

**ANALISA PERBANDINGAN STRUKTUR BANGUNAN RUKO SESUAI
SNI 2847-2013 DAN SNI 1726-2019 PADA LOKASI SC–SD–SE
DI KOTA MEDAN
(Studi Literatur)**

SKRIPSI

*Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Pendidikan Program Sarjana Strata Satu (S1)
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MENTARI OKTAVIANI
71210913042



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

**ANALISA PERBANDINGAN STRUKTUR BANGUNAN RUKO SESUAI
SNI 2847-2013 DAN SNI 1726-2019 PADA LOKASI SC–SD–SE
DI KOTA MEDAN
(Studi Literatur)**

SKRIPSI

*Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Pendidikan Program Sarjana Strata Satu (S1)
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Islam Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

MENTARI OKTAVIANI
71210913042

Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

(Ir. H. Gunawan Tarigan, MT.)

(Ronal H.T. Simbolon, ST., MT)

Diketahui Oleh:

Plt. Ketua Program Studi Teknik Sipil

(Ir. Hj. Darlina Tanjung, MT)

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum, Wr.Wb

Segala puji dan syukur senantiasa penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini, tak lupa pula shalawat beriring salam kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW berkat perjuangan beliau kita bisa berada di zaman yang menjunjung tinggi kemanusiaan dan ilmu pengetahuan.

Penelitian ini diajukan untuk memenuhi syarat akademik Program Strata 1 Teknik Sipil di Universitas Islam Sumatera Utara, dengan judul skripsi “Analisa Perbandingan Struktur Bangunan Ruko Sesuai SNI 2847-2013 Dan SNI 1726-2019 Pada Lokasi SC-SD-SE Di Kota Medan”.

Dalam penelitian ini penulis sangat menyadari dengan segala keterbatasan pengetahuan masih terdapat banyak kekurangan dan jauh dari kata kesempurnaan, oleh karena itu dengan segala kerendahan hati penulis sangat menghargai masukan dan saran dikemudian hari demi memajukan perkembangan ilmu pengetahuan khususnya dibidang teknik sipil konstruksi gedung.

Dalam kesempatan ini penulis juga ingin menyampaikan rasa terimakasih kepada seluruh pihak-pihak yang telah ikut serta membantu dalam menyelesaikan skripsi ini, secara khusus kepada :

1. Ibu Ir. Hj. Darlina Tanjung, MT. selaku Dekan sekaligus Plt. Ka Prodi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara.

2. Bapak Ir. H. Gunawan Tarigan, MT. selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah bersedia meluangkan waktu, pikiran, bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Ronal H.T. Simbolon, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II yang telah bersedia meluangkan waktu, pikiran, bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Ibu Dosen serta seluruh jajaran Civitas Akademika Fakultas Teknik dan Program Studi Teknik Sipil
5. Terimakasih kepada Ibunda tercinta yang tanpa lelah mendo'akan dan memberikan motivasi tanpa henti untuk menyelesaikan skripsi ini.
6. Terimakasih juga kepada Adik-adik dan Kakak-kakak beserta saudara-saudara yang telah mendorong saya untuk menyelesaikan perkuliahan Strata 1 serta selalu mendo'akan dan memberikan dukungan.
7. Terimakasih kepada seluruh teman-teman seperjuangan yang terus memberikan dukungan kepada penulis yang namanya tidak bisa saya sebutkan satu per satu.

Akhir kata semoga penelitian ini dapat bermanfaat dan bisa menjadi bahan kajian diskusi yang dapat dikembangkan menjadi lebih baik.

Medan, November 2023
Penulis,

Mentari Oktaviani
71210913042

DAFTAR ISI

	halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR NOTASI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Rumusan Masalah	3
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Tujuan Penelitian	4
1.6 Manfaat Penelitian	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Teori Ruko (Rumah Toko)	7
2.2 Teori Gempa	8
2.2.1 Mekanisme Gempa Bumi.....	8
2.3 Konsep Perencanaan Bangunan Tahan Gempa	10

2.4	Sistem Struktur.....	10
2.4.1	Sistem Rangka Pemikul Momen	10
2.4.2	Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus.....	11
2.4.3	Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur.....	11
2.5	Kekuatan Desain Struktur.....	11
2.6	Struktur Beton.....	12
2.6.1	Beton Bertulang	13
2.7	Pembebanan untuk Perencanaan Bangunan Gedung	15
2.7.1	Kombinasi Pembebanan.....	15
2.8	Tata Cara Perencanaan Gedung Tahan Gempa	17
2.9	Peraturan Pembebanan Gempa Berdasarkan SNI 03-1726-2019	17
2.9.1	Gempa Rencana dan Faktor Keutamaan.....	18
2.9.2	Klasifikasi Situs dan Parameter.....	19
2.9.3	Parameter Percepatan Gempa.....	20
2.9.4	Percepatan Tanah Puncak.....	22
2.9.5	Parameter Percepatan Spektrum Desain	22
2.9.6	Kategori Desain Seismik.....	24
2.10	Pemilihan Sistem Struktur Penahan Beban Gempa	26
2.11	Redudansi	27
2.12	Evaluasi Kriteria SRPMK Tahan Gempa Metode Respon Spektrum	28
2.12.1	Analisis Respon Spektrum Ragam	28
2.12.2	Gaya Geser Dasar Seismik.....	29

2.12.3	Perioda Alami Struktur	31
2.12.4	Simpangan Antar Lantai	31
2.12.5	Konsep <i>Strong Column Weak Beam</i>	33
2.13	Kinerja Struktur Metode ATC-40	35
2.14	<i>Pushover Analysis</i>	38
BAB III METODE PENELITIAN		40
3.1	Metode Pengumpulan Data.....	41
3.2	Pemodelan Struktur	41
3.2.1	Data Perencanaan Struktur	41
3.2.2	Data Umum Bangunan.....	42
3.3	Dimensi Kolom dan Balok	44
3.4	<i>Preliminary Design</i>	45
3.5	Pembebanan	46
3.5.1	Beban Mati (<i>Dead Load</i>)	46
3.5.2	Beban Hidup (<i>Live Load</i>).....	48
3.5.3	Beban Gempa	49
3.6	Koreksi Faktor Redudansi	50
3.7	Kombinasi Pembebanan	50
BAB IV ANALISA DATA		54
4.1	Tinjauan Umum	54
4.2	Perbandingan Hasil Analisis Struktur di Berbagai Kondisi Tanah....	54
4.2.1	Analisis Respons Spektrum Ragam.....	54
4.2.2	Gaya Geser Dasar Nominal.....	58

4.2.3	Simpangan Antar Tingkat (<i>Story Drift</i>)	62
4.2.4	Perhitungan Desain Struktur Balok dan Kolom	65
4.2.5	Pemeriksaan <i>Strong Column Weak Beam</i> (SCWB).....	75
4.3	Performa Struktur Bangunan terhadap Desain Gempa	78
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		82
5.1	Kesimpulan.....	82
5.2	Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA.....		85
LAMPIRAN		

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 2.1 Kategori resiko bangunan gedung dan struktur lainnya untuk beban gempa.....	18
Tabel 2.2 Faktor keutamaan gempa	19
Tabel 2.3 Klasifikasi situs	19
Tabel 2.4 Koefisien perioda pendek (F_a).....	21
Tabel 2.5 Koefisien perioda 1,0 detik (F_v)	21
Tabel 2.6 Koefisien situs untuk PGA (F_{PGA}).....	21
Tabel 2.7 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek	25
Tabel 2.8 Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik.....	25
Tabel 2.9 Sistem Rangka Pemikul Momen Beserta faktor R, Cd, dan Ω_0 ...	26
Tabel 2.10 Simpangan antar tingkat izin.....	32
Tabel 2.11 Level Kinerja Struktur	36
Tabel 2.12 Batasan Rasio <i>Drift</i> Atap	37
Tabel 3.1 Dimensi komponen struktur yang digunakan dalam analisis.....	46
Tabel 3.2 Berat material konstruksi	47
Tabel 3.3 Berat tambahan komponen gedung	47
Tabel 3.4 Beban hidup ruko.....	49

Tabel 4.1	Nilai perioda alami dan ragam massa struktur pada tanah lunak, tanah sedang, dan tanah keras.....	57
Tabel 4.2	Nilai V dan Vt pada tanah lunak	59
Tabel 4.3	Nilai V, Vt, dan penyesuaian skala gempa pada tanah lunak, tanah sedang, dan tanah keras.....	60
Tabel 4.4	Perbandingan nilai gaya geser dasar pada ketiga kondisi tanah....	61
Tabel 4.5	Tabel perhitungan simpangan antar tingkat pada tanah lunak	63
Tabel 4.6	Tabel perhitungan simpangan antar tingkat pada tanah sedang	63
Tabel 4.7	Tabel perhitungan simpangan antar tingkat pada tanah keras.....	63
Tabel 4.8	Perbandingan <i>story drift</i> pada struktur di berbagai kondisi tanah.	64
Tabel 4.9	Output gaya dalam balok pada model 1, 2 dan 3	66
Tabel 4.10	Nilai As & ρ perlu dan As & ρ pakai balok pada model 1, 2 & 3.	66
Tabel 4.11	Nilai Mu, Mn, Vu, dan Vn balok pada struktur di atas tanah lunak, tanah sedang, dan tanah keras	68
Tabel 4.12	Rekapitulasi tulangan balok pada bangunan ruko 3 lantai di atas tanah lunak, tanah sedang dan keras	69
Tabel 4.13	Output gaya dalam kolom pada model 1, 2 dan 3	71
Tabel 4.14	Nilai As & ρ perlu dan As & ρ pakai kolom pada model 1, 2 & 3	71
Tabel 4.15	Nilai Mu, Mn, Vu, dan Vn kolom pada model 1, 2 dan 3	73

Tabel 4.16 Rekapitulasi tulangan kolom bangunan ruko 3 lantai di atas tanah lunak, tanah sedang dan keras	73
Tabel 4.17 <i>Output</i> nilai Mn pada aplikasi Sp <i>Column</i> pada tanah lunak	76
Tabel 4.18 Pengecekan nilai <i>Strong Column Weak Beam</i> disetiap tanah	77
Tabel 4.20 <i>Output</i> nilai kurva untuk tanah lunak	78
Tabel 4.19 Batas deformasi untuk berbagai tingkat kinerja	78
Tabel 4.21 <i>Output</i> nilai <i>drift</i> dari <i>software</i> SAP2000	80

DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 2.1 Jenis-jenis pertemuan dua lempeng tektonik, a) pertemuan divergen; b) pertemuan konvergen; c) pertemuan saling bergeser horizontal.....	9
Gambar 2.2 Jenis kolom berdasarkan tipe penulangan	14
Gambar 2.3 Respon spektrum desain	23
Gambar 2.4 Penentuan simpangan antar tingkat.....	31
Gambar 2.5 Konsep kolom kuat balok lemah.....	33
Gambar 2.6 Kerusakan pada balok-kolom struktur rangka beton bertulang	34
Gambar 2.7 Tipikal kurva kapasitas pada berbagai tingkat kinerja struktur	35
Gambar 2.8 Hubungan <i>Capacity Curve</i> dan <i>Demand</i> (ATC-40)	38
Gambar 3.1 Bagan alir penelitian.....	40
Gambar 3.2 Denah rangka struktur bangunan	43
Gambar 3.3 Potongan rangka struktur bangunan ruko 3 lantai	43
Gambar 3.4 Perspektif 3D bangunan ruko 3 lantai	44
Gambar 3.5 Elemen Balok dan Kolom yang ditinjau	44
Gambar 3.6 Grafik respons spektrum desain gempa Kota Medan dengan kondisi tanah keras (SC), tanah sedang (SD), dan tanah lunak (SE)	50

Gambar 4.1	<i>Set Load Cases to Run</i>	55
Gambar 4.2	Tampilan untuk <i>Show Table</i>	56
Gambar 4.3	<i>Choose Table for Display</i>	56
Gambar 4.4	<i>Modal Participating Mass Ratio</i>	57
Gambar 4.5	Perbandingan nilai gaya geser dasar arah X pada ketiga kondisi tanah	61
Gambar 4.6	Perbandingan nilai gaya geser dasar arah Y pada ketiga kondisi tanah	61
Gambar 4.7	Perbandingan nilai <i>story drift</i> arah X pada ketiga kondisi tanah	64
Gambar 4.8	Perbandingan nilai <i>story drift</i> arah Y pada ketiga kondisi tanah	64
Gambar 4.9	Nilai A_s perlu dan A_s pakai balok pada ketiga model	67
Gambar 4.10	Gambar detail penampang dan tulangan balok pada ketiga model	70
Gambar 4.11	Nilai A_s perlu dan A_s pakai kolom pada ketiga model.....	72
Gambar 4.12	Gambar detail penampang dan tulangan kolom pada ketiga model	74
Gambar 4.13	Hasil kurva pada tanah lunak berdasarkan analisa pushover menggunakan SAP2000	78
Gambar 4.14	Desain berbasis kinerja berdasarkan ATC-40	79

DAFTAR NOTASI

- A = Luas penampang (mm^2)
- a = Tinggi blok tegangan persegi ekivalen (mm)
- ADRS = *Acceleration Displacement Response Spectrum*
- A_s = Luas tulangan (mm^2)
- A_T = luas tributary dalam ft^2 (m^2)
- ATC = *Applied Technologi Council*
- b = Lebar penampang (mm)
- be = Lebar efektif
- C = Jarak dari serat tekan terluar ke garis netral (mm)
- C_d = Faktor pembesaran simpangan lateral
- C_s = Koefisien respon seismik
- C_t = Nilai parameter periode pendekatan
- C_u = Koefisien untuk batasan atas pada periode yang dihitung
- D = Beban mati
- D = *Displacement*
- d_b = Diameter nominal batang tulangan, kawat atau strand prategang (mm)
- DC = *Damage Control*
- E = Beban gempa
- E_c = Modulus elastisitas
- E_h = Pengaruh beban gempa horizontal
- E_{qx} = Beban gempa ekivalen arah x

- E_{qy} = Beban gempa ekivalen arah y
 E_v = Pengaruh beban gempa vertikal
 F_a = Koefisien situs perioda pendek pada perioda 0,2 detik
 f_c' = Kuat tekan beton (MPa)
 F_{PGA} = Koefisien situs untuk PGA
 F_v = Koefisien situs perioda panjang pada perioda 1 detik
 f_y = Kuat leleh baja (MPa)
 H = Tinggi bangunan
 h = Tinggi gedung yang ditinjau (m)
 h = Tinggi penampang (mm)
 h_f = Tebal plat
 h_n = Ketinggian struktur (m)
 h_{sx} = Tinggi tingkat yang bersangkutan
 I = Momen Inersia (mm^4)
 I_e = Faktor keutamaan gempa
 IO = *Immediate Occupancy*
 K_{LL} = faktor elemen beban hidup
 L = Beban hidup
 L = Panjang bentang (m)
 L_0 = beban hidup desain tanpa reduksi per ft^2 (m^2) dari luasan yang didukung oleh komponen struktur
 l_n = Bentang bersih balok (mm)
 L_r = Beban hidup diatap

- LS = *Life Safety*
- LS = *Limited Safety*
- M_{CER} = Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget
- M_n = Kekuatan momen nominal jika batang dibebani lentur saja (N.mm)
- M_{nb} = momen kapasitas 2 balok yang menumpu di *joint*
- M_{nc} = momen kapasitas 2 kolom yang bertemu di *joint*
- M_u = Momen ultimit (N.mm)
- N = Jumlah lantai
- NC = *Not Considered*
- ϕ = Faktor reduksi kekuatan
- PGA = percepatan tanah puncak terpetakan
- PGA_M = Nilai percepatan tanah puncak yang disesuaikan dengan pengaruh klasifikasi situs.
- P_n = Gaya aksial nominal (kN)
- P_u = Beban aksial terfaktor pada eksentrisitas yang diberikan (kN)
- P_u = Gaya aksial ultimit (kN)
- R = Koefisien modifikasi respon
- R = Beban hujan
- S_1 = Nilai parameter respon spektrum percepatan gempa periode pendek 1,0 s
- SA = Batuan keras
- S_a = Spektrum respon percepatan desain
- SB = Batuan
- SC = Tanah keras

- SD = Tanah sedang
- SD = *Super Dead Load*
- S_{D1} = Respon spektrum percepatan desain untuk perioda 1,0 detik
- S_{DS} = Respon spektrum percepatan respon desain untuk perioda pendek
- SE = Tanah lunak
- S_{M1} = Parameter percepatan respon spektral MCE pada periode 1 detik
- S_{MS} = Parameter percepatan respon spektral MCE pada periode pendek
- S_s = Nilai parameter respon spektrum percepatan gempa periode pendek
- SS = *Structural Stability*
- T = Perioda getar fundamental struktur (detik)
- T_a = Perioda fundamental pendekatan
- T_{maks} = Nilai batas atas perioda bangunan, (detik)
- T_{min} = Nilai batas bawah perioda bangunan, (detik)
- T_c = Kuat momen torsi nominal yang disumbangkan beton (N.mm)
- T_L = Peta transisi perioda panjang
- T_u = Momen torsi terfaktor pada penampang (N.mm)
- V = Gaya geser dasar hasil analisa statik ekuivalen
- V_n = Gaya geser nominal (kN)
- V_t = Gaya geser dasar hasil analisa ragam respon spectrum
- V_u = Gaya geser terfaktor pada penampang (kN)
- W = Beban angin
- W_t = Berat total gedung
- α = Sudut yang menentukan orientasi tulangan

- α_f = Rasio kekakuan lentur penampang balok terhadap kekakuan lentur lebar plat
- α_{fm} = Nilai rata-rata α_f untuk semua balok pada tepi panel
- β = Rasio bentang arah memanjang terhadap arah memendek plat dua arah
- Δ = Simpangan antar tingkat desain
- Δ_a = Simpangan antar tingkat yang diizinkan
- ρ = Faktor redudansi
- Ω_0 = Faktor kuat lebih
- δ_x = Simpangan pusat massa ditingkat-x
- δ_{xe} = Simpangan di tingkat-x yang disyaratkan
- α_{fm} = Nilai rata-rata untuk semua balok pada tepi panel

DAFTAR PUSTAKA

- ATC-40. 1996. “*Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings*”. Vol. 1. California. Seismic Safety Commission State of California.
- Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kota Medan. 2021. “*Rencana Strategis 2021-2026*”.
- Budiono, B., dan Supriatna, L. 2011. “*Studi Komparasi Desain Bangunan Tahan Gempa dengan Menggunakan SNI 03-1726-2002 dan SNI 03-1726-2012*”. Bandung: ITB.
- Chu Kia Wang, dan Charles C Salmon. 1986. “*Desain Beton Bertulang*”. Erlangga. Jakarta.
- Dewobroto, W. 2006. “*Evaluasi Kinerja Bangunan Baja Tahan Gempa dengan SAP2000*”. Jurnal Teknik Sipil. Vol. 3, No. 1.
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. “*Struktur Beton Bertulang SK SNI T-15-1991-03*”. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Ginsar, M.I., dan Lumantarna, B. 2004. “*Seismik Performance Evaluation of Building With Pushover Analysis*”. Universitas Kristen PETRA Surabaya.
- Hari, M. S. 2017. “*Analisis Struktur Bangunan Baja dengan Sistem Outrigger dan Belt-Truss terhadap Pengaruh Beban Angin dan Beban Gempa*”. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Harisdani, D. D. dan M. D. Lubis. 2004. “*Artikel Identitas Fungsi Ruko Kesawan*”. e-USU Repository. Universitas Sumatera Utara.
- Kadir, J. I., dkk. 2017. “*Evaluasi Desain Struktur Gedung Training Centre Ii Universitas Diponegoro*”. Jurnal Karya Teknik Sipil. Vol. 6, No.1.
- Pawirodikromo, W. 2012. “*Seismologi Teknik & Rekayasa Kegempaan*”. Yogyakarta : Pustaka Pelajar.
- Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. “*Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017*”

- Setiawan, Y., dkk. 2021. “*Evaluasi Gedung Arsip Politeknik Negeri Jakarta Sesuai Sni 1726-2019 dan Sni 2847-2019*”. Jurnal Konstruksi dan Material. Vol. 3, No. 1.
- Sidi, I. D. 2017. “*Ketidakpastian (uncertainties) dan Risiko (risk) dalam Perencanaan Bangunan Tahan Gempa, Perpektif Standard Nasional Indonesia (SNI)*”
- Standar Nasional Indonesia. 2013. “*Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung (SNI 03-2847-2013)*”. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. 2019. “*Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung (SNI 1726-2019)*”. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia. 2020. “*Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2020)*”. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional.
- Sudika, I. G. M., dkk. 2016 “*Perbandingan Perilaku Struktur Beton Bertulang Terhadap Beban Gempa Berdasarkan Sni 03-1726-2002 dan 03-1726-2012*”.
- Syarif, R., dkk. 2021. “*Pengaruh Klasifikasi Kelas Situs Menurut SNI 1726-2019 Terhadap Keruntuhan Progresif Pada Struktur Gedung Tidak Beraturan*”. Jurnal Sainstek STT Pekanbaru. Vol. 9, No. 2.
- Tumilar, S. 2006. “*Pelatihan Perencanaan Struktur Bangunan Tinggi*”. Hal. 12. PT. Arkonin, Jakarta.
- Wicaksana, A. dan Anis, R. 2021. “*Pembandingan Perancangan Bangunan Tahan Gempa Menggunakan SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019*”. Jurnal Ilmiah Rekayasa Sipil. Vol. 18, No. 1.
- Wisnumurti, dkk. 2008. “*Analisis Pushover pada Gedung Tidak Beraturan dengan Study Kasus pada Gedung Baru Fia Unibraw*”. Jurnal Rekayasa Sipil. Vol. 2, No. 1.

Lampiran 1

Preliminary Design

1. Preliminary Design Balok

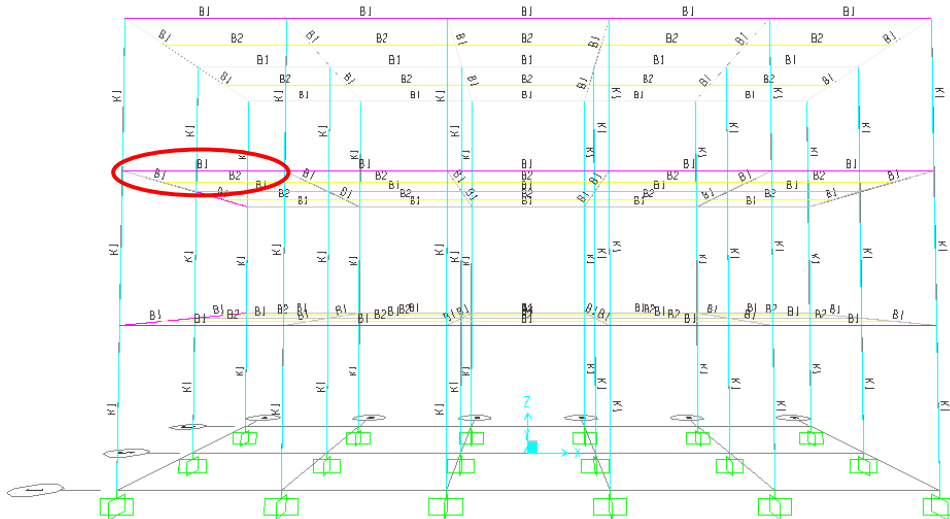
Dimensi balok ditinjau satu tipe balok yang mempunyai bentang terpanjang. Tebal minimum balok dihitung berdasar SNI 2847:2013 Tabel 9.5(a).

- Balok induk

$$h_{min} = \frac{L}{16} \times l$$

Ketentuan tebal minimum balok tersebut diikuti dengan beberapa syarat, salah satunya adalah Untuk f_y selain 420 Mpa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$.

Berikut adalah balok bangunan yang akan ditinjau :



Gambar L1.1 : Elemen Balok yang ditinjau

Sumber : SAP2000, Editor Penulis

- Bentang terpanjang : 450 cm

Perhitungan perencanaan dimensi :

- Tinggi balok (h)

$$h_{min} = \frac{L}{16} \times l$$

$$h_{min} = \frac{L}{16} \times \left(0,4 + \frac{fy}{700} \right)$$

$$h_{min} = \frac{450}{16} \times \left(0,4 + \frac{400}{700} \right)$$

$$h_{min} = 27,32 \text{ cm}$$

$$h \approx 40 \text{ cm}$$

- Lebar balok (b)

$$b = \frac{2}{3} \times h$$

$$b = \frac{2}{3} \times 40$$

$$b = 26,67 \text{ cm}$$

$$b \approx 30 \text{ cm}$$

Dari data yang diperoleh, dimensi penampang yang digunakan dalam analisis yaitu 30 x 40 cm memenuhi persyaratan SNI.

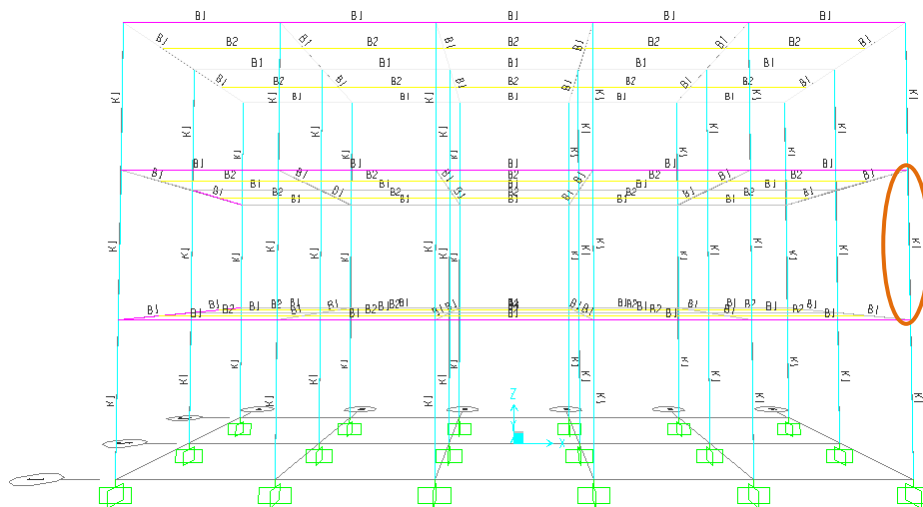
2. Preliminary Design Kolom

Perhitungan perencanaan dimensi :

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}} \dots \dots \dots (SNI 2847 - 2013)$$

Menentukan dimensi kolom, dimana $b = h$

Berikut adalah kolom bangunan yang akan ditinjau :



Gambar L1.2 : Elemen Kolom yang ditinjau

Sumber : SAP2000, Editor Penulis

- Tinggi kolom (L_{kolom}) : 400 cm
- Bentang balok (L_{balok}) : 450 cm
- Dimensi penampang balok : $b_b = 30$ cm

$$h_b = 40 \text{ cm}$$

$$\frac{I_{kolom}}{L_{kolom}} \geq \frac{I_{balok}}{L_{balok}}$$

$$\frac{\frac{1}{12} \times b_k \times h_k^3}{L_{kolom}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times b_b \times h_b^3}{L_{balok}}$$

$b_k = h_k$ maka,

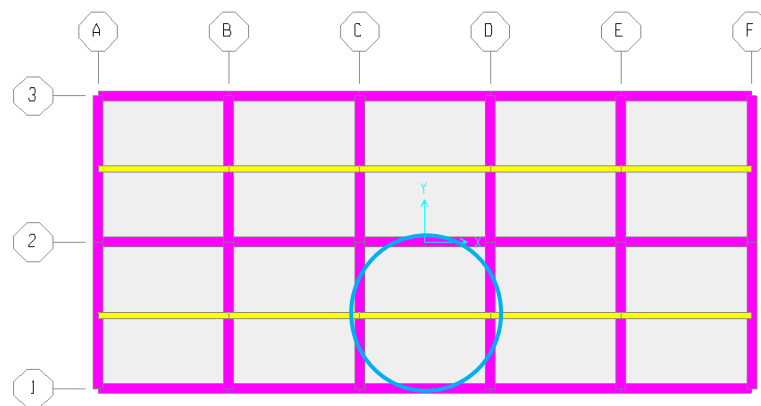
$$\frac{\frac{1}{12} \times h_k^4}{400 \text{ cm}} \geq \frac{\frac{1}{12} \times 30 \text{ cm} \times (40 \text{ cm})^3}{450 \text{ cm}}$$

$$h_k \geq 36,14 \text{ cm}$$

Maka penampang kolom (K1) yang digunakan dalam analisis yaitu 45 x 45 cm memenuhi persyaratan SNI.

3. Preliminary Design Pelat

Dalam laporan perhitungan dimensi pelat, cukup ditinjau satu tipe pelat yang mempunyai luasan yang terbesar.



Gambar L1.3 : Pelat yang akan ditinjau pada Lt.2

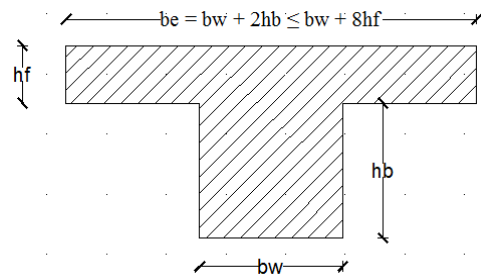
Sumber : SAP2000, Editor Penulis

Data pelat :

- Kuat tekan beton (f_c') : 30 Mpa
- Kuat leleh tulangan (f_y) : 400 Mpa
- Rencana tebal pelat : 120 mm
- Bentang pelat sumbu panjang : 4500 mm
- Bentang pelat sumbu pendek : 4000 mm

1. Pelat Lantai

- B1 = 30/40 cm
- h_f (tebal plat) = 120 mm
- b_w = 300 mm
- h_b = 280 mm



- Sesuai SNI 03-2847-2013, lebar efektif (b_e) diperhitungkan sebagai berikut :

$$b_e = b_w + 2h_b \leq b_w + 8h_f$$

$$b_e = 300 + (2 \times 280) \leq 300 + (8 \times 120)$$

$$b_e = 860 \leq 1260$$

digunakan $b_e = 860$ mm

- Titik berat penampang y dari balok T :

Luas bagian sayap (Bidang 1)

$$A_1 = b_e \times h_f = 860 \times 120 = 103200 \text{ mm}^2$$

Luas bagian badan (Bidang 2)

$$A_2 = b_w \times h_b = 300 \times 280 = 84000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas total} = 103200 + 84000 = 187200 \text{ mm}^2$$

- Titik berat penampang (y)

$$y = \frac{(L \text{ bag. sayap} \times \text{titik berat bid. 1}) + (L \text{ bag. badan} \times \text{titik berat bid. 2})}{\text{Luas total bid. 1 dan 2}}$$

$$y = \frac{(103200 \times 60) + \left(84000 \times \left(120 + \frac{280}{2}\right)\right)}{187200} = 149,74 \text{ mm}$$

$$= 150 \text{ mm}$$

- Momen Inersia

$$I_b = (1/12 \times b \times h^3 + A_1 Y_1^2) + (1/12 \times b \times h^3 + A_2 Y_2^2)$$

$$I_b = (1/12 \times 860 \times 120^3 + (103200 \times 90^2)) + (1/12 \times 300 \times 280^3 + (84000 \times 110^2))$$

$$I_b = 959760000 + 1565200000$$

$$I_b = 2524960000 \text{ mm}^4$$

- Momen inersia pelat arah pendek

$$I_s = 1/12 \times l_y \times hf^3$$

$$I_s = 1/12 \times (4000 - 300/2 - 300/2) \times 120^3 = 532800000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha f_s = \frac{E_b \times I_b}{E_s \times I_s} = \frac{4700\sqrt{30} \times 2524960000}{4700\sqrt{30} \times 532800000} = 4,74$$

- Momen inersia pelat arah panjang

$$I_i = 1/12 \times l_x \times hf^3$$

$$I_i = 1/12 \times (4500 - 300/2 - 300/2) \times 120^3 = 604800000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha f_i = \frac{E_b \times I_b}{E_i \times I_i} = \frac{4700\sqrt{30} \times 2524960000}{4700\sqrt{30} \times 604800000} = 4,17$$

Maka,

$$\alpha f_m = \frac{\alpha f_s + \alpha f_i}{2} = \frac{4,74 + 4,17}{2} = 4,45$$

Karena αf_m hitung 4,45 > dari 2, maka tebal plat minimum h yang digunakan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3.c adalah,

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$$

Dimana,

$$\beta = \frac{4000 - \frac{300}{2} - \frac{300}{2}}{4500 - \frac{300}{2} - \frac{300}{2}} = 0,88$$

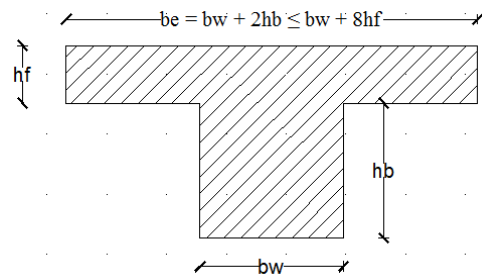
Maka,

$$h = \frac{4500(0,8 + \frac{400}{1400})}{36 + (9 \times 0,88)} = 111,24 \text{ mm (tebal minimum)}$$

Dan tidak kurang dari 90 mm, 111,24 < 120 mm, maka jika diambil ketebalan pelat lantai sebesar h = 12 cm masih memenuhi persyaratan tersebut.

2. Pelat Atap

- B1 = 30/40 cm
- hf (tebal plat) = 110 mm
- bw = 300 mm
- hb = 290 mm



- Sesuai SNI 03-2847-2013, lebar efektif (be) diperhitungkan sebagai berikut :

$$be = bw + 2hb \leq bw + 8hf$$

$$be = 300 + (2 \times 290) \leq 300 + (8 \times 110)$$

$$be = 880 \leq 1180$$

digunakan be = 880 mm

- Titik berat penampang y dari balok T :

Luas bagian sayap (Bidang 1)

$$A_1 = b_e \times h_f = 880 \times 110 = 96800 \text{ mm}^2$$

Luas bagian badan (Bidang 2)

$$A_2 = b_w \times h_b = 300 \times 290 = 87000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas total} = 96800 + 87000 = 183800 \text{ mm}^2$$

- Titik berat penampang (y)

$$y = \frac{(L \text{ bag. sayap} \times \text{titik berat bid. 1}) + (L \text{ bag. badan} \times \text{titik berat bid. 2})}{\text{Luas total bid. 1 dan 2}}$$

$$y = \frac{(96800 \times 55) + \left(87000 \times \left(110 + \frac{290}{2}\right)\right)}{183800} = 149,67 \text{ mm}$$

$$= 150 \text{ mm}$$

- Momen Inersia

$$I_b = (1/12 \times b \times h^3 + A_1 Y_1^2) + (1/12 \times b \times h^3 + A_2 Y_2^2)$$

$$I_b = (1/12 \times 880 \times 110^3 + (96800 \times 95^2)) + (1/12 \times 300 \times 290^3 + (87000 \times 105^2))$$

$$I_b = 971226666,67 + 1568900000$$

$$I_b = 2540126666,67 \text{ mm}^4$$

- Momen inersia pelat arah pendek

$$I_s = 1/12 \times l_y \times h_f^3$$

$$I_s = 1/12 \times (4000 - 300/2 - 300/2) \times 110^3 = 410391666,67 \text{ mm}^4$$

$$\alpha f_s = \frac{E_b \times I_b}{E_s \times I_s} = \frac{4700\sqrt{30} \times 2540126666,67}{4700\sqrt{30} \times 410391666,67} = 6,19$$

- Momen inersia pelat arah panjang

$$I_i = 1/12 \times l_x \times hf^3$$

$$I_i = 1/12 \times (4500 - 300/2 - 300/2) \times 110^3 = 465850000 \text{ mm}^4$$

$$\alpha f_i = \frac{E_b \times I_b}{E_i \times I_i} = \frac{4700\sqrt{30} \times 2540126666,67}{4700\sqrt{30} \times 465850000} = 5,45$$

Maka,

$$\alpha f_m = \frac{\alpha f_s + \alpha f_i}{2} = \frac{6,19 + 5,45}{2} = 5,82$$

Karena αf_m hitung 5,82 > dari 2, maka tebal plat minimum h yang digunakan SNI 2847-2013 pasal 9.5.3.3.c adalah,

$$h = \frac{l_n(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 9\beta}$$

Dimana,

$$\beta = \frac{4000 - \frac{300}{2} - \frac{300}{2}}{4500 - \frac{300}{2} - \frac{300}{2}} = 0,88$$

Maka,

$$h = \frac{4500(0,8 + \frac{400}{1400})}{36 + (9 \times 0,88)} = 111,24 \text{ mm (tebal minimum)}$$

Dan tidak kurang dari 90 mm, 111,24 < 120 mm, maka jika diambil ketebalan pelat atap sebesar h = 11 cm masih memenuhi persyaratan tersebut.

Lampiran 2

1. Perhitungan Beban Mati

a. Beban Mati pada Plat

Berikut ini merupakan analisa beban tambahan pada plat lantai untuk lantai dak (lantai atap) dan plat lantai selain dak (lantai atap).

Tabel L2.1 : Beban mati tambahan pada plat lantai 1

LANTAI 1			
Spesi, 21 kg/m ² per cm (t=2 cm)	=	42	Kg/m ²
Keramik (t=1 cm)	=	24	Kg/m ²
Plafond dan penggantung	=	18	Kg/m ²
ME	=	60	Kg/m ²
Total	=	144	Kg/m ²

Sumber : SNI 1727-2020

Tabel L2.2 : Beban mati tambahan pada plat lantai 2

LANTAI 2			
Spesi, 21 kg/m ² per cm (t=2 cm)	=	42	Kg/m ²
Keramik (t=1 cm)	=	24	Kg/m ²
Plafond dan penggantung	=	18	Kg/m ²
ME	=	60	Kg/m ²
Total	=	144	Kg/m ²

Sumber : SNI 1727-2020

Tabel L2.3 : Beban mati tambahan pada plat lantai 3

LANTAI 3 (ATAP)			
Waterproof	=	4	Kg/m ²
Plafond dan penggantung	=	18	Kg/m ²
ME	=	60	Kg/m ²
Total	=	82	Kg/m ²

Sumber : SNI 1727-2020

b. Beban Dinding

Berikut ini merupakan perhitungan beban dinding yang dibedakan menjadi beban dinding untuk lantai 1 -2 dan lantai 3 (atap).

a. Dinding Lt.1 ($h_{\text{antar lantai}} = 4 \text{ m}$)

$$\text{Pasangan bata setengah batu} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban merata} = 250 \times \frac{1}{2} \times (4 + 3,8)$$

$$= 0,975 \text{ t/m}$$

$$= 9,75 \text{ kN/m}$$

b. Dinding Lt.2 ($h_{\text{antar lantai}} = 3,8 \text{ m}$)

$$\text{Pasangan bata setengah batu} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban merata} = 250 \times \frac{1}{2} \times (3,8 + 3,8)$$

$$= 0,950 \text{ t/m}$$

$$= 9,5 \text{ kN/m}$$

c. Dinding Lt.3 ($h_{\text{antar lantai}} = 3,8 \text{ m}$)

$$\text{Pasangan bata setengah batu} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban merata} = 250 \times \frac{1}{2} \times 3,8$$

$$= 0,475 \text{ t/m}$$

$$= 4,75 \text{ kN/m}$$

d. Dinding Parapet ($h_{\text{antar lantai}} = 1 \text{ m}$)

$$\text{Pasangan bata setengah batu} = 250 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Beban merata} = 250 \times 1$$

$$= 0,250 \text{ t/m}$$

$$= 2,5 \text{ kN/m}$$

Lampiran 3

1. Perhitungan Beban Hidup

Nilai beban hidup yang digunakan terdapat pada Tabel 3.4. Sesuai dengan Pasal 4.7 SNI 1727:2020 bahwa selain beban hidup merata pada atap, semua beban terdistribusi merata minimum lainnya, L_0 dalam Tabel 4.3-1 SNI 1727:2020 dapat direduksi sesuai ketentuan.

Pada beban hidup merata, komponen struktur yang memiliki nilai K_{LLA_T} adalah 400 ft^2 (36.16 m^2) atau lebih diizinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi sesuai dengan:

$$L = L_0 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LLA_T}}} \right) \quad (\text{Dalam SNI})$$

Dimana:

L = beban hidup desain tereduksi per ft^2 (m^2) dari luasan yang didukung oleh komponen struktur

L_0 = beban hidup desain tanpa reduksi per ft^2 (m^2)

K_{LL} = faktor elemen beban hidup (Tabel 4.7-1, SNI 1727:2020)

A_T = luas tributary dalam ft^2 (m^2)

Dalam hal ini, L tidak boleh kurang dari $0,5 L_0$ untuk struktur yang mendukung satu lantai, L tidak boleh kurang dari $0,4 L_0$ untuk struktur yang mendukung dua lantai atau lebih.

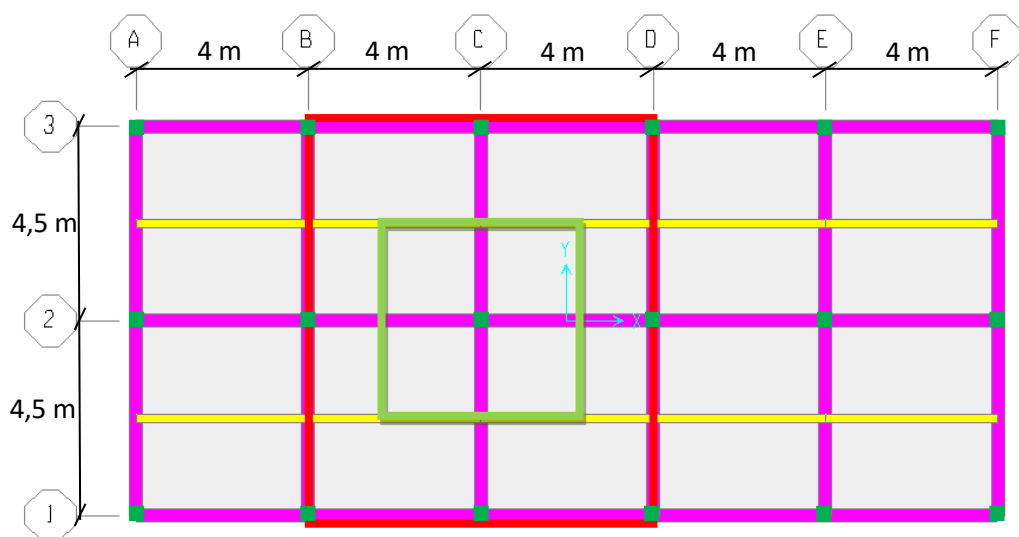
Komponen struktur yang memiliki nilai K_{LLA_T} adalah 400 ft^2 ($37,16 \text{ m}^2$) atau lebih diizinkan untuk dirancang dengan beban hidup tereduksi.

Dimana :

K_{LL} = faktor elemen beban hidup

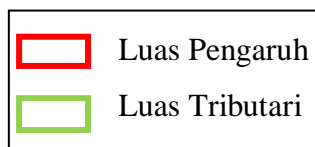
A_T = luas tributari dalam ft^2 (m^2)

Faktor K_{LL} adalah rasio luas pengaruh (A_I) dari komponen struktur terhadap luas tributarinya (A_T), yaitu, $K_{LL} = A_I / A_T$, dan digunakan untuk lebih mendefinisikan area pengaruh komponen struktur sebagai fungsi dari luas tributarinya. Gambar L3.1 mengilustrasikan area pengaruh tipikal dan area tributari untuk suatu struktur dengan jarak bentang yang teratur.



Gambar L3.1: Luas pengaruh dan luas tributari tipikal Lt.2

Sumber : SAP2000, Editor Penulis



$$K_{LL} = \frac{A_I}{A_T}$$

$$K_{LL} = \frac{9 \times 8}{4,5 \times 4} = 4 \text{ (kolom interior } K_{LL}=4)$$

Sehingga :

$$K_{LL} A_T = 4 \times 18$$

$$= 72$$

Jika $K_{LL}A_T \geq 400 \text{ ft}^2 (37,16 \text{ m}^2)$

$$72 \geq 37,16 \text{ m}^2$$

Maka, beban hidup diizinkan untuk direduksi sesuai rumus di pasal 4.7.2 SNI 1727:2020 yaitu,

$$L = L_0 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right)$$

$$L = 4,79 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{72}} \right)$$

$L = 3,78 \text{ kN/m}^2$ (Lantai dasar)

Karena lantai di atasnya juga mempunyai luas pengaruh dan luas tributari tipikal yang sama dengan lantai dasar, sehingga lantai di atasnya juga dapat direduksi sesuai rumus di pasal 4.7.2 SNI 1727:2020

$$L = L_0 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{K_{LL}A_T}} \right)$$

$$L = 3,59 \left(0,25 + \frac{4,57}{\sqrt{72}} \right)$$

$L = 2,83 \text{ kN/m}^2$ (Lantai di atasnya)

Sehingga nilai beban hidup setelah di reduksi menjadi seperti yang ditunjukkan pada Tabel L3.1.

Tabel L3.1: Beban hidup area setelah direduksi.

Beban Hidup L_0				
Lantai dasar	378	kg/m ²	3,78	kN/m ²
Lantai 2 dan di atasnya	283	kg/m ²	2,83	kN/m ²
Tangga dan bordes	479	kg/m ²	4,79	kN/m ²
Lantai atap	96	kg/m ²	0,96	kN/m ²

Sumber : SNI 1727-2020

Lampiran 4

A. Perhitungan Beban Gempa

Berikut ini hanya melampirkan detail perhitungan data beban gempa pada tanah lunak. Untuk data beban gempa pada tanah sedang dan tanah keras disajikan dalam bentuk tabel.

1. Umum

Fungsi bangunan	: Rumah Toko
Jumlah tingkat	: 3 lantai
Lokasi	: Medan
Kategori resiko	: II (Tabel 3 SNI 1726-2019, hal. 24)
Kelas situs tanah	: SE (Tanah Lunak)

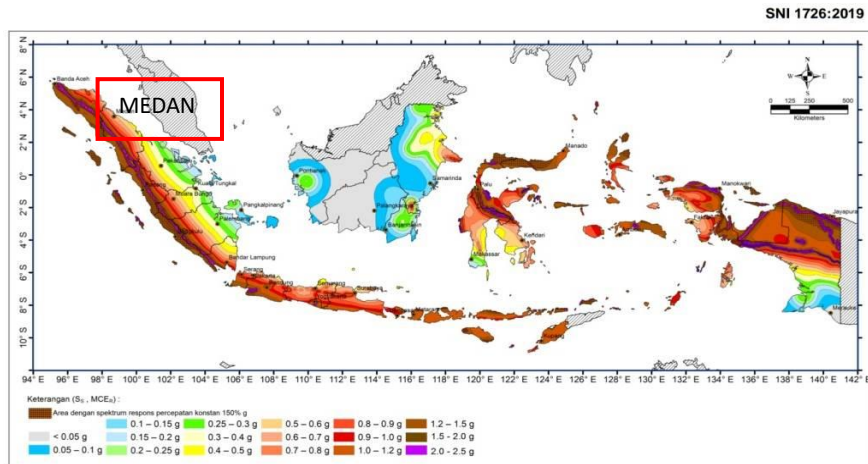
2. Faktor Keutamaan Gempa

Tabel L4.1: Faktor keutamaan gempa (Tabel 4, SNI 1726-2019, hal 25)

Kategori risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Sumber : SNI 1726-2019

3. Parameter Percepatan Gempa

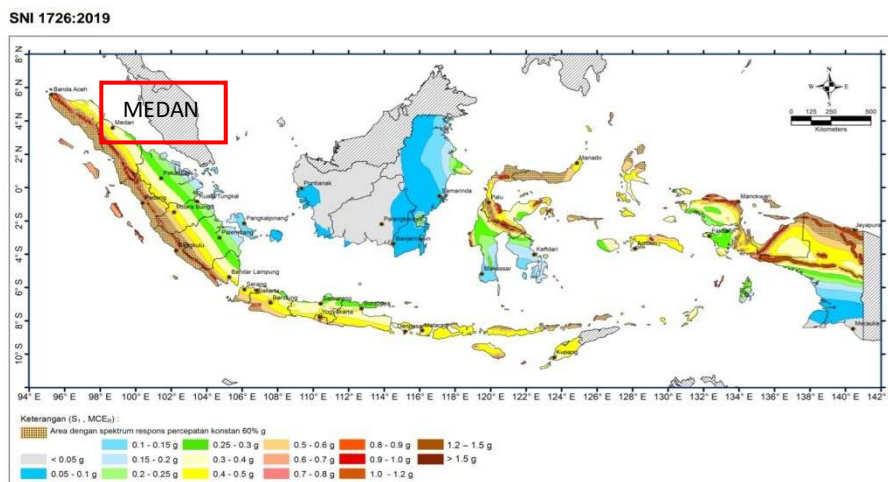


Gambar 15 – Parameter gerak tanah S_s , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_E) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2-detik (redaman kritis 5 %)

Gambar L4.1: Peta parameter S_s untuk daerah Medan

Sumber : SNI 1726-2019

Percepatan gempa untuk periode pendek (S_s) kota Medan = 0,6558 g



Gambar 16 – Parameter gerak tanah S_1 , gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_E) wilayah Indonesia untuk spektrum respons 0,2- detik (redaman kritis 5 %)

Gambar L4.2: Peta parameter S_1 untuk daerah Medan

Sumber : SNI 1726-2019

Percepatan gempa untuk periode 1 detik (S_1) kota Medan = 0,3634 g

4. Koefisien Situs

Tabel L4.2: Koefisien situs (F_a) (Tabel 6 SNI 1726-2019, hal. 34)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode pendek, $T = 0.2$ detik, S_s					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	SS ^(a)					

Sumber : SNI 1726-2019

$$\text{Rumus interpolasi : } 1,3 + \left(\frac{0,75 - 0,6558}{0,75 - 0,5} \right) (1,7 - 1,3) = 1,45072$$

Faktor amplifikasi getaran percepatan pada getaran periode pendek (F_a) = 1,451

Tabel L4.3: Koefisien situs, F_v (Tabel 7, SNI 1726-2019, hal. 34-35)

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R) terpetakan pada periode 1 detik, S_I					
	$S_I \leq 0,1$	$S_I = 0,2$	$S_I = 0,3$	$S_I = 0,4$	$S_I = 0,5$	$S_I \geq 0,6$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SC	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
SD	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
SE	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
SF	SS ^(a)					

Sumber : SNI 1726-2019

$$\text{Rumus interpolasi : } 2,4 + \left(\frac{0,4 - 0,3634}{0,4 - 0,3} \right) (2,8 - 2,4) = 2,5464$$

Faktor amplifikasi getaran percepatan pada getaran periode 1 detik (F_v) = 2,546

5. Parameter Respon Spektral

Parameter respon spectral percepatan periode pendek

$$S_{MS} = F_a \cdot S_s = 1,45072 \cdot 0,6558 = 0,951 \text{ g}$$

Parameter respon spectral percepatan periode 1 detik

$$S_{MI} = F_v \cdot S_I = 2,5464 \cdot 0,3634 = 0,925 \text{ g}$$

6. Parameter Percepatan Spectral Desain

Parameter percepatan spectral desain periode pendek

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} = 0,634 g$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} = 0,617 g$$

7. Kategori Desain Seismik

Tabel L4.4 : Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek

Nilai S_{DS}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{DS} < 0,167$	A	A
$0,167 \leq S_{DS} < 0,33$	B	C
$0,33 \leq S_{DS} < 0,50$	C	D
$0,50 \leq S_{DS}$	D	D

Sumber : SNI 1726-2019

KDS berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek = D

Tabel L4.5 : Kategori desain seismik berdasarkan parameter respon percepatan pada periode 1 detik

Nilai S_{D1}	Kategori risiko	
	I atau II atau III	IV
$S_{D1} < 0,067$	A	A
$0,067 \leq S_{D1} < 0,133$	B	C
$0,133 \leq S_{D1} < 0,20$	C	D
$0,20 \leq S_{D1}$	D	D

Sumber : SNI 1726-2019

KDS berdasarkan parameter respons percepatan pada periode 1 detik = D

8. Sistem Pemikul Gaya Seismik

Berdasarkan SNI 1726-2019 Tabel 12, (hal. 49) sistem pemikul gaya seismik rangka beton bertulang pemikul momen khusus (SRPMK)

Koefisien modifikasi respon, R : 8

Faktor kuat lebih sistem, Ω_0 : 3

Faktor pembesaran defleksi, Cd : 5½

9. Spektrum Respon Desain

Tata cara perhitungan spectrum respon desain Pasal 6.4, SNI 1726-2019, hal. 35 :

- a. Menghitung nilai percepatan S_a , untuk periode $T < T_0$

$$S_a = S_{DS} \left(0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0} \right)$$

- b. Menghitung nilai S_a , untuk rentang periode $T_0 < T < T_s$

Pada rentang ini nilai S_a adalah konstan sesuai nilai S_{DS} .

- c. Menghitung nilai S_a , untuk rentang periode $T_s < T < T_L$

Pada rentang ini, nilai S_a adalah:

$$S_a = \frac{S_{D1}}{T}$$

- d. Menghitung nilai S_a , untuk rentang periode $T > T_L$

Pada rentang ini, nilai S_a adalah:

$$S_a = \frac{S_{D1} T_L}{T^2}$$

Ket:

SDS = parameter respons spectral percepatan desain pada periode pendek

SD1 = parameter respons spectral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getar alami fundamental

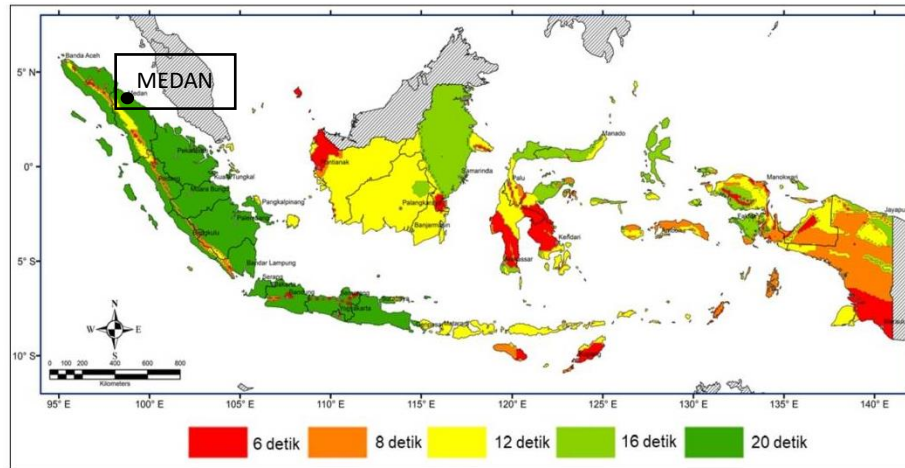
Untuk penentuan nilai T, T_0 , T_s , dan T_L adalah sebagai berikut:

T = periode fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = 0,2 \frac{0,617}{0,634} = 0,19464 \text{ detik}$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} = \frac{0,617}{0,634} = 0,97319 \text{ detik}$$

TL = 20 detik (berdasarkan Gambar 20, SNI 1726-2019, hal. 238)



Gambar L4.3: Peta transisi periode panjang, T_L untuk daerah Medan
Sumber : SNI 1726-2019

10. Pemilihan Prosedur Analisis

Berikut ini adalah cara cek pemilihan atau penentuan metode analisis gempa yang di pakai sesuai dengan karakteristik struktur dan kategori desain seismik yang di gunakan pada struktur yang direncanakan, dimana struktur yang direncanakan adalah kategori desain seismik (KDS) D dengan tinggi struktur 15,4 meter dan menggunakan analisis linier metode respons spektrum.

Tabel L4.6: Pemilihan prosedur analisis (Tabel 16, SNI 1726-2019, hal. 68)

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen pasal 0	Analisis spektrum respons ragam pasal 0	Prosedur respons riwayat waktu seismik pasal 0
B, C	Semua struktur	I	I	I
D, E, F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II yang tidak lebih 2 tingkat diatas dasar	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dan ketinggiannya tidak melebihi 48,8 m	I	I	I
	Struktur tanpa ketidakberaturan struktural dengan ketinggian melebihi 48,8 m dan $T < 3,5 T_s$	I	I	I
	Struktur dengan ketinggian tidak melebihi 48,8 m dan hanya memiliki ketidakberaturan horizontal tipe 2,3,4 atau 5 atau ketidakberaturan vertikal tipe 4, 5a atau 5b	I	I	I
	Semua struktur lainnya	TI	I	I

CATATAN I: Diizinkan, TI: Tidak Diizinkan

Sumber : SNI 1726-2019

Dapat dilihat dari tabel diatas, struktur yang direncanakan diizinkan untuk menggunakan analisis gempa metode respon spektrum.

11. Kesimpulan

Seluruh penjabaran perhitungan diatas (Lampiran 4) merupakan cara menghitung data-data gempa pada tanah lunak yang diperlukan untuk perhitungan selanjutnya. Untuk perhitungan beban gempa pada kondisi tanah sedang (SD) dan tanah keras (SC) sama persis seperti perhitungan diatas, namun untuk mempersingkat dan membandingkan secara langsung nilai-nilai dari ketiga jenis tanah tersebut maka disajikan dalam bentuk Tabel L4.7.

Tabel L4.7 : Data gempa respon spektrum pada tanah lunak, tanah sedang, dan tanah keras.

Data Gempa	Tanah Lunak (SE)	Tanah Sedang (SD)	Tanah Keras (SC)
I_e	1	1	1
S_s	0,6558 g	0,6558 g	0,6558 g
S_1	0,3634 g	0,3634 g	0,3634 g
F_a	1,451 g	1,275 g	1,238 g
F_v	2,546 g	1,937 g	1,5 g
S_{MS}	0,951 g	0,836 g	0,812 g
S_{M1}	0,925 g	0,704 g	0,545 g
S_{DS}	0,634 g	0,557 g	0,541 g
S_{D1}	0,617 g	0,469 g	0,363 g
KDS	D	D	D
R	8	8	8
Ω_o	3	3	3
C_d	5 ½	5 ½	5 ½
T_0	0,195 s	0,168 s	0,134 s
T_s	0,973 s	0,842 s	0,671 s
T_{Lmax}	20 s	20 s	20 s

Sumber : Penulis

Lampiran 5

Penentuan Periode Struktur Tanah Lunak, Tanah Sedang, & Tanah Keras

Pada *Output software* analisis struktur ketiga jenis tanah ini memiliki periode yang sama, yaitu

$$T \text{ mode 1} = 0,889 \text{ s}$$

$$T \text{ mode 2} = 0,810 \text{ s}$$

Berdasarkan Pasal 7.8.2, SNI 1726-2019, hal. 71, disebutkan bahwa periode fundamental struktur, T , tidak boleh melebihi batasan atas ($T = C_u x T_a$) dan periode fundamental pendekatan, T_a ($T_a = C_t x h_n^x$).

Penentuan nilai T_a berdasarkan 2 pendekatan, yaitu:

- Pendekatan 1 (Pasal 7.8.2.1, SNI 1726-2019, hal. 72)

$$T_a = C_t x h_n^x$$

Nilai C_t dan x diambil berdasarkan tabel L4.1.

Tabel L5.1: Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x (SNI 1726-2019, Tabel 18, hal. 72).

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100 % gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik: <ul style="list-style-type: none">Rangka baja pemikul momenRangka beton pemikul momen	0,0724 0,0466	0,8 0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Sumber : SNI 1726-2019

Maka,

$$T_a = C_t x h_n^x$$

$$T_a = 0,0466 x 11,6^{0,9}$$

$$T_a = 0,423 \text{ detik}$$

b. Pendekatan 2 (Pasal 7.8.2.1, SNI 1726-2019, hal. 72)

$$T_a = 0,1 \times N$$

$$T_a = 0,1 \times 3$$

$$T_a = 0,3 \text{ detik}$$

Ket:

h_n = ketinggian struktur (m)

N = jumlah tingkat

Nilai T_a yang diambil adalah pada pendekatan 1 = 0,423 detik. Nilai C_u diperoleh berdasarkan Tabel L4.2.

Tabel L5.2 : Koefisien batas atas untuk periode yang dihitung (SNI 1726 - 2019, Tabel 17 hal. 72).

Parameter percepatan respons spektral desain pada 1 detik, S_{DI}	Koefisien C_u
$\geq 0,4$	1,4
0,3	1,4
0,2	1,5
0,15	1,6
$\leq 0,1$	1,7

Sumber : SNI 1726-2019

$$T = C_u \times T_a$$

$$T = 1,4 \times 0,423$$

$$T = 0,5922 \text{ detik}$$

Periode Struktur 3 lantai (arah X)

$$T_{\text{Software}} = 0,889 \text{ detik}$$

$$T_{\text{a minimum}} = 0,423 \text{ detik}$$

$$T_{\text{a maksimum}} = 0,5922 \text{ detik (dipakai)}$$

Periode Struktur 3 lantai (arah Y)

$$T_{\text{Software}} = 0,810 \text{ detik}$$

$$T_{\text{a minimum}} = 0,423 \text{ detik}$$

$$T_{\text{a maksimum}} = 0,5922 \text{ detik (dipakai)}$$

Lampiran 6

Koreksi Faktor Redudansi

Berdasarkan SNI 1726-2019, Pasal 7.3.4.2 ρ diizinkan diambil sebesar 1,0. Jika salah satu kondisi yang disyaratkan pada pasal tersebut terpenuhi, yaitu salah satunya masing-masing tingkat yang menahan lebih dari 35% gaya geser dasar dalam arah yang ditinjau. Apabila kondisi tersebut tidak terpenuhi, maka ρ harus diganti dengan 1,3. Koreksi distribusi gaya geser lantai (*story shear*) dengan 35% gaya geser dasar total (*base shear*) struktur pada tanah lunak, tanah sedang dan tanah keras tertera pada Tabel L6.1 – Tabel L6.3.

Tabel L6.1 : Pengecekan 35% *base shear* pada struktur di atas tanah lunak

Lantai	Vx (kN)	Vy (kN)	35% x Vx	35% x Vy	Cek Arah x	Cek Arah y
			Base Shear	Base Shear		
3	215,55	215,55	182,75	182,75	OK	OK
2	417,34	417,34	182,75	182,75	OK	OK
1	522,15	522,15	182,75	182,75	OK	OK

Sumber : SNI 1726-2019

Tabel L6.2 : Pengecekan 35% *base shear* pada struktur di atas tanah sedang

Lantai	Vx (kN)	Vy (kN)	35% x Vx	35% x Vy	Cek Arah x	Cek Arah y
			Base Shear	Base Shear		
3	189,50	189,50	160,66	160,66	OK	OK
2	366,89	366,89	160,66	160,66	OK	OK
1	459,04	459,04	160,66	160,66	OK	OK

Sumber : SNI 1726-2019

Tabel L6.3 : Pengecekan 35% *base shear* pada struktur di atas tanah keras

Lantai	Vx (kN)	Vy (kN)	35% x Vx	35% x Vy	Cek Arah x	Cek Arah y
			Base Shear	Base Shear		
3	183,90	183,90	155,92	155,92	OK	OK
2	356,05	356,05	155,92	155,92	OK	OK
1	445,47	445,47	155,92	155,92	OK	OK

Sumber : SNI 1726-2019

Dari Tabel L6.1 – L6.3 diketahui gaya geser memenuhi syarat lebih besar dari 35% gaya geser dasar, maka reduksi (ρ) pada struktur menggunakan nilai 1.

Lampiran 7

Perhitungan Desain Balok Induk (SRPMK) Tanah Lunak (SE)

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013			
Properti Material dan Penampang				
Panjang Balok, L		Input	mm	4500
Lebar Balok, b		Input	mm	300
Tinggi Balok, h		Input	mm	400
Panjang Tumpuan	21.5.3.1	$2 * h$	mm	800
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b		Input	mm	16
Diameter Tulangan Pinggang, d_{bt}		Input	mm	13
Diameter Tulangan Sengkang, d_s		Input	mm	10
Selimit Bersih, c_c		Input	mm	40
Tinggi Efektif Balok, d		$h - c_c - d_s - d_b/2$	mm	342
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	30
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y		Input	MPa	400
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_{yv}		Input	MPa	400
β_1	10.2.7.3	$0.65 \leq 0.85 - 0.05 * (f_c' - 28) / 7 \leq 0.85$		0.8357
Panjang Kolom, c_1		Input (Sisi tegak lurus lebar balok)	mm	450
Lebar Kolom, c_2		Input (Sisi yang ditempel balok/sejajar lebar balok)	mm	450
L_n		$L - c_1$	mm	4050
λ		Asumsi tidak menggunakan beton ringan		1
Desain Lentur				
Gaya Dalam				
$M_{u,tumpuan (-)}$		Input	kN-m	-95.5201
$M_{u,tumpuan (+)}$		Input	kN-m	27.3041
$M_{u,lapangan (-)}$		Input	kN-m	-26.9915
$M_{u,lapangan (+)}$		Input	kN-m	38.4167
P_u		Input	kN	4.781
Syarat Gaya dan Geometri				
Syarat Gaya Aksial	21.5.1.1	$P_u \leq 0.1 A_g f_c'$?		OK
Syarat Tinggi Efektif	21.5.1.2	$L_n \geq 4d$?		OK
Syarat Lebar 1	21.5.1.3	$b \geq \min(0.3h, 250 \text{ mm})$?		OK
Syarat Lebar 2	21.5.1.4	$b \leq c_2 + 2 * \min(c_2, 0.75 c_1)$?		OK
Penulangan Lentur				
Tumpuan Negatif				
Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, n		Input		5
d_b			mm	16
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	30.000
Cek Jarak Bersih	7.6.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	1005.310
$As_{min,1}$	10.5.1	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	351.227
$As_{min,2}$	10.5.1, 21.5.2.1	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	359.100
Cek As min		As Pasang $\geq As_{min}$?		OK
ρ		$As / (b * d)$		0.98%

$\rho_{max,1}$	B.10.3	$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f'_c / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.40%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	2.5%		2.50%
Cek As max		$\rho \leq \rho_{max} ?$		OK
a	10.2.7.1	$As * f_y / (0.85 * f'_c * b)$	mm	52.565
M_n	10.2.7.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	126.957
c	10.2.7.1	a / β_1	mm	62.899
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	$(d - c) / c * 0.003$		0.013
ϕ	S9.3.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	114.262
$M_{u,tumpuan} (-)$			kN-m	95.520
Cek Kapasitas		$\phi M_n > M_{u,?}$		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	756.373
Tumpuan Positif				
n		Input		3
d_b			mm	16
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	76.000
Cek Jarak Bersih	7.6.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	603.186
$As_{min,1}$	10.5.1	$(f'_c)^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	351.227
$As_{min,2}$	10.5.1, 21.5.2.1	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	359.100
$As_{min,4}$	21.5.2.2	0.5 * As Tumpuan Negatif	mm ²	502.655
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OK
ρ		$As / (b * d)$		0.59%
$\rho_{max,1}$	B.10.3	$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f'_c / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.40%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	2.5%		2.50%
Cek As max		$\rho \leq \rho_{max} ?$		OK
a	10.2.7.1	$As * f_y / (0.85 * f'_c * b)$	mm	31.539
M_n	10.2.7.1	$As * f_y * (d - a/2)$	kN-m	78.711
c	10.2.7.1	a / β_1	mm	37.739
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	$(d - c) / c * 0.003$		0.024
ϕ	S9.3.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * M_n$	kN-m	70.840
M_u			kN-m	27.304
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_{u,?}$		OK
As Perlu		$M_u / [f_y * (d - a/2)]$	mm ²	209.239
Lapangan Negatif				
n		Input		2
d_b			mm	16
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	168.000
Cek Jarak Bersih	7.6.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	402.124
$As_{min,1}$	10.5.1	$(f'_c)^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	351.227
$As_{min,2}$	10.5.1, 21.5.2.1	$1.4 / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	359.100
$As_{min,4}$	21.5.2.2	0.25 * As Tumpuan Negatif	mm ²	251.327
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OK
ρ		$As / (b * d)$		0.39%
$\rho_{max,1}$	B.10.3	$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f'_c / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.40%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	2.5%		2.50%
Cek As max		$\rho \leq \rho_{max} ?$		OK

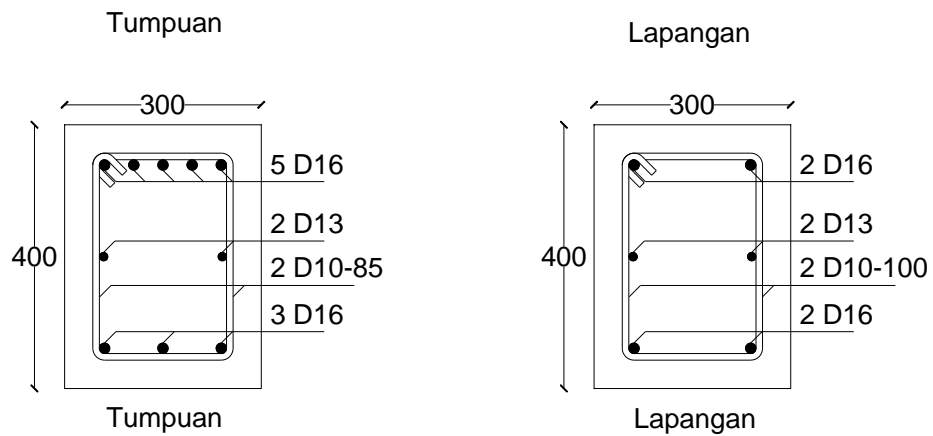
a	10.2.7.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	21.026
M_n	10.2.7.1	$As * fy * (d - a/2)$	kN-m	53.320
c	10.2.7.1	$a / \beta 1$	mm	25.159
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	$(d - c) / c * 0.003$		0.038
ϕ	S9.3.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * Mn$	kN-m	47.988
M_u			kN-m	26.992
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu		$Mu / [fy * (d - a/2)]$	mm ²	203.564
Lapangan Positif				
n		Input		2
d_b			mm	16
Jarak Bersih Antar Tulangan		$(b - 2 c_c - 2 d_s - n * d_b) / (n - 1)$	mm	168.000
Cek Jarak Bersih	7.6.1	Jarak Bersih $\geq d_b$ dan 25 mm?		IYA
Jumlah Lapis				1
As Pasang		$n * \pi / 4 * d_b^2$	mm ²	402.124
$As_{min,1}$	10.5.1	$(f_c')^{0.5} / (4 * f_y) * b * d$	mm ²	351.227
$As_{min,2}$	10.5.1, 21.5.2.1	$1.4 / (4 * fy) * b * d$	mm ²	359.100
$As_{min,4}$	21.5.2.2	0.25 * As Tumpuan Negatif	mm ²	251.327
Cek As min		As Pasang \geq As min ?		OK
ρ		$As / (b * d)$		0.39%
$\rho_{max,1}$	B.10.3	$0.75 \rho_b = 0.75 * 0.85 * \beta_1 * f_c' / f_y * (600 / (600 + f_y))$		2.40%
$\rho_{max,2}$	21.5.2.1	2.5%		2.50%
Cek As max		$\rho \leq \rho_{max} ?$		OK
a	10.2.7.1	$As * fy / (0.85 * fc' * b)$	mm	21.026
M_n	10.2.7.1	$As * fy * (d - a/2)$	kN-m	53.320
c	10.2.7.1	$a / \beta 1$	mm	25.159
ϵ_s	10.2.2, 10.2.3	$(d - c) / c * 0.003$		0.038
ϕ	S9.3.2	$0.65 \leq 0.65 + (\epsilon_s - 0.002) / 0.003 * 0.25 \leq 0.9$		0.900
ϕM_n		$\phi * Mn$	kN-m	47.988
M_u			kN-m	38.417
Cek $\phi M_n > M_u$		$\phi M_n > M_u ?$		OK
As Perlu		$Mu / [fy * (d - a/2)]$	mm ²	289.730
Desain Geser				
Gaya Dalam				
$V_{u,tumpuan}$		Input	kN	92.505
$V_{u,lapangan}$		Input	kN	79.35
Tumpuan				
Gaya Desain				
$V_{g,tumpuan}$	S21.5.4	Input [Kombinasi 1.2 D + L]	kN	65.924
A_s^+ Tumpuan		Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	603.186
A_s^- Tumpuan		Dari Sheet Desain Lentur	mm ²	1005.310
a_{pr}^+		1.25 a (tumpuan positif)	mm	39.424
a_{pr}^-		1.25 a (tumpuan negatif)	mm	65.707
M_{pr}^+	S21.5.4	$A_s^+ * (1.25 f_y) * (d - a_{pr}^+ / 2)$	N mm	97199785
M_{pr}^-	S21.5.4	$A_s^- * (1.25 f_y) * (d - a_{pr}^- / 2)$	N mm	155394102
V_{sway} atau V_{pr}	21.5.4.1	$(M_{pr}^+ + M_{pr}^-) / L_n$	N	62369
V_e	21.5.4.1	$V_g + V_{pr}$	N	128293
Tahanan Geser Beton				
V_{pr}			N	62369
1/2 V_e			N	64146
Pu			N	4781

Ag fc' / 20			N	180000
V _c Diperhitungkan?	21.5.4.2	V _c = 0 jika V _{pr} >= 1/2 V _e dan P _u < A _g f _c ' / 20		Iya
V _c			N	95534
Penulangan Geser				
Jumlah Kaki		Input		2
Av		n * π/4 * d _s ²	mm ²	157.080
Spasi		Input	mm	85
Spasi Max 1	21.5.3.2	d / 4	mm	85.50
Spasi Max 2	21.5.3.2	6 d _b	mm	96.00
Spasi Max 3	21.5.3.2	150 mm	mm	150.00
Cek Spasi				OK
V _s	11.4.7.2	A _v * f _{yt} * d / s	N	252806
Batas V _s	11.4.7.9	0.66 * (f _c ') ^{0.5} * b * d	N	370896
φ	9.3.2.3			0.75
V _n		V _c + V _s	N	348340
V _u			N	128293
φV _n / V _u				2.036
Cek Kapasitas		φV _n / V _u >= 1 ?		OK
Lapangan				
Penulangan Geser				
Jumlah Kaki		Input		2
Av		n * π/4 * d _s ²	mm ²	157.080
Spasi		Input	mm	100
Spasi Max	21.5.3.4	d / 2	mm	171.00
Cek Spasi				OK
V _s	11.4.7.2	A _v * f _{yt} * d / s	N	214885
Batas V _s	11.4.7.9	0.66 * (f _c ') ^{0.5} * b * d	N	370896
V _c	11.2.1.1	0.17 * (f _c ') ^{0.5} * b * d	N	95534
φ	9.3.2.3			0.75
V _n		V _c + V _s		310419
V _u			N	79350
φV _n / V _u				2.934
Cek Kapasitas		φV _n / V _u >= 1 ?		OK
Desain Torsi				
Parameter Geometri Penampang untuk Perhitungan Torsi				
A _{cp}		b * h	mm ²	120000
P _{cp}		2 * (b + h)	mm	1400
x _o		b - 2c _c - d _s	mm	210
y _o		h - 2c _c - d _s	mm	310
A _{oh}		x _o * y _o	mm ²	65100
A _o	11.5.3.6	0.85 A _{oh}	mm ²	55335
P _h		2 * (x _o + y _o)	mm	1040
Gaya Dalam				
T _u		Input	kN m	8.5216
Pengecekan Kebutuhan Tulangan Torsi				
T _{cr}		0.33 * (f _c ') ^{0.5} * A _{cp} ² / P _{cp}	N mm	18591269
φ	9.3.2.3			0.75
φ T _{cr} / 4			N mm	3485863
Perlu Tulangan Torsi?	11.5.1	T _u > φ 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	φ T _{cr} atau T _u	N mm	8521600
V _u		Dari Sheet Desain Geser	N	128293

V_c	11.2.1.1	$0.17 * (f_c')^{0.5} * b * d$	N	95534
Tegangan Ultimate Geser+Torsi	11.5.3.1	$\{ [V_u / b * d]^2 + [T_u P_h / (1.7 A_{oh})]^2 \}^{0.5}$	MPa	1.754
Kapasitas Tegangan Beton	11.5.3.1	$\phi * \{ [V_c / (b * d)] + 0.66 * (f_c')^{0.5} \}$	MPa	3.410
Cek Dimensi Penampang	11.5.3.1	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	θ diambil untuk balok komponen struktur non prategang	°	45
Penulangan Transversal Torsi				
n kaki Tumpuan		Dari Sheet Desain Geser		2
n kaki Lapangan		Dari Sheet Desain Geser		2
s Tumpuan		Dari Sheet Desain Geser	mm	85
s Lapangan		Dari Sheet Desain Geser	mm	100
s max 1	11.5.6.1	$P_h / 8$	mm	130
s max 2	11.5.6.1	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		$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	1.848
A_{vht} / s Tumpuan Pasang		$n * \pi / 4 * d_s^2 / s$	mm ² /mm	1.571
A_t / s	11.5.3.6	$T_u / (2 * \phi * A_o * f_{yv})$	mm ² /mm	0.257
A_v / s Tumpuan Perlu		$(V_u \text{ Tumpuan} / \phi - V_c) / (f_{yv} * d)$	mm ² /mm	0.552
A_v / s Lapangan Perlu		$(V_u \text{ Lapangan} / \phi - V_c) / (f_{yv} * d)$	mm ² /mm	0.075
A_{vht} / s Tumpuan Perlu	11.5.5.2	$2 * A_t / s + A_v / s$		1.065
A_{vht} / s Lapangan Perlu	11.5.5.2	$2 * A_t / s + A_v / s$		0.588
A_{vht} / s min 1	11.5.5.2	$0.062 * (f_c')^{0.5} * b / f_{yv}$		0.255
A_{vht} / s min 2	11.5.5.2	$0.35 * b / f_{yv}$		0.263
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 ?		OK
Penulangan Longitudinal Torsi				
d_b atau d_{bt}			mm	13
d_b , min	11.5.6.2	0.042 s	mm	4.2
Cek d_b		d_b >= d_b min ?		OK
As Perlu Tumpuan Atas		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	756.373
As Perlu Tumpuan Bawah		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	209.239
As Perlu Lapangan Atas		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	203.564
As Perlu Lapangan Bawah		Dari Sheet Desain Geser	mm ²	289.730
A_t	11.5.3.7	$A_t / s * P_h$	mm ²	266.934
A_t min	11.5.5.3	$0.42 * (f_c')^{0.5} * A_{cp} / f_y - (A_t/s) * P_h$	mm ²	423.197
$A_s + A_t$ Perlu Tumpuan			mm ²	1388.810
$A_s + A_t$ Perlu Lapangan			mm ²	916.491
n Tumpuan Atas		Dari Sheet Desain Lentur		5
n Tumpuan Tengah		Input (Disarankan Kelipatan 2)		2
n Tumpuan Bawah		Dari Sheet Desain Lentur		3
n Tumpuan Vertikal		2 + n Tengah / 2		3
n Lapangan Atas		Dari Sheet Desain Lentur		2
n Lapangan Tengah		Input (Disarankan Kelipatan 2)		2
n Lapangan Atas		Dari Sheet Desain Lentur		2
n Tumpuan Vertikal		2 + n Tengah / 2		3
Spasi Horizontal Tumpuan		$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	92
Spasi Vertikal Tumpuan		$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	142
Spasi Horizontal Lapangan		$(b - 2c_c - 2d_s - d_b) / [\min(n \text{ atas}, n \text{ bawah}) - 1]$	mm	184
Spasi Vertikal Lapangan		$(h - 2c_c - 2d_s - d_b) / (n \text{ Vertikal} - 1)$	mm	142
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	1873.960
$A_s + A_t$ Pasang Lapangan			mm ²	1069.712
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

Kesimpulan	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Kapasitas Torsi	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal Tumpuan Atas	5 D16
Longitudinal Tumpuan Tengah	2 D13
Longitudinal Tumpuan Bawah	3 D16
Longitudinal Lapangan Atas	2 D16
Longitudinal Lapangan Tengah	2 D13
Longitudinal Lapangan Bawah	2 D16
Tulangan Transversal/Sengkang	
Sengkang Tumpuan	2D10-85
Sengkang Lapangan	2D10-100

Sketsa Balok



Lampiran 8

Perhitungan Desain Kolom (SRPMK) Tanah Lunak (SE)

Parameter	Pasal Referensi	Persamaan	Satuan	Nilai
	SNI 2847:2013			
Properti Material dan Penampang				
Panjang/Tinggi Kolom, L		Input	mm	4000
Sisi Pendek Kolom, b		Input	mm	450
Sisi Panjang Kolom, h		Input	mm	450
Diameter Tulangan Longitudinal, d_b		Input	mm	25
Diameter Tulangan Sengkang, d_s		Input	mm	13
Selimit Bersih, c_c		Input	mm	40
Kuat Tekan Beton, f_c'		Input	MPa	30
Kuat Leleh Tul. Longitudinal, f_y		Input	MPa	400
Kuat Leleh Tul. Transversal, f_{yv}		Input	MPa	400
Tinggi Balok, h_b		Input	mm	400
L_n		$L - h_b$	mm	3600
Desain Longitudinal				
Syarat Gaya dan Geometri				
Syarat Gaya Aksial	21.6.1	$P_u > 0.1 A_g f_c'$?		OK
Syarat Sisi Terpendek	21.6.1.1	$b \geq 300$ mm ?		OK
Syarat Rasio Dimensi Penampang	21.6.1.2	$b/h \geq 0.4$?		OK
Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur (Menggunakan PCA Column, atau SP Column, atau CSI Column, dll.)				
Jumlah Tulangan, n		Input		16
Luas Tulangan Longitudinal, A_s		$n * \pi/4 * d_b^2$	mm ²	7854.0
Rasio Tulangan, ρ		$A_s / (b * h)$		3.88%
Cek ρ_{min} dan ρ_{max}	21.6.3.1	$1\% \leq \rho \leq 6\%$		OK
Pengecekan Strong Column - Weak Beam (SCWB)				
Momen Nominal Kolom, M_{nc}		Input (M_n dari kondisi P_{max} dan P_{min})	kN m	136.684
M_n^- Tumpuan Balok		Input	kN m	126.957
M_n^+ Tumpuan Balok		Input	kN m	78.711
Cek SCWB	21.6.2.2	$2 * M_{nc} \geq 1.2 * (M_n^- + M_n^+)$		OK
Desain Transversal				
Panjang Zona Sendi Plastis				
l_{o1}	21.6.4.1	h	mm	450.0
l_{o2}	21.6.4.1	$L_n / 6$	mm	600.0
l_{o3}	21.6.4.1	450 mm	mm	450
l_o	21.6.4.1	Max ($l_{o1}; l_{o2}; l_{o3}$)	mm	600.0
Tulangan Transversal Zona Sendi Plastis/Tumpuan				
Jumlah Kaki Sisi Pendek, n1		Input		4
Jumlah Kaki Sisi Panjang, n2		Input		4
Spasi, s		Input	mm	100
Spasi Kaki Terbesar, $x_{i max}$	S21.6.4.2	Input	mm	150
$A_{sh 1}$		$n * \pi/4 * d_s^2$	mm ²	530.929
$A_{sh 2}$		$n * \pi/4 * d_s^2$	mm ²	530.929
$A_{sh} / s, 1$			mm ² / mm	5.309
$A_{sh} / s, 2$			mm ² / mm	5.309

Confinement /Kekangan Zona Sendi Plastis				
Lebar Penampang Inti Beton, b_c	S21.6.4.2	$b - 2c_c$	mm	370
Panjang Penampang Inti Beton, h_c	S21.6.4.2	$h - 2c_c$	mm	370
Luas Penampang Kolom, A_g		$b * h$	mm ²	202500
Luas Penampang Inti Beton, A_{ch}		$b_c * h_c$	mm ²	136900
Sisi Pendek/Sumbu Lemah				
A_{sh}/s min, 1	21.6.4.4	$0.3 (b_c * f'_c / f_{yv}) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	3.989
A_{sh}/s min, 2	21.6.4.4	$0.09 * b_c * f'_c / f_{yv}$	mm ²	2.498
Cek A_{sh}/s 1		A_{sh}/s 1 \geq A_{sh}/s min ?		OK
Sisi Panjang/Sumbu Kuat				
A_{sh}/s min, 1	21.6.4.4	$0.3 (h_c * f'_c / f_{yv}) * (A_g / A_{ch} - 1)$	mm ²	3.989
A_{sh}/s min, 2	21.6.4.4	$0.09 * h_c * f'_c / f_{yv}$	mm ²	2.498
Cek A_{sh}/s 2		A_{sh}/s 2 \geq A_{sh}/s min ?		OK
Cek Spasi				
$s_{max,1}$	21.6.4.3	$b / 4$	mm	112.5
$s_{max,2}$	21.6.4.3	$6 * d_b$	mm	150
h_x	21.6.4.3	$x_{i \max}$	mm	150
$s_{max,3} = s_o$	21.6.4.3	$100 \leq 100 + (350 - h_x) / 3 \leq 150$	mm	150.000
s_{max}	21.6.4.3	Min (s_{max1} , s_{max2} , s_{max3})	mm	112.500
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	571.433
V_{u1}	S21.5.4	$2 * M_{pr}$ Kolom / Ln	N	317463
Gaya Geser Hasil Analisis Struktur				
V_{u2} , Sumbu Lemah		Dari Sheet Gaya Dalam	N	35209
V_{u2} , Sumbu Kuat		Dari Sheet Gaya Dalam	N	37799
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah				
V_u		Max (V_{u1} , V_{u2})	N	317463
ϕ	9.3.2.3			0.75
V_c	11.2.1.2	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} h$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	N	162747
V_s Perlu	11.1.1	$V_u / \phi - V_c$	N	260537
A_s/s Perlu	11.4.7.2	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = b - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	1.6940
A_s/s Min 1	-	$0.062 (f'_c)^{0.5} h / f_{yv}$	mm ² / mm	0.3820
A_s/s Min 2	-	$0.35 h / f_{yv}$	mm ² / mm	0.3938
Cek A_s/s		A_{sh}/s 1 \geq Max (A_s/s Perlu, A_s/s Min) ?		OK
Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat				
V_u		Max (V_{u1} , V_{u2})	N	317463
ϕ	9.3.2.3			0.75
V_c	11.2.1.2	$0.17 (1 + N_u / (14 A_g)) (f'_c)^{0.5} b$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	N	162747
V_s Perlu	11.1.1	$V_u / \phi - V_c$	N	260537
A_s/s Perlu	11.4.7.2	$V_s / (f_{yv} * d)$; $d = h - c_c - d_s - d_b / 2$	mm ² / mm	1.6940
A_s/s Min 1	-	$0.062 (f'_c)^{0.5} b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.3820
A_s/s Min 2	-	$0.35 b / f_{yv}$	mm ² / mm	0.3938
Cek A_s/s		A_{sh}/s 2 \geq Max (A_s/s Perlu, A_s/s 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	150
A_v Sumbu Lemah		$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	265.465
A_v Sumbu Kuat		$n * \pi / 4 * d_s^2$	mm ²	265.465

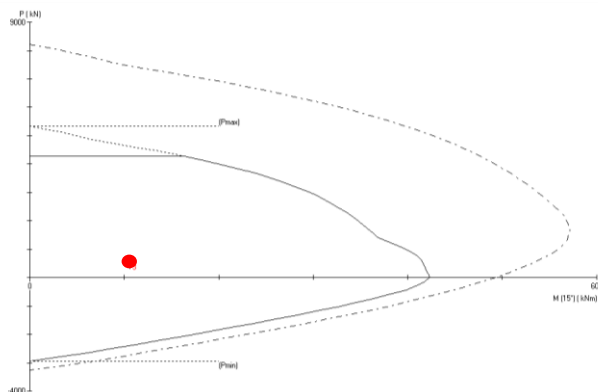
Confinement /Kekangan Luar Zona Sendi Plastis				
Spasi max 1	21.6.4.5	6 d _b	mm	150.0
Spasi max 2	21.6.4.5	150 mm	mm	150.0
Cek Spasi		Spasi <= Spasi Max ?		OK
Kuat Geser Luar Zona Sendi Plastis				
Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah				
V _u		Dari Sheet Gaya Dalam	N	35209
φ	9.3.2.3			0.75
V _c	11.2.1.2	0.17 (1 + N _u /(14 A _g)] (f _c ') ^{0.5} h d; d = b - c _c - d _s - d _b / 2	N	162747
V _s Perlu	11.1.1	Max (V _u /φ - V _c ; 0)		0
A _v /s Perlu	11.4.7.2	V _s / (f _{yv} * d); d = b - c _c - d _s - d _b / 2		0.0000
A _v /s Min 1	-	0.062 (f _c ') ^{0.5} b / f _{yv}	mm ² / mm	0.0000
A _v /s Min 2	-	0.35 b / f _{yv}	mm ² / mm	0.0000
Cek A _v /s		A _v /s >= A _v /s Perlu ?		OK
Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat				
V _u		Dari Sheet Gaya Dalam	N	37799
φ	9.3.2.3			0.75
V _c	11.2.1.2	0.17 (1 + N _u /(14 A _g)] (f _c ') ^{0.5} b d; d = h - c _c - d _s - d _b / 2	N	162747
V _s Perlu	11.1.1	Max (V _u /φ - V _c ; 0)		0
A _v /s Perlu	11.4.7.2	V _s / (f _{yv} * d); d = h - c _c - d _s - d _b / 2		0.0000
A _v /s Min 1	-	0.062 (f _c ') ^{0.5} b / f _{yv}	mm ² / mm	0.0000
A _v /s Min 2	-	0.35 b / f _{yv}	mm ² / mm	0.0000
Cek A _v /s		A _v /s >= A _v /s Perlu ?		OK

Kapasitas Aksial-Lentur

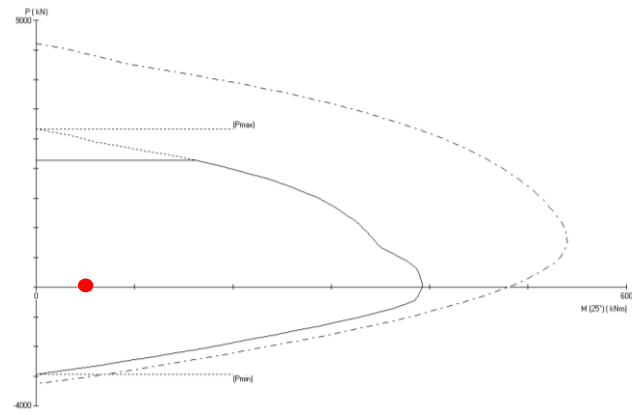
No	P _u kN	M _{ux} kNm	M _{uy} kNm	φM _{nx} kNm	φM _{ny} kNm	φM _n /M _u	NA Depth mm	d _t Depth mm	ε _t	φ	M _{nx} kNm
1	28.83	45.9	21.42	355.37	165.83	7.743	223	515	0.00395	0.812	437.648
2	795.35	-29.77	-88.05	-127.12	-375.99	4.27	258	501	0.00281	0.718	177.047
3	455.19	102.52	26.97	404.23	106.34	3.943	222	482	0.00354	0.778	519.576
4	565.51	-102.53	-26.97	-402.47	-105.88	3.926	229	482	0.00333	0.761	528.870
5	541.75	29.41	93.66	122.32	389.55	4.159	238	495	0.00326	0.755	162.013
6	650.06	-29.41	-93.66	-121.62	-387.32	4.135	245	496	0.00306	0.739	164.574

Diagram Interaksi

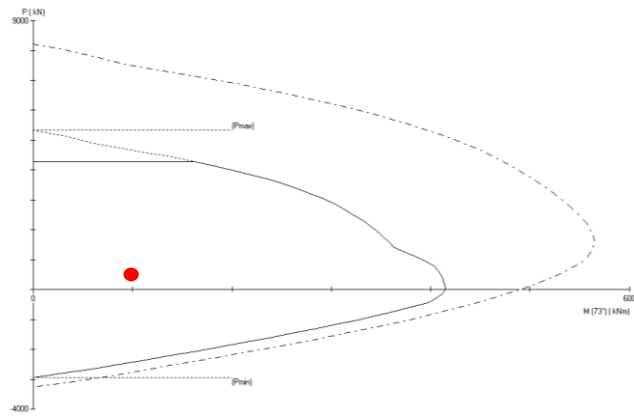
Kondisi 1



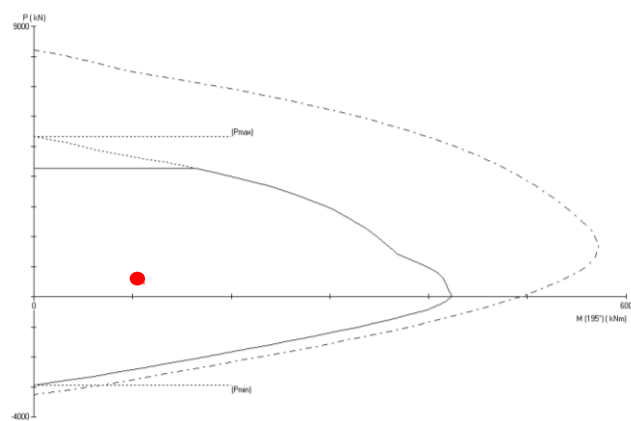
Kondisi 2



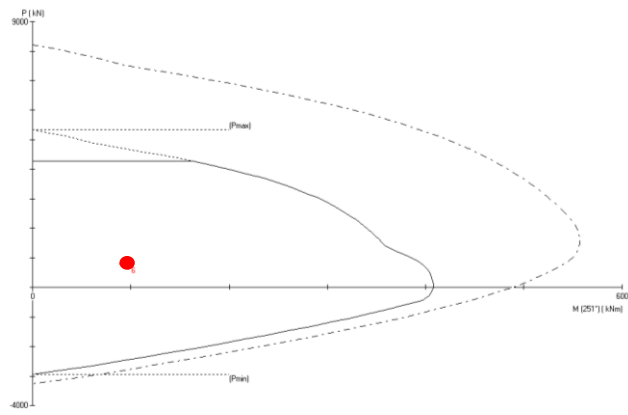
Kondisi 3



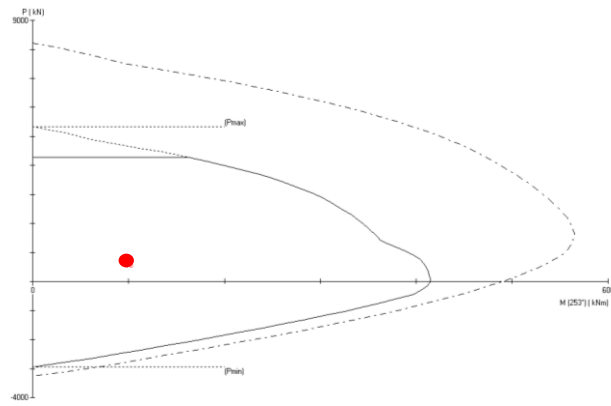
Kondisi 4



Kondisi 5



Kondisi 6



Keterangan :

- = Nominal
- - - = Tereduksi
- = Beban

Kesimpulan	
Syarat Gaya dan Geometri	OK
Kapasitas Lentur	OK
Kapasitas Geser	OK
Tulangan Longitudinal	
Longitudinal	16 D25
Tulangan Transversal/Sengkang Tumpuan	
Sumbu Lemah	4D13-100
Sumbu Kuat	4D13-100
Tulangan Transversal/Sengkang Lapangan	
Sumbu Lemah	2D13-150
Sumbu Kuat	2D13-150

Sketsa Kolom

