Longitudinal kolom 0,8 meter.

Tabel L.5.35: Desain Longitudinal kolom 0,6 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang/Tinggi Kolom, L			Input	mm	4000
Sisi Pendek Kolom, b			Input	mm	800
Sisi Panjang Kolom, h			Input	mm	800
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Input	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Input	mm	10
Selimit Bersih, c _c			Input	mm	50
Kuat Tekan Beton, f _c '			Input	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Input	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}			Input	MPa	390
Tinggi Balok, h _b			Input	mm	850
L _n			L - h _b	mm	3150
Syarat Gaya dan Geometri					
Syarat Gaya Aksial	21.6.1	Tidak dipersyaratkan. Baca R18.7.1	$P_u > 0.1 A_g f_c' ?$		OK
Syarat Sisi Terpendek	21.6.1.1	18.7.2.1	$b \geq 300 \text{ mm} ?$		OK
Syarat Rasio Dimensi Penampang	21.6.1.2	18.7.2.1	$b/h \geq 0.4 ?$		OK
Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur (Menggunakan PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll)					
Jumlah Tulangan, n			Input		18
Luas Tulangan Longitudinal, A _s			$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	6842.4
Rasio Tulangan, ρ			$A_s / (b * h)$		1.07%
Cek ρ _{min} dan ρ _{max}	21.6.3.1	18.7.4.1	$1\% \leq \rho \leq 6\%$		OK
Pengecekan Strong Column - Weak Beam (SCWB)					
Momen Nominal Kolom, M _{nc}			Input (M _n dari kondisi P _{max} dan P _{min})	kN m	1390.178
M _n ⁻ Tumpuan Balok			Input	kN m	1171.045
M _n ⁺ Tumpuan Balok			Input	kN m	1072.795
Cek SCWB	21.6.2.2	18.7.3.2	$2 * M_{nc} \geq 1.2 * (M_n^- + M_n^+)$		OK

5) Desain Transversal kolom 0,8 meter.

Tabel L.5.36: Desain Transversal kolom 0,6 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang/Tinggi Kolom, L			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	4000
Sisi Pendek Kolom, b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	800
Sisi Panjang Kolom, h			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	800
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	10
Selimit Bersih, c _c			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	50
Kuat Tekan Beton, f _c '			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{vy}			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	390
Tinggi Balok, h _b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	850
L _n			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	3150
Panjang Zona Sendi Plastis					
l _{o1}	21.6.4.1	18.7.5.1	h	mm	800.0
l _{o2}	21.6.4.1	18.7.5.1	L _n / 6	mm	525.0
l _{o3}	21.6.4.1	18.7.5.1	450 mm	mm	450
l _o	21.6.4.1	18.7.5.1	Max (l _{o1} ; l _{o2} ; l _{o3})	mm	800.0
Tulangan Transversal Zona Sendi Plastis/Tumpuan					
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n1			Input		10
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n2			Input		10
Spasi, s			Input	mm	100
Spasi Kaki Terbesar, x _{i max}	S21.6.4.2	R18.7.5.2	Input	mm	250
A _{sh} 1			n *π/4 *d _s ²	mm ²	785.398
A _{sh} 2			n *π/4 *d _s ²	mm ²	785.398
A _{sh} / s, 1				mm ² / mm	7.854
A _{sh} / s, 2				mm ² / mm	7.854
Confinement /Kekangan Zona Sendi Plastis					
Lebar Penampang Inti Beton, b _c	S21.6.4.2	R18.7.5.2	b - 2c _c	mm	700
Panjang Penampang Inti Beton, h _c	S21.6.4.2	R18.7.5.2	h - 2c _c	mm	700
Luas Penampang Kolom, A _g			b * h	mm ²	640000
Luas Penampang Inti Beton, A _{ch}			b _c * h _c	mm ²	490000
Sisi Pendek/Sumbu Lemah					
A _{sh} /s min, 1	21.6.4.4	18.7.5.4	0.3 (b _c * f _c ' / f _{vy}) * (A _g / A _{ch} - 1)	mm ²	5.769
A _{sh} /s min, 2	21.6.4.4	18.7.5.4	0.09 * b _c * f _c ' / f _{vy}	mm ²	5.654
Cek A _{sh} /s 1			A _{sh} /s 1 >= Ash/s min ?		OK
Sisi Panjang/Sumbu Kuat					
A _{sh} /s min, 1	21.6.4.4	18.7.5.4	0.3 (h _c * f _c ' / f _{vy}) * (A _g / A _{ch} - 1)	mm ²	5.769
A _{sh} /s min, 2	21.6.4.4	18.7.5.4	0.09 * h _c * f _c ' / f _{vy}	mm ²	5.654
Cek A _{sh} /s 2			A _{sh} /s 2 >= Ash/s min ?		OK
Cek Spasi					
s _{max,1}	21.6.4.3	18.7.5.3	b / 4	mm	200
s _{max,2}	21.6.4.3	18.7.5.3	6 * d _b	mm	132
h _x	21.6.4.3	18.7.5.3	x _{i max}	mm	250
s _{max,3} = s _o	21.6.4.3	18.7.5.3	100 <= 100 + (350 - h _x) / 3 <= 150	mm	133.333
s _{max}	21.6.4.3	18.7.5.3	Min (s _{max1} , s _{max2} , s _{max3})	mm	132.000
Cek Spasi					OK
Kuat Geser Zona Sendi Plastis					
Gaya Geser Desain (Perlu input dari PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll. dengan f _{pr} = 1.25 f _y)					
M _{pr} Kolom			Input, (nilai terbesar)	kN m	1419.500
V _{u1} Kolom	S21.5.4	18.7.6.1	2 * M _{pr} Kolom / L _n	N	901270

Tabel L5.36: *Lanjutan.*

Gaya Geser Hasil Analisis Struktur					
V_{u2} , Sumbu Lemah			Dari Sheet Gaya Dalam	N	294383
V_{u2} , Sumbu Kuat			Dari Sheet Gaya Dalam	N	477155
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah					
V_u			Max (V_{u1} , V_{u2})	N	901270
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} h d$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	N	586553
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	$V_u / \phi - V_c$	N	615140
A_s/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	2.1636
A_s/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} h / f_{yv}$	mm ² / mm	0.7524
A_s/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 h / f_{yv}$	mm ² / mm	0.7179
Cek A_s/s			$A_{sh}/s \geq \text{Max} (A_s/s \text{ Perlu}, A_s/s \text{ Min})$?		OK
Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat					
V_u			Max (V_{u1} , V_{u2})	N	901270
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} b d$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	586553
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	$V_u / \phi - V_c$	N	615140
A_s/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	2.1636
A_s/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.7524
A_s/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.7179
Cek A_s/s			$A_{sh}/s \geq \text{Max} (A_s/s \text{ Perlu}, A_s/s \text{ Min})$?		OK
Tulangan Transversal Luar Zona Sendi Plastis/Tumpuan					
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n1			Input		2
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n2			Input		2
Spasi, s			Input	mm	100
A_s Sumbu Lemah			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	157.080
A_s Sumbu Kuat			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	157.080
Confinement/Kekangan Luar Zona Sendi Plastis					
Spasi max 1	21.6.4.5	18.7.5.5	$6 d_b$	mm	132.0
Spasi max 2	21.6.4.5	18.7.5.5	150 mm	mm	150.0
Cek Spasi			Spasi $\leq$ Spasi Max ?		OK
Kuat Geser Luar Zona Sendi Plastis					
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah					
V_u			Dari Sheet Gaya Dalam	N	294383
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} h d$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	N	586553
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	Max ($V_u / \phi - V_c$; 0)		0
A_s/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$		0.0000
A_s/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.0000
A_s/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.0000
Cek A_s/s			$A_s/s \geq A_s/s \text{ Perlu}$?		OK
Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat					
V_u			Dari Sheet Gaya Dalam	N	477155
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} b d$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	586553
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	Max ($V_u / \phi - V_c$; 0)		49654
A_s/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$		0.1746
A_s/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.7524
A_s/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.7179
Cek A_s/s			$A_s/s \geq A_s/s \text{ Perlu}$?		OK

6) Desain Gaya dalam kolom 0,8 meter.

Tabel L.5.37: Desain Gaya dalam kolom 0,6 meter.

Aksial - Lentur				Geser		Gaya Tekan Terkecil	
Kondisi	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Tumpuan		Nu (kN)	0.14
P max	5740.9103	74.7692	103.3838	V2 (kN)	294.383		
P min	-10898.4272	-268.6063	-222.6595	V3 (kN)	477.155		
M2 Max	497.8614	998.5693	164.5861	Lapangan			
M2 Min	-6332.966	-918.2781	-140.1136	V2 (kN)	294.383		
M3 Max	-1375.7235	218.2732	545.3462	V3 (kN)	477.155		
M3 Min	-3165.624	-23.3799	-546.0436				

7) Desain Longitudinal kolom 0,6 meter.

Tabel L.5.38: Desain Longitudinal kolom 0,6 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang/Tinggi Kolom, L			Input	mm	4000
Sisi Pendek Kolom, b			Input	mm	600
Sisi Panjang Kolom, h			Input	mm	600
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Input	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Input	mm	10
Selimit Bersih, c _c			Input	mm	50
Kuat Tekan Beton, f _c '			Input	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Input	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{yv}			Input	MPa	390
Tinggi Balok, h _b			Input	mm	850
L _n			L - h _b	mm	3150
Syarat Gaya dan Geometri					
Syarat Gaya Aksial	21.6.1	Tidak dipersyaratkan. Baca R18.7.1	$P_u > 0.1 A_g f_c' ?$		OK
Syarat Sisi Terpendek	21.6.1.1	18.7.2.1	$b \geq 300 \text{ mm} ?$		OK
Syarat Rasio Dimensi Penampang	21.6.1.2	18.7.2.1	$b/h \geq 0.4 ?$		OK
Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur (Menggunakan PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll.)					
Jumlah Tulangan, n			Input		10
Luas Tulangan Longitudinal, A _s			$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	3801.3
Rasio Tulangan, ρ			$A_s / (b * h)$		1.06%
Cek ρ _{min} dan ρ _{max}	21.6.3.1	18.7.4.1	$1\% \leq \rho \leq 6\%$		OK
Pengecekan Strong Column - Weak Beam (SCWB)					
Momen Nominal Kolom, M _{nc}			Input (M _n dari kondisi P _{max} dan P _{min})	kN m	1356.833
M _n ⁻ Tumpuan Balok			Input	kN m	1171.045
M _n ⁺ Tumpuan Balok			Input	kN m	1072.795
Cek SCWB	21.6.2.2	18.7.3.2	$2 * M_{nc} \geq 1.2 * (M_n^- + M_n^+)$		OK

8) Desain Transversal kolom 0,6 meter.

Tabel L.5.39: Desain Transversal kolom 0,6 meter.

Parameter	Pasal Referensi		Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013	SNI 2847:2019			
Properti Material dan Penampang					
Panjang/Tinggi Kolom, L			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	4000
Sisi Pendek Kolom, b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	600
Sisi Panjang Kolom, h			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	600
Diameter Tulangan Longitudinal, d _b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	22
Diameter Tulangan Sengkang, d _s			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	10
Selimit Bersih, c _c			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	50
Kuat Tekan Beton, f' _c			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	35
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f _y			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	390
Kuat Leleh Tul. Transversal, f _{vy}			Dari Sheet Desain Longitudinal	MPa	390
Tinggi Balok, h _b			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	850
L _n			Dari Sheet Desain Longitudinal	mm	3150
Panjang Zona Sendi Plastis					
l _{o1}	21.6.4.1	18.7.5.1	h	mm	600.0
l _{o2}	21.6.4.1	18.7.5.1	L _n / 6	mm	525.0
l _{o3}	21.6.4.1	18.7.5.1	450 mm	mm	450
l _o	21.6.4.1	18.7.5.1	Max (l _{o1} ; l _{o2} ; l _{o3})	mm	600.0
Tulangan Transversal Zona Sendi Plastis/Tumpuan					
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n1			Input		8
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n2			Input		8
Spasi, s			Input	mm	100
Spasi Kaki Terbesar, x _{i max}	S21.6.4.2	R18.7.5.2	Input	mm	250
A _{sh} 1			n *π/4 *d _c ²	mm ²	628.319
A _{sh} 2			n *π/4 *d _c ²	mm ²	628.319
A _{sh} / s, 1				mm ² / mm	6.283
A _{sh} / s, 2				mm ² / mm	6.283
Confinement /Kekangan Zona Sendi Plastis					
Lebar Penampang Inti Beton, b _c	S21.6.4.2	R18.7.5.2	b - 2c _c	mm	500
Panjang Penampang Inti Beton, h _c	S21.6.4.2	R18.7.5.2	h - 2c _c	mm	500
Luas Penampang Kolom, A _g			b * h	mm ²	360000
Luas Penampang Inti Beton, A _{ch}			b _c * h _c	mm ²	250000
Sisi Pendek/Sumbu Lemah					
A _{sh} /s min, 1	21.6.4.4	18.7.5.4	0.3 (b _c * f' _c / f _{vy}) * (A _g / A _{ch} - 1)	mm ²	5.923
A _{sh} /s min, 2	21.6.4.4	18.7.5.4	0.09 * b _c * f' _c / f _{vy}	mm ²	4.038
Cek A _{sh} /s 1			A _{sh} /s 1 >= Ash/s min ?		OK
Sisi Panjang/Sumbu Kuat					
A _{sh} /s min, 1	21.6.4.4	18.7.5.4	0.3 (h _c * f' _c / f _{vy}) * (A _g / A _{ch} - 1)	mm ²	5.923
A _{sh} /s min, 2	21.6.4.4	18.7.5.4	0.09 * h _c * f' _c / f _{vy}	mm ²	4.038
Cek A _{sh} /s 2			A _{sh} /s 2 >= Ash/s min ?		OK
Cek Spasi					
s _{max1}	21.6.4.3	18.7.5.3	b / 4	mm	150
s _{max2}	21.6.4.3	18.7.5.3	6 * d _b	mm	132
h _x	21.6.4.3	18.7.5.3	x _{i max}	mm	250
s _{max3} = s _o	21.6.4.3	18.7.5.3	100 <= 100 + (350 - hx) / 3 <= 150	mm	133.333
s _{max}	21.6.4.3	18.7.5.3	Min (s _{max1} , s _{max2} , s _{max3})	mm	132.000
Cek Spasi					OK
Kuat Geser Zona Sendi Plastis					
Gaya Geser Desain (Perlu input dari PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll. dengan f _{pr} = 1.25 f _y)					
M _{pr} Kolom			Input, (nilai terbesar)	kN m	665.813
V _{u 1}	S21.5.4	18.7.6.1	2 * M _{pr} Kolom / L _n	N	422738
Gaya Geser Hasil Analisis Struktur					
V _{u 2} , Sumbu Lemah			Dari Sheet Gaya Dalam	N	190776
V _{u 2} , Sumbu Kuat			Dari Sheet Gaya Dalam	N	279828
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah					
V _u			Max (V _{u1} , V _{u2})	N	422738
φ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V _c	11.2.1.2	22.5.6.1	0.17 (1 + N _u /(14 A _g)] (f' _c) ^{0.5} h d; d = b - c _c - d _s - d _b / 2	N	319225
V _g Perlu	11.1.1	22.5.10.1	V _u / φ - V _c	N	244426
A _s /s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	V _s / (f _{vy} * d); d = b - c _c - d _s - d _b / 2	mm ² / mm	1.1848
A _s /s Min 1	-	10.6.2.2	0.062 (f' _c) ^{0.5} h / f _{vy}	mm ² / mm	0.5643
A _s /s Min 2	-	10.6.2.2	0.35 h / f _{vy}	mm ² / mm	0.5385
Cek A _s /s			A _s /s 1 >= Max (A _s /s Perlu, A _s /s Min) ?		OK

Tabel L5.39: *Lanjutan.*

Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat					
V_u			Max (V_{u1} ; V_{u2})	N	422738
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} b d$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	319225
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	$V_u / \phi - V_c$	N	244426
A_s/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	1.1848
A_s/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.5643
A_s/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.5385
Cek A_s/s			$A_{sh}/s \geq \text{Max} (A_s/s \text{ Perlu}, A_s/s \text{ Min})$?		OK
Tulangan Transversal Luar Zona Sendi Plastis/Tumpuan					
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n1			Input		2
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n2			Input		2
Spasi, s			Input	mm	100
A_v Sumbu Lemah			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	157.080
A_v Sumbu Kuat			$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	157.080
Confinement/Kekangan Luar Zona Sendi Plastis					
Spasi max 1	21.6.4.5	18.7.5.5	$6 d_b$	mm	132.0
Spasi max 2	21.6.4.5	18.7.5.5	150 mm	mm	150.0
Cek Spasi			Spasi $\leq$ Spasi Max ?		OK
Kuat Geser Luar Zona Sendi Plastis					
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah					
V_u			Dari Sheet Gaya Dalam	N	190776
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} h d$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	N	319225
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	Max ($V_u / \phi - V_c$; 0)		0
A_v/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$		0.0000
A_v/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.0000
A_v/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.0000
Cek A_v/s			$A_v/s \geq A_v/s \text{ Perlu}$?		OK
Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat					
V_u			Dari Sheet Gaya Dalam	N	279828
ϕ	9.3.2.3	Tabel 21.2.1			0.75
V_c	11.2.1.2	22.5.6.1	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} b d$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	319225
V_s Perlu	11.1.1	22.5.10.1	Max ($V_u / \phi - V_c$; 0)		53879
A_v/s Perlu	11.4.7.2	22.5.10.5.3	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$		0.2612
A_v/s Min 1	-	10.6.2.2	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.5643
A_v/s Min 2	-	10.6.2.2	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.5385
Cek A_v/s			$A_v/s \geq A_v/s \text{ Perlu}$?		OK

9) Desain Gaya dalam kolom kolom 0,6 meter.

Tabel L.5.40: Desain Gaya dalam kolom 0,6 meter.

Aksial - Lentur				Geser		Gaya Tekan Terkecil	
Kondisi	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	Tumpuan		Nu (kN)	0.08
P max	859.0725	20.3132	36.1515	V2 (kN)	190.776		
P min	-3659.6733	-383.8425	-89.3851	V3 (kN)	279.828		
M2 Max	-445.9092	497.3694	113.607	Lapangan			
M2 Min	-1196.8272	-555.5756	20.8257	V2 (kN)	190.776		
M3 Max	-870.8486	167.4422	382.852	V3 (kN)	279.828		
M3 Min	-2154.7069	-0.5259	-383.0842				

L5.2.3 Pelat Lantai

L5.2.3 Pelat lantai

1) Desain Pelat lantai 150mm.

Tabel L.5.41: Desain Pelat lantai 150mm.

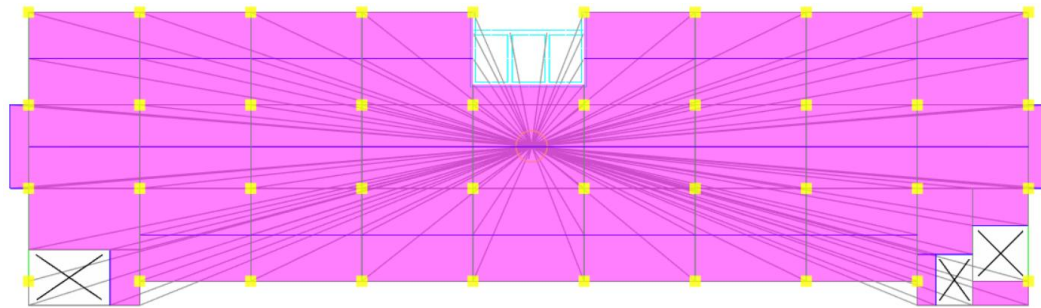
Parameter	Pasal Referensi SNI 2847:2019	Persamaan	Satuan	Nilai
Properti Material dan Penampang				
Panjang Pelat Arah Sumbu 1, L_1		Jarak Antar Balok Induk	mm	6000
Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2		Jarak Antar Balok Induk	mm	5000
Tebal Pelat, t		Input	mm	150
Diameter Tulangan, d_b		Input	mm	10
Selinit Bersih, c_c	Tabel 20.6.1.3.1	Input	mm	20
Tebal Efektif Penampang, d		$h - c_c - d_b - d_b/2$	mm	115
Kuat Tekan Beton, f'_c		Input	MPa	35
Kuat Leleh Tulangan, f_y		Input	MPa	390
Modulus Elastisitas Beton, E_c		$4700 * \sqrt{f'_c}$		27806
β_1	Tabel 22.2.2.4.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f'_c - 28) / 7 \leq 0.85$		0.8000
λ	Tabel 25.4.2.4	Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Gaya Dalam				
M Max akibat M11 Max		Input	kN-m	2.207
M Min akibat M11 Min		Input	kN-m	-4.793
M Max akibat M22 Max		Input	kN-m	3.684
M Min akibat M22 Min		Input	kN-m	-7.321
V_u		Input	kN	13.067
Penulangan Lentur [Analisis untuk per meter lari]				
Momen Positif M11 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / s$ [Analisis untuk per 1 m]		10.0000
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785.398
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	290.769
Cek As min		$As_{Pasang} \geq As_{min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f'_c * b)$	mm	10.296
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	33.648
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	12.870
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.024
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Terealisasi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	30.283
Momen Ultimit, M_u			kN-m	2.207
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M11 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 1 (X)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785.398
As_{min} ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
As_{min} ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	290.769
Cek As min		$As_{Pasang} \geq As_{min} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$As * f_y / (0.85 * f'_c * b)$	mm	10.296
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	33.648
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	12.870
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.024
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Terealisasi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	30.283
Momen Ultimit, M_u			kN-m	4.793
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK

Tabel L5.41: *Lanjutan.*

Momen Positif M22 --> Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785.398
$A_{s_{min}}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s_{min}}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	290.769
Cek As min		As Pasang $\geq A_{s_{min}} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.296
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	30.585
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	12.870
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.024
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereeduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	27.527
Momen Ultimit, M_u			kN-m	3.684
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Momen Negatif M22 --> Tulangan Tumpuan Atas Arah Sumbu 2 (Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785.398
$A_{s_{min}}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s_{min}}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	290.769
Cek As min		As Pasang $\geq A_{s_{min}} ?$		OK
Tinggi Blok Beton, a	22.2.2.4.1	$A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b)$	mm	10.296
Kapasitas Lentur, M_n	22.2.2.4.1	$A_s * f_y * (d - d_b - a/2)$	kN-m	30.585
Lokasi Garis Netral, c	22.2.2.4.1	a / β_1	mm	12.870
Regangan Tulangan Tarik, ϵ_s	22.2.1.2, 22.2.2.1	$(d - c) / c * 0.003$		0.024
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
Kapasitas Lentur Tereeduksi, ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	27.527
Momen Ultimit, M_u			kN-m	7.321
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
Tulangan Minimum (untuk Tumpuan Bawah dan Lapangan Atas, Arah X dan Y)				
Spasi Tulangan, s		Input		100
Spasi Maksimum, s_{max}	8.7.2.2	$2 * t$ dan 450 mm	mm	300
Cek Spasi Maksimum		$s \leq s_{max} ?$		OK
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		$b / s = 1000 / 2$ [Analisis untuk per 1 m]		10
d_b			mm	10
Jarak Bersih Antar Tulangan		$s - d_b$	mm	90.000
Cek Jarak Bersih	25.2.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		OK
Jumlah Lapis				2
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	785.398
$A_{s_{min}}$ ($f_y < 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$0.2\% * b * t$	mm ²	300.000
$A_{s_{min}}$ ($f_y \geq 420$ MPa)	7.6.1.1, 8.6.1.1	$(0.18\% * 420 / f_y) * b * t$ dan $0.14\% * b * t$	mm ²	290.769
Cek As min		As Pasang $\geq A_{s_{min}} ?$		OK
Pengecekan Kapasitas Geser				
Kapasitas Geser Beton, V_c		$0.17 * f_c'^{0.5} * b * d$	kN	115.659
Faktor Reduksi, ϕ	Tabel 21.2.2			0.75
Ambang Batas Geser Pelat	7.6.3.1	$0.5 \phi V_c$	kN	43.372
Perlu Tulangan Geser Pelat?		$V_u > 0.5 \phi V_c ?$		Tidak
Lendutan Pelat				
Kapasitas Retak Lentur				
Momen Inersia Pelat, I_g			mm ⁴	281250000
Tegangan Retak, f_r		$0.62 \sqrt{f_c'}$	MPa	3.668
Garis Netral, y		$t / 2$	mm	75.000
Kapasitas Retak Lentur, M_{cr}		$f_r * I_g / y$	kNm	13.755
Momen Inersia Retak, I_{cr}		$0.25 I_g$	mm ⁴	70312500

L6. Gambar Titik Diafragma

a. Titik Diafragma



Gambar L.6.1: Titik Diafragma.

L.7. Hasil SPT Lapangan.

Tabel L.7.1: Hasil SPT lapangan kedalaman vs SN.

Kedalaman (m)	BH-1	BH-2	BH-3	BH-4	BH-5	BH-6
	SN	SN	SN	SN	SN	SN
2.00-2.45	4	3	2	2	2	2
4.00-4.45	2	3	2	2	2	3
6.00-6.45	2	2	3	3	4	3
8.00-8.45	4	2	22	4	4	4
10.00-10.45	15	8	35	39	15	17
12.00-12.45	18	20	29	48	17	28
14.00-14.45	22	36	24	43	≥50	25
16.00-16.45	30	≥50	25	22	21	44
18.00-18.45	62	≥50	28	≥50	30	≥50

Tabel L7.1: *Lanjutan.*

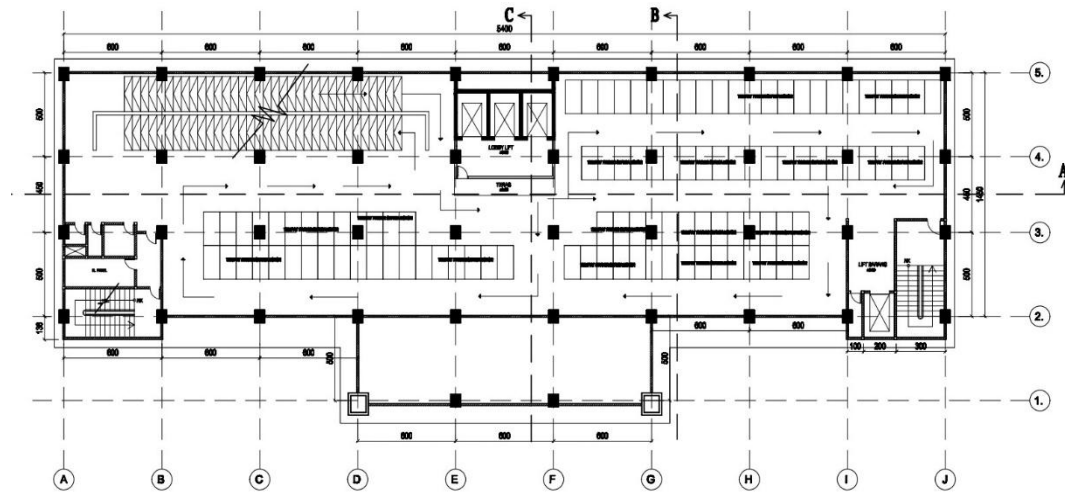
Kedalaman (m)	BH-1	BH-2	BH-3	BH-4	BH-5	BH-6
	SN	SN	SN	SN	SN	SN
20.00-20.45	44	≥50	31	≥50	15	≥50
22.00-22.45	48	≥50	21	≥50	14	≥50
24.00-24.45	≥50	15	27	≥50	12	≥50
26.00-26.45	≥50	10	20	≥50	15	12
28.00-28.45	≥50	11	22	39	18	13
30.00-30.45	30	13	18	16	16	14
32.00-32.45	25	12	19	13	13	14
34.00-34.45	12	15	12	14	14	15
36.00-36.45	15	14	13	13	15	15
38.00-38.45	14	13	14	12	14	19
40.00-40.45	12	12	15	11	15	20
42.00-42.45			15		≥50	
44.00-44.45			32		≥50	
46.00-46.45			≥50		≥50	
48.00-48.45			≥50			
50.00-50.45			≥50			

Tabel L.7.2: Hasil SPT lapangan kedalaman vs SN.

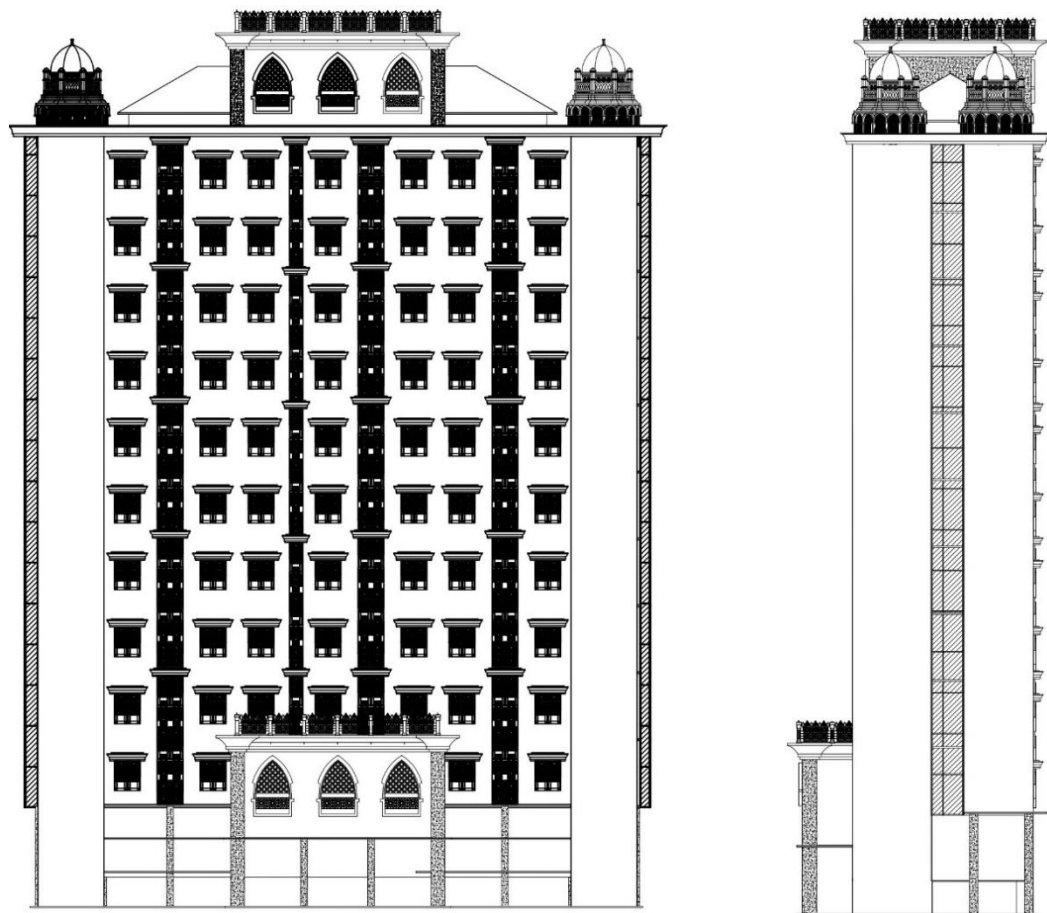
Data Boring dan SPT RUSUN														
No	Depth (m)	Thick (m)	N-SPT ₁	N-SPT ₂	N-SPT ₃	N-SPT ₄	N-SPT ₅	N-SPT ₆	Nr ₁ = T/N ₆₀	Nr ₂ = T/N ₆₀	Nr ₃ = T/N ₆₀	Nr ₄ = T/N ₆₀	Nr ₅ = T/N ₆₀	Nr ₆ = T/N ₆₀
1	2.00	2.45	0.45	4	3	2	2	2	0.11	0.15	0.23	0.23	0.23	0.23
2	4.00	4.45	0.45	2	3	2	2	3	0.23	0.15	0.23	0.23	0.23	0.15
3	6.00	6.45	0.45	2	2	3	3	4	0.23	0.23	0.15	0.15	0.11	0.15
4	8.00	8.45	0.45	4	2	22	4	4	0.11	0.23	0.02	0.11	0.11	0.11
5	10.00	10.45	0.45	15	8	35	39	15	0.03	0.06	0.01	0.01	0.03	0.03
6	12.00	12.45	0.45	18	20	29	48	17	0.03	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02
7	14.00	14.45	0.45	22	36	24	43	50	0.02	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02
8	16.00	16.45	0.45	30	50	25	22	21	0.02	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01
9	18.00	18.45	0.45	62	50	28	50	30	0.01	0.01	0.02	0.01	0.02	0.01
10	20.00	20.45	0.45	44	50	31	50	15	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01
11	22.00	22.45	0.45	48	50	21	50	14	0.01	0.01	0.02	0.01	0.03	0.01
12	24.00	24.45	0.45	50	15	27	50	12	0.01	0.03	0.02	0.01	0.04	0.01
13	26.00	26.45	0.45	50	10	20	50	15	0.01	0.04	0.02	0.01	0.03	0.04
14	28.00	28.45	0.45	50	11	22	39	18	0.01	0.04	0.02	0.01	0.03	0.03
15	30.00	30.45	0.45	30	13	18	16	14	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
16	32.00	32.45	0.45	25	12	19	13	14	0.02	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03
17	34.00	34.45	0.45	12	15	12	14	15	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
18	36.00	36.45	0.45	15	14	13	13	15	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
19	38.00	38.45	0.45	14	13	14	12	14	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.02
20	40.00	40.45	0.45	12	12	15	11	15	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02
21	42.00	42.45	0.45			15		50			0.03		0.01	
22	44.00	44.45	0.45			32		50			0.01		0.01	
23	46.00	46.45	0.45			50		50			0.01		0.01	
24	48.00	48.45	0.45			50					0.01			
24	50.00	50.45	0.45			50					0.01			
Total			11.25						0.99	1.20	1.05	1.03	1.15	0.99
Rata-Rata (N')									0.99736912	0.82269919	0.93876967	0.959248108	0.861454317	1
									0.93					

L8. Gambar Kerja Arsitektur.

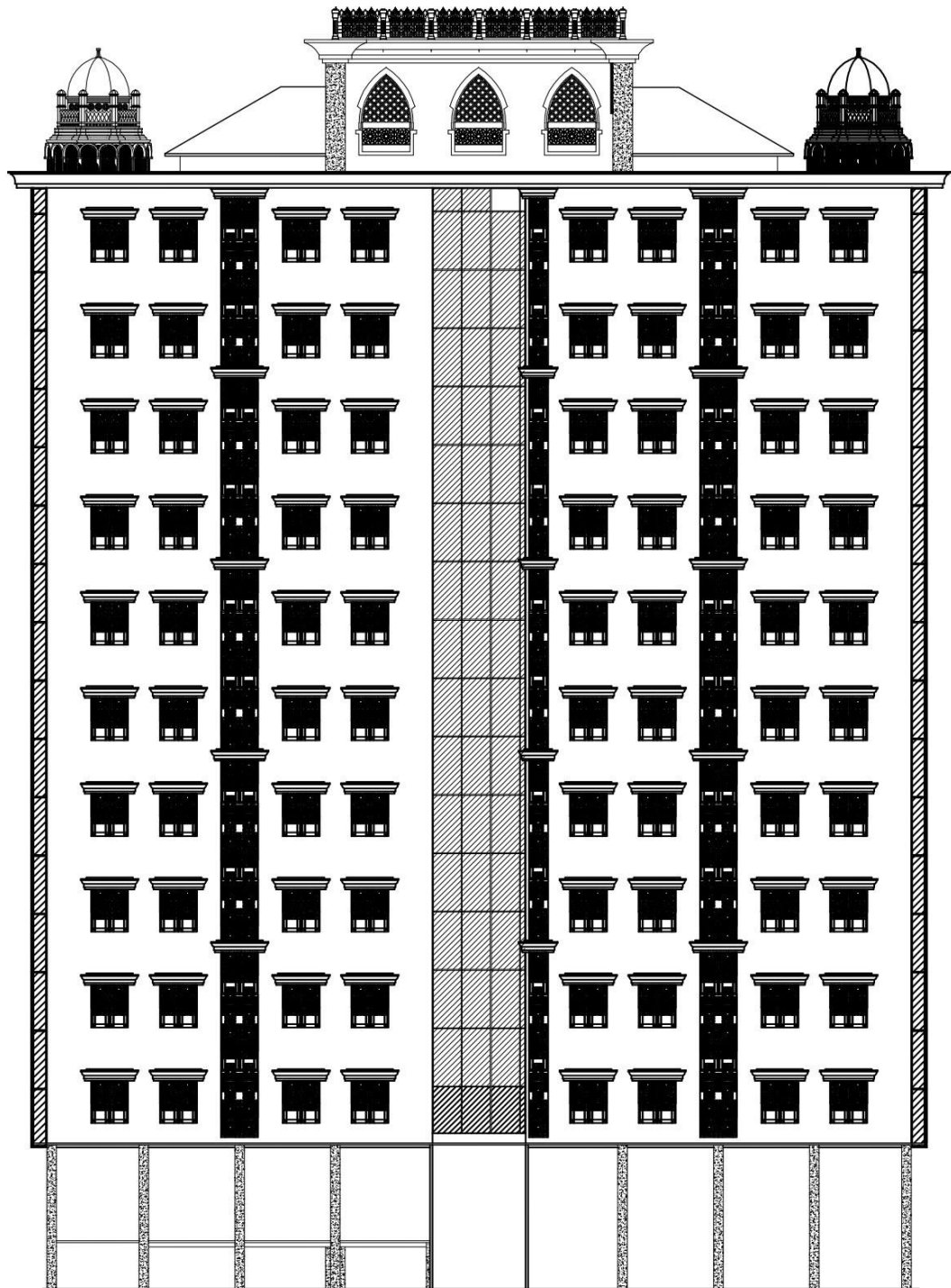
1. Gambar Kerja Arsitektur.



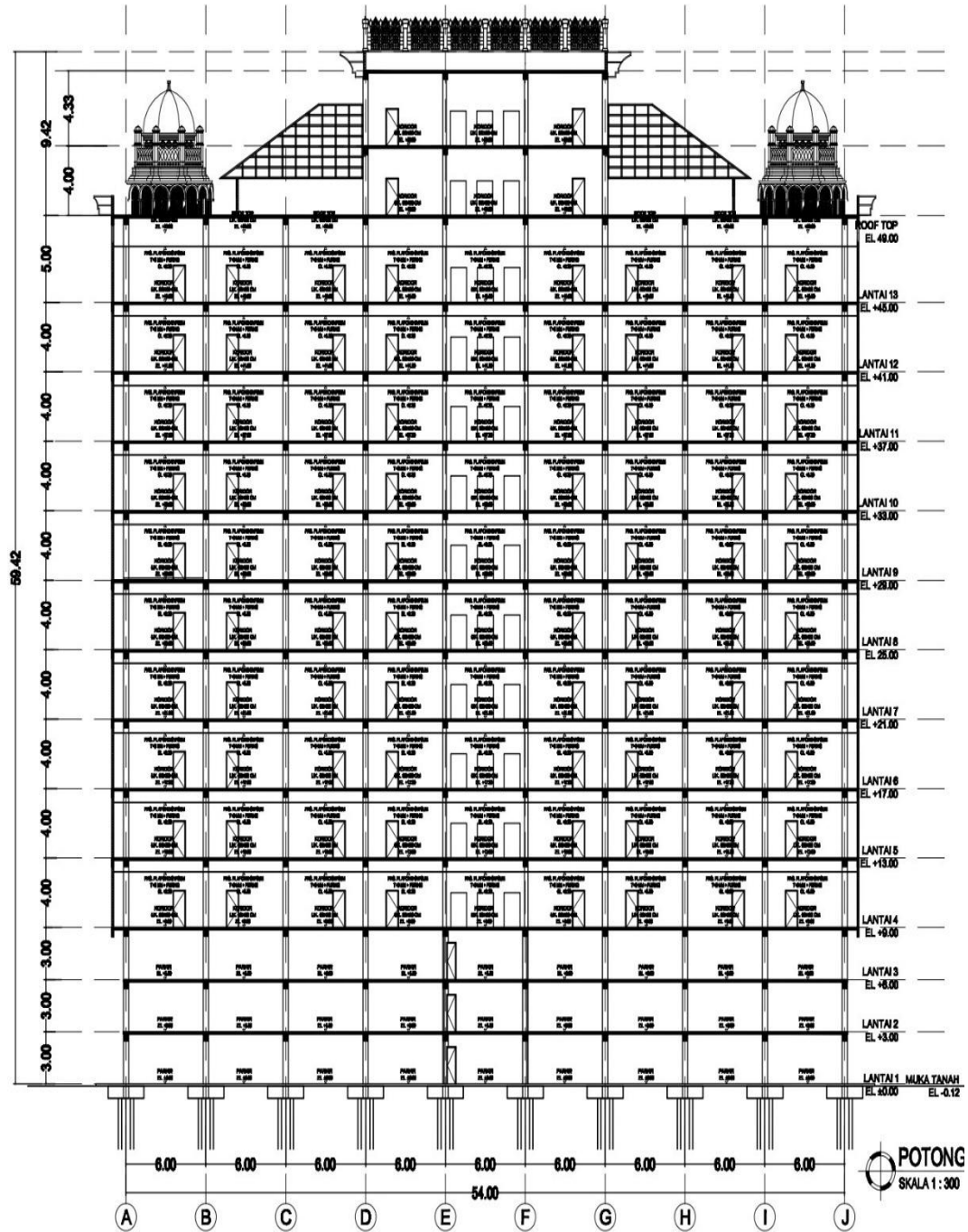
2. Gambar Tampak Depan dan Samping Kiri



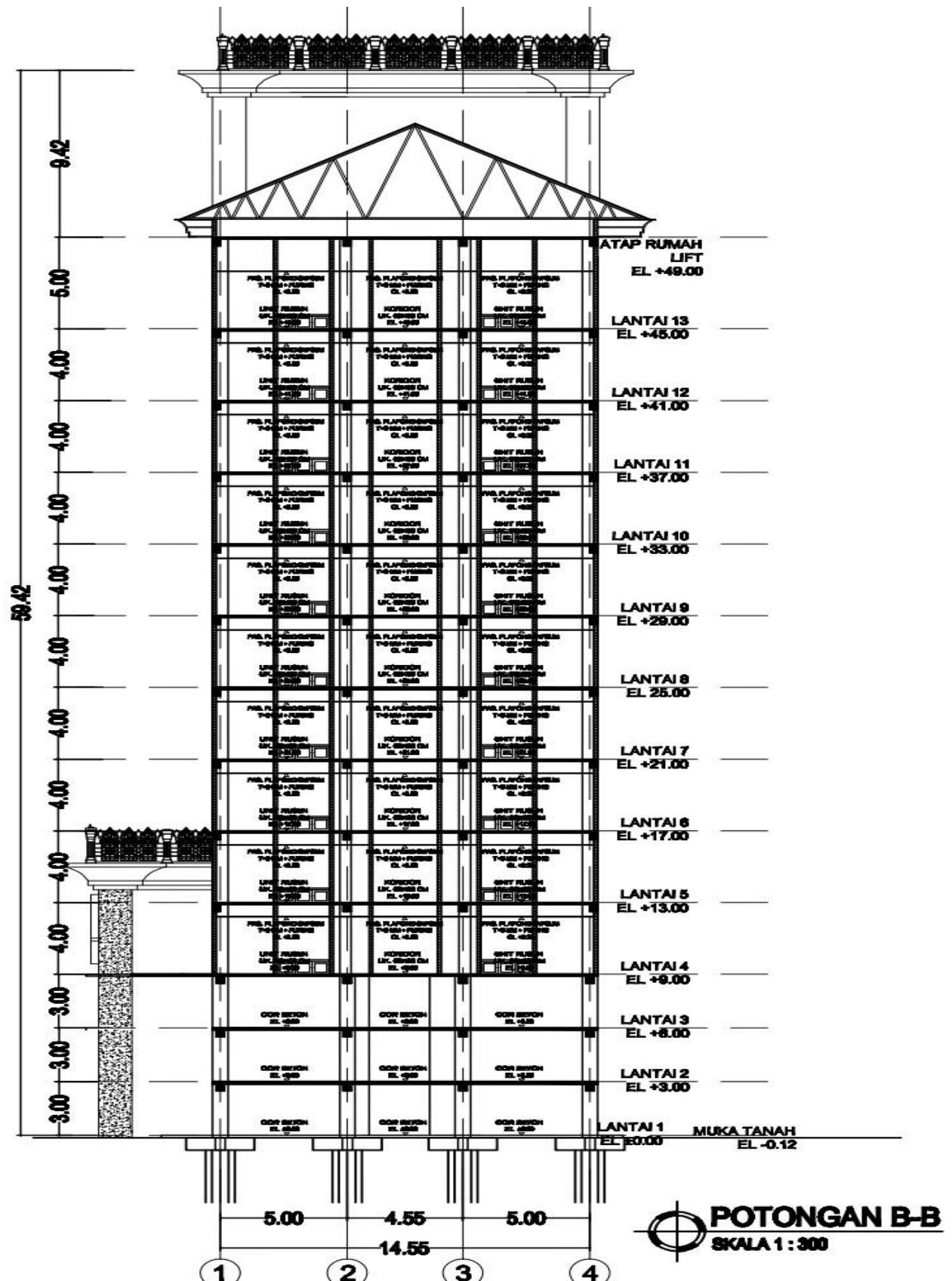
3. Gambar Tampak Belakang.

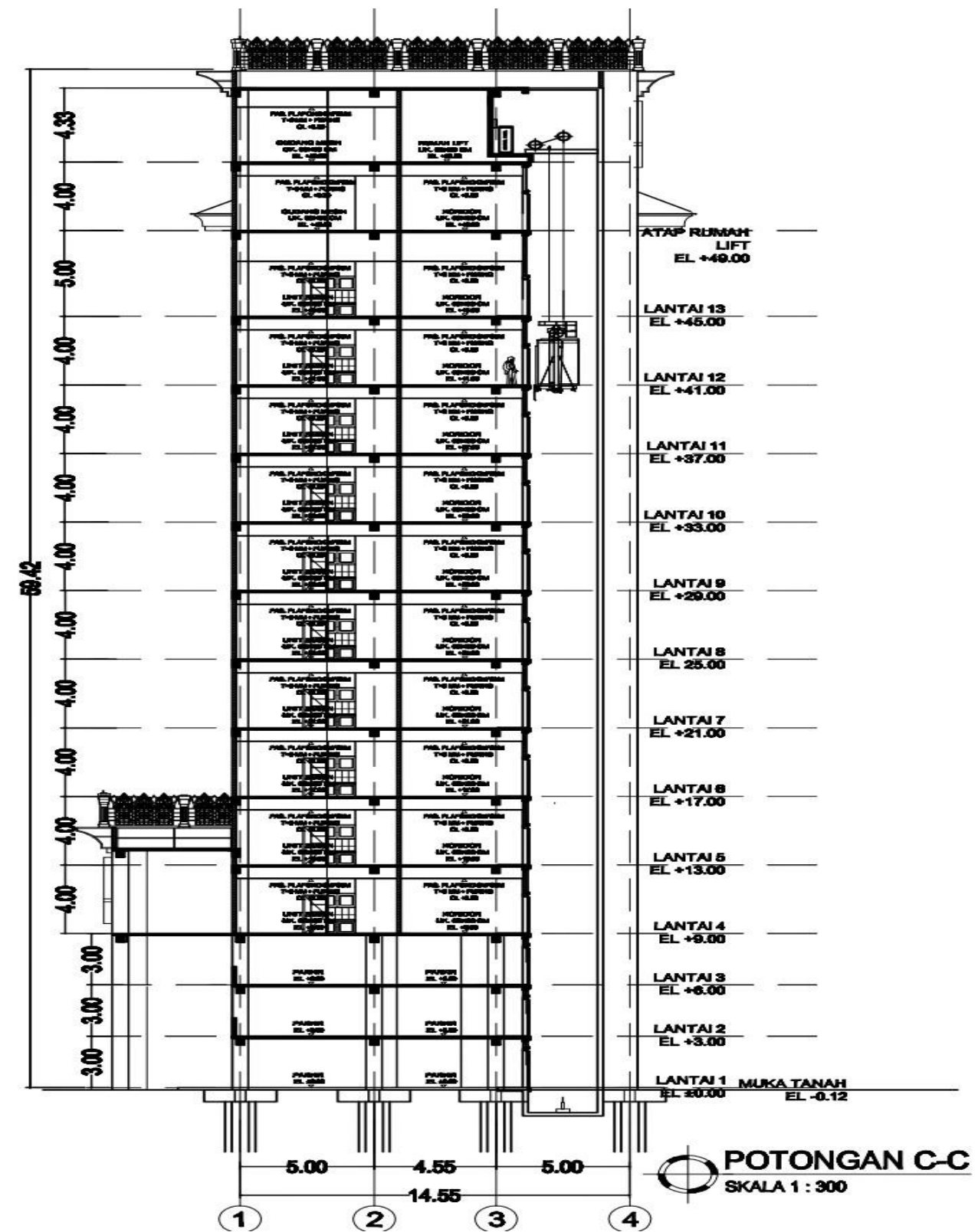


4. Potongan A-A



5. Potongan B-B

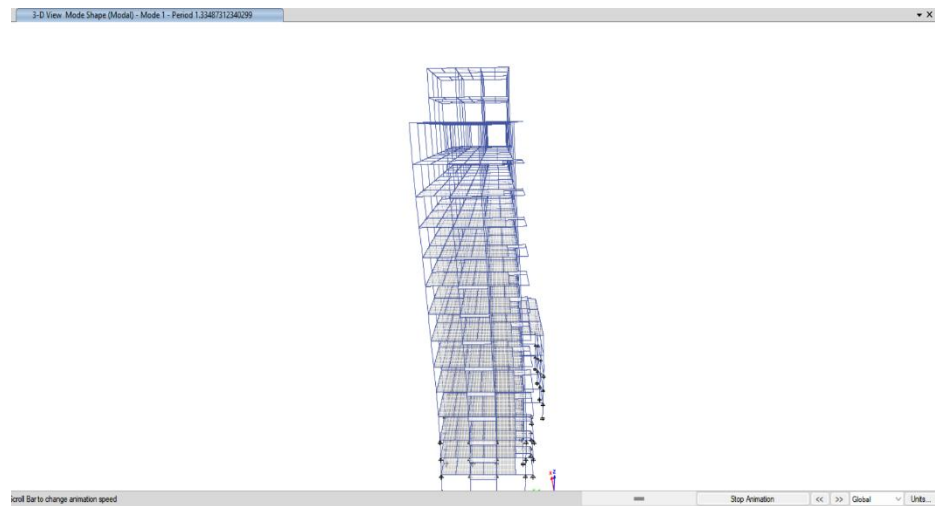




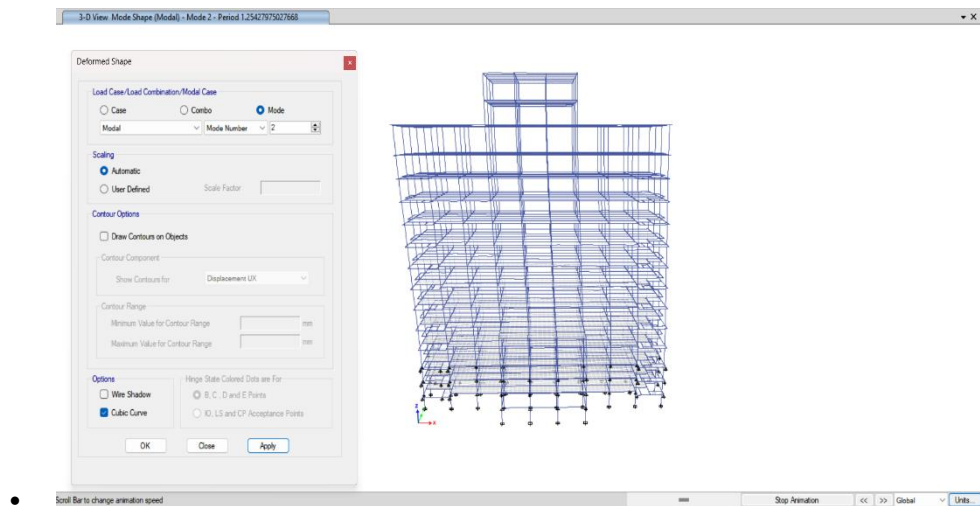
L9. Deformed Shape SPRMK & Sistem Ganda

1. SPRMK

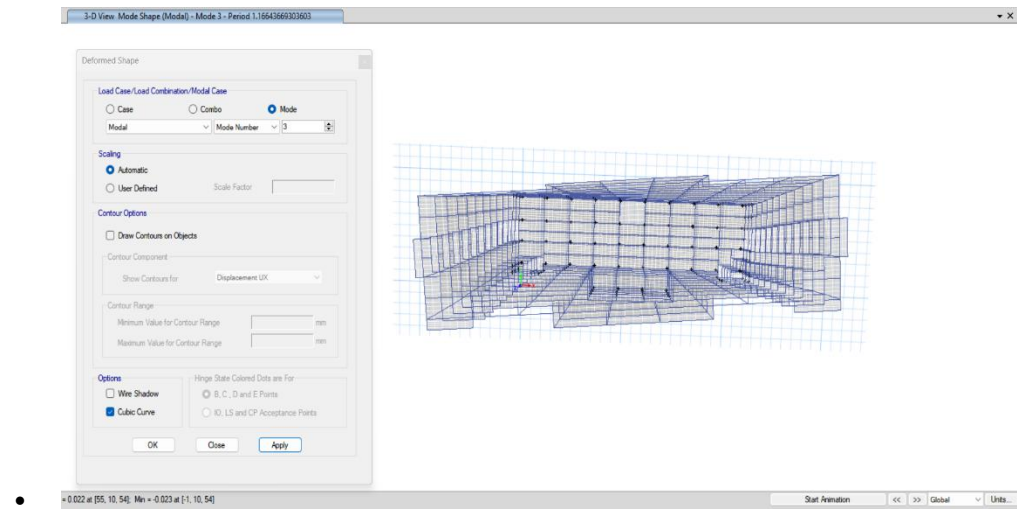
A. MODE 1 – 1.3349



B. MODE 2 – 1.2543

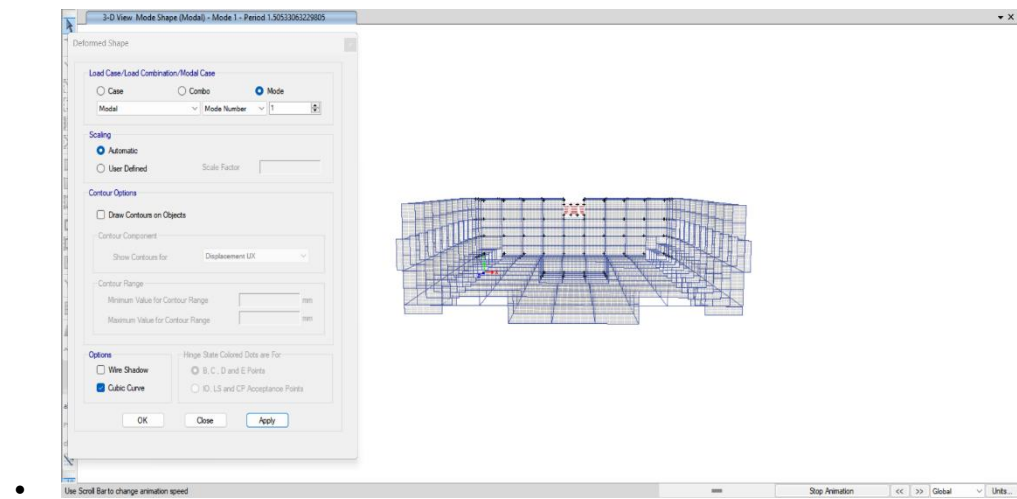


C. MODE 3 – 1.664



2. Sistem Ganda

A. MODE 1 – 1.5053



L.10 Tabel Modal Participating Mass Ratios

1. SPRMK

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	SumUX	SumUY	RZ
		sec			
Modal	1	1.335	0.0001	0.7132	0.0002
Modal	2	1.254	0.7198	0.7133	0.0091
Modal	3	1.166	0.7303	0.7135	0.72
Modal	4	0.512	0.7304	0.8467	0.000009901
Modal	5	0.493	0.8496	0.8467	0.0007
Modal	6	0.443	0.8501	0.8467	0.1234
Modal	7	0.314	0.8501	0.8826	0
Modal	8	0.307	0.8841	0.8826	0.0001
Modal	9	0.263	0.8841	0.8826	0.0325
Modal	10	0.233	0.8842	0.9204	0.0000237
Modal	11	0.23	0.9195	0.9205	0.0007
Modal	12	0.219	0.9204	0.9206	0.0238
Modal	13	0.187	0.9274	0.9277	0.0022
Modal	14	0.186	0.934	0.9363	0.0012
Modal	15	0.181	0.9361	0.9363	0.0167
Modal	16	0.152	0.9364	0.9505	0.0001
Modal	17	0.151	0.9502	0.9508	0.0006
Modal	18	0.143	0.9506	0.9508	0.0151
Modal	19	0.127	0.9508	0.9664	0.0001
Modal	20	0.126	0.9663	0.9667	0.0005
Modal	21	0.12	0.9668	0.9668	0.0164
Modal	22	0.104	0.967	0.9714	0.0001
Modal	23	0.104	0.9714	0.9716	0.0001
Modal	24	0.099	0.9715	0.9716	0.0051
Modal	25	0.091	0.9718	0.9774	0.0001
Modal	26	0.091	0.974	0.9777	0.0000282
Modal	27	0.09	0.9745	0.9806	0.0001
Modal	28	0.09	0.9809	0.9811	0.0001
Modal	29	0.086	0.9813	0.9811	0.0105
Modal	30	0.082	0.9813	0.9811	0.000004625
Modal	31	0.071	0.9815	0.9868	0.0001
Modal	32	0.071	0.9871	0.9871	0.0001
Modal	33	0.068	0.9872	0.9871	0.0064
Modal	34	0.058	0.9875	0.9893	0.00003795
Modal	35	0.058	0.9896	0.9896	0.00002946
Modal	36	0.056	0.9896	0.9896	0.0026
Modal	37	0.049	0.9983	0.9907	0.0007
Modal	38	0.049	0.9994	1	0.000005772
Modal	39	0.046	1	1	0.0108

2. Sistem Ganda

TABLE: Modal Participating Mass Ratios					
Case	Mode	Period	SumUX	SumUY	RZ
		sec			
Modal	1	1.505	0.0002	0.6691	0.0006
Modal	2	1.467	0.19	0.6699	0.539
Modal	3	1.258	0.6772	0.6699	0.2036
Modal	4	0.52	0.704	0.6699	0.086
Modal	5	0.488	0.704	0.8251	0.00004409
Modal	6	0.403	0.83	0.8251	0.0285
Modal	7	0.3	0.846	0.8251	0.032
Modal	8	0.248	0.846	0.8948	0.000008879
Modal	9	0.227	0.8509	0.8948	0.0289
Modal	10	0.202	0.9065	0.8948	0.0002
Modal	11	0.172	0.9089	0.8948	0.017
Modal	12	0.153	0.9089	0.9342	0.00001416
Modal	13	0.149	0.9161	0.9343	0.0075
Modal	14	0.127	0.9324	0.9343	0.011
Modal	15	0.125	0.9458	0.9343	0.0028
Modal	16	0.105	0.9458	0.9571	0
Modal	17	0.101	0.9463	0.9571	0.0084
Modal	18	0.091	0.9647	0.9571	0.0006
Modal	19	0.088	0.9647	0.9571	0.0075
Modal	20	0.079	0.9647	0.9703	0.000001896
Modal	21	0.076	0.966	0.9703	0.0001
Modal	22	0.07	0.9677	0.9703	0.0066
Modal	23	0.069	0.976	0.9703	0.0021
Modal	24	0.063	0.976	0.9792	9.632E-07
Modal	25	0.057	0.9825	0.9792	0.0004
Modal	26	0.056	0.9827	0.9792	0.0042
Modal	27	0.052	0.9827	0.9859	7.966E-07
Modal	28	0.049	0.9876	0.9859	0.0003
Modal	29	0.047	0.9888	0.9859	0.0111
Modal	30	0.044	0.9888	0.9911	0
Modal	31	0.042	0.9926	0.9911	0.0006
Modal	32	0.038	0.9927	0.9945	0
Modal	33	0.038	0.9951	0.9945	0.0004
Modal	34	0.035	0.9953	0.9976	0.00001812
Modal	35	0.034	0.9978	0.9978	0.0004
Modal	36	0.033	0.9978	0.998	0
Modal	37	0.032	0.9997	0.9983	0.0003
Modal	38	0.032	1	1	0.0001



TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
Jl. Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Telp. (061) 6622400



LEMBAR ASISTENSI

NAMA : BRYAN DIMAS ADJI NUGROHO
NPM : 2107210069
FAKULTAS : TEKNIK SIPIL

NO	HARI/TANGGAL	KETERANGAN	PARAF
		- perbaiki gambar Skema Kams	Mh 23/24
		- perbaiki Bab 1, bab 2	Mh 23/25
		- perbaiki Thpam pustaka	Mh 23/25
		- perbaiki Metode penelitian	Mh 23/25
		- Buat pemodelan ETABS	Mh 09/25
		- perbaiki Bab 2 & bab 3	Mh 09/25
		- perbaiki Model ETABS	Mh 18/25
		- perbaiki Bab 3 : Tuti Form	Mh 18/25
		- Cek hasil analisis ETABS	Mh 24/25
		- Buat tabel nya	Mh 24/25
		- perbaiki model ETABS	Mh 18/25
		- perbaiki model ETABS	Mh 18/25
		- Table & grafik dibuat	Mh 09/25
		- Cek hasil analisis ETABS	Mh 18/25
		- Buat tabel & grafik	Mh 23/25
		- hasil analisis	Mh 23/25
		- Buat Bab 4 & kesimpulan	Mh 30/25
		- Format penulisan ?	Mh 30/25
		- Buat Dapt. in. Dapt pustaka dll	Mh 02/25
		- perbaiki tabel & grafik	Mh 02/25
		all the Lembar	Mh 09/25
		ade faisal	Mh 09/25

DOSEN PEMBIMBING
(Assoc. Prof. Ir, ADE FAISAL, S.T., M.Sc.,
Ph.D.)

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PENULIS

Nama Lengkap : Bryan Dimas Adji Nugroho
Tempat Tanggal Lahir : Metro Lampung, 27-05-2003
Alamat : Tanjung Gading
Agama : Islam
Nama Orang tua
Ayah : Alm. Sarji
Ibu : Kristin Misdi
No Telp : 0811-6161-2356
Email : Bryandimas000@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

SDN1 Tanjung Gading	2012 - 2017
SMP-IT Al Ihya Tanjung Gading	2017 - 2019
SMA Al-Azhar Plus Medan	2019 - 2021
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara	2021 – 2025

