

**PERANCANGAN STRUKTUR BETON BERTULANG
BANGUNAN GEDUNG HOTEL 15 LANTAI TAHAN GEMPA
DI KABUPATEN LAMPUNG SELATAN BERDASARKAN SNI
1726:2019 DAN SNI 2847:2019**



SKRIPSI

Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Ujian Skripsi

Program Studi Teknik Sipil

Pada Fakultas Teknik

Universitas IBA

Oleh :

KANAYA AZ ZAHRAH

NPM. 22310006

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS IBA PALEMBANG**

2026

HALAMAN PENGESAHAN

**PERANCANGAN STRUKTUR BETON BERTULANG BANGUNAN
GEDUNG HOTEL 15 LANTAI TAHAN GEMPA DI KABUPATEN
LAMPUNG SELATAN BERDASARKAN SNI 1726:2019 DAN SNI
2847:2019**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Ujian Skripsi
Program Studi Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas IBA**

**Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik**



**Dr. Ir. Hardayani Haruno, M.T.
(NIDN. 99 009944 92)**

**Palembang, September 2026
Menyetujui,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil**

**Robi Sahbar, S.T., M.T.
(NIDN. 02 030173 02)**

HALAMAN PENGESAHAN

**PERANCANGAN STRUKTUR BETON BERTULANG BANGUNAN
GEDUNG HOTEL 15 LANTAI TAHAN GEMPA DI KABUPATEN
LAMPUNG SELATAN BERDASARKAN SNI 1726:2019 DAN SNI
2847:2019**



SKRIPSI

**Dibuat Untuk Memenuhi Syarat Ujian Skripsi
Program Studi Teknik Sipil Pada Fakultas Teknik
Universitas IBA**

Telah diperiksa dan disetujui Oleh :

**Pembimbing I
Universitas IBA**

**Ir. Sapta, S.T., M.T., IPU Asean Eng
(NIDN. 02 060969 01)**

**Pembimbing II
Universitas IBA**

**Sari Farlianti, S.T., M.T
(NIDN. 02 310778 01)**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini di ajukan :

Nama : Kanaya Az Zahrah

NPM : 22310002

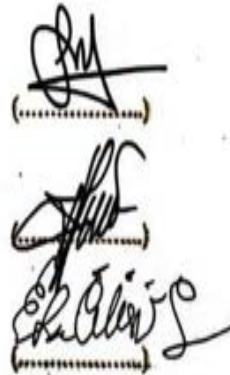
Program Studi : Teknik Sipil

**Judul Skripsi : Perancangan Struktur Beton Bertulang Bangunan
Gedung Hotel 15 Lantai Tahan Gempa di Kabupaten
Lampung Selatan Berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI
2847:2019.**

**Telah berhasil dipertahankan di hadapan dewan penguji dan diterima sebagai
persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi
Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas IBA.**

DEWAN PENGUJI :

- 1. Robi Sahbar, S.T., M.T.
NIDN. 02 030173 02**
- 2. Amelia Rajela, S.T., M.T.
NIDN. 02 220774 01**
- 3. Eka Wisnu Sumantri, S.T., M.T.
NIDN. 20 70369 01**



Ditetapkan : Palembang

Tanggal : September 2026

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Kanaya Az Zahrah
NPM : 22310002
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Perancangan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gedung
Hotel Tahan Gempa di Kecamatan Kalianda Kabupaten
Lampung Selatan Berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI
1726:2019

Dengan menyatakan bahwa hasil analisis skripsi yang saya buat ini merupakan karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila dikemudian hari ternyata penulisan skripsi ini merupakan plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain. Maka saya bersedia mempertanggung jawabkan sekaligus menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib Universitas IBA Palembang.

Palembang,

Yang Membuat Pernyataan,

A handwritten signature in black ink is written over a rectangular stamp. The stamp contains the text 'METAL' and 'DE FIMONIT'.

(Kanaya Az Zahrah)
22310006

ABSTRAK

PERANCANGAN STRUKTUR BETON BERTULANG BANGUNAN GEDUNG HOTEL TAHAN GEMPA DI KECAMATAN KALIANDA KABUPATEN LAMPUNG SELATAN BERDASARKAN SNI 2847:2019 DAN SNI 1726:2019

Sapta*, Sari Farlianti *, Kanaya Az Zahrah **

**) Dosen Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas IBA*

***) Alumni Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Sipil, Universitas IBA*

Kabupaten Lampung Selatan merupakan salah satu wilayah yang memiliki potensi besar dalam pengembangan sektor pariwisata, Kondisi tersebut mengharuskan setiap pembangunan gedung bertingkat dirancang dengan memperhatikan aspek keamanan dan ketahanan terhadap beban gempa sesuai standar yang berlaku. Penelitian ini bertujuan untuk merancang struktur beton bertulang bangunan hotel 15 lantai di Kabupaten Lampung Selatan berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung serta SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Perencanaan dilakukan melalui pemodelan struktur tiga dimensi menggunakan perangkat lunak ETABS dengan mempertimbangkan beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban gempa yang dianalisis menggunakan metode respons spektrum. Tahapan analisis meliputi evaluasi periode getar alami, partisipasi massa modal, gaya geser dasar (*base shear*), distribusi gaya gempa, simpangan antar lantai (*story drift*), pemeriksaan pengaruh P-Delta, serta perancangan elemen struktur berupa balok dan kolom berdasarkan ketentuan SNI 2847:2019. Hasil analisis menunjukkan bahwa struktur yang direncanakan memenuhi seluruh persyaratan kinerja struktur tahan gempa, ditunjukkan oleh nilai periode getar, gaya geser dasar, partisipasi massa, dan simpangan antar lantai yang masih berada dalam batas yang diizinkan. Selain itu, hasil desain balok dan kolom memenuhi persyaratan kekuatan, daktilitas, stabilitas, dan keamanan struktur sesuai standar yang berlaku. Dengan demikian, perancangan struktur beton bertulang bangunan hotel 15 lantai di Kabupaten Lampung Selatan dinyatakan layak diterapkan sebagai bangunan tahan gempa yang aman, andal, dan memenuhi ketentuan peraturan nasional.

Kata kunci: beton bertulang, hotel 15 lantai, ETABS, respons spektrum, struktur tahan gempa, SNI 1726:2019, SNI 2847:2019.

ABSTRAK

STRUCTURAL DESIGN OF AN EARTHQUAKE-RESISTANT REINFORCED CONCRETE HOTEL BUILDING IN SOUTH LAMPUNG REGENCY IN ACCORDANCE WITH SNI 2847:2019 AND SNI 1726:2019

Sapta*, Sari Farlianti *, Kanaya Az Zahrah **

**) Lecturer of Faculty of Engineering, Civil Engineering Study Programme, IBA
University*

***) Alumni of Faculty of Engineering Study Programme, IBA University*

South Lampung Regency is one of the regions with significant potential for tourism development. However, it is located in a high seismic hazard zone due to its proximity to the Sunda Strait subduction zone. Consequently, the design of multi-story buildings in this area must prioritize structural safety and earthquake resistance in accordance with the applicable national standards. This study aims to design the reinforced concrete structural system of a 15-story hotel building in South Lampung Regency based on the provisions of SNI 1726:2019, Code for Seismic Resistance Design of Building and Non-Building Structures, and SNI 2847:2019, Requirements for Structural Concrete for Buildings. The structural design was carried out through three-dimensional modeling using ETABS software by considering dead loads, superimposed dead loads, live loads, and earthquake loads analyzed using the response spectrum method. The analysis procedure included the evaluation of the natural vibration period, modal mass participation ratio, base shear, seismic force distribution, inter-story drift, P-Delta effects, and the design of structural elements, including beams and columns, in accordance with the requirements of SNI 2847:2019. The analysis results indicate that the proposed structural system satisfies all seismic performance requirements, as demonstrated by the natural vibration period, base shear, modal mass participation ratio, and inter-story drift, all of which remain within the allowable limits specified by the applicable standards. Furthermore, the designed beams and columns comply with the required criteria for strength, ductility, stability, and structural safety. Therefore, the reinforced concrete structural design of the proposed 15-story hotel building in South Lampung Regency is considered suitable for implementation as a safe, reliable, and earthquake-resistant structure that complies with the prevailing Indonesian national standards.

Keywords: *reinforced concrete, 15-story hotel, ETABS, response spectrum analysis, earthquake-resistant structure, SNI 1726:2019, SNI 2847:2019*

MOTTO

“Dan bahwa manusia hanya memperoleh apapun yang telah diusahakannya, dan
sesungguhnya usaha itu kelak akan diperlihatkan”

(Q.S An Najm 39-40)

“ no matter how difficult it is, never stop beliving in yourself”

(Monkey D Luffy)

*“ life can be heavy, especially if you try to carry it all at once. Part of growing up
and moving into new chapters of your life is about catch and release ”*

(Taylor Swift)

*“Happiness can be found even in the darkest of times if one only remembers to
turn on the light”*

(Albus Dumbledore)

“jangan biarkan orang lain membuatmu tidak percaya diri”

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat, nikmat, dan karunia-Nya sehingga skripsi yang berjudul "**Perancangan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gedung Hotel Tahan Gempa di Kabupaten Lampung Selatan Berdasarkan SNI 2847:2019 dan SNI 1726:2019**" dapat diselesaikan dengan baik. Setiap proses yang dilalui dalam penyusunan skripsi ini menjadi bagian dari perjalanan yang penuh pembelajaran, kerja keras, kesabaran, serta doa.

Dengan penuh rasa syukur dan hormat, karya sederhana ini saya persembahkan kepada orang-orang yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan, motivasi, dan inspirasi dalam setiap langkah kehidupan saya. Semoga karya ini menjadi wujud rasa terima kasih atas segala pengorbanan dan kebaikan yang telah diberikan, serta menjadi awal dari langkah untuk memberikan manfaat yang lebih luas bagi keluarga, masyarakat, dan perkembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang teknik sipil.

Dalam proses penyusunan laporan ini, penulis memperoleh berbagai dukungan dan arahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan penuh rasa hormat dan terima kasih, penulis menyampaikan apresiasi yang sebesar - besarnya kepada:

1. Arie Frama Yengki sang ayah tercinta yang selalu ingin mewarnai hari hari penulis, tidak banyak yang bisa penulis sampaikan, tidak banyak juga kenangan yang bisa penulis tuangkan, dalam diam penulis mengetahui seberapa besar ayah ingin memberikan yang terbaik untuk penulis, penulis berterimakasih telah menjadi sumber semangat bagi penulis.
2. Syafri Djamil, Kasniwati, dan Maya silviyanti atas segala doa yang tidak pernah berhenti diucapkan, kasih sayang yang tidak pernah berhenti diberikan, kepercayaan yang selalu dipercayakan, serta dukungan moral maupun material, pencapaian ini tidak akan pernah penulis capai tanpa pengorbanan dan dukungan tulus dari mereka.

3. Bapak Ir. Sapta, S.T., M.T., IPU, Asean Eng dan Ibu Sari Farlianti, S.T.,M.T selaku dosen pembimbing, yang telah begitu banyak memberikan ilmu kepada penulis, meluangkan begitu banyak waktu untuk membimbing penulis, tanpa bapak dan ibu penulis tidak mungkin bisa menyelesaikan skripsi ini, terimakasih atas semua hal yang membangun penulis hingga penulis bisa sampai di tahap ini.
4. Alya Indriawati yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, memberikan dukungan dan dorongan disetiap penulis merasa ingin menyerah, seluruh canda tawa dan suka cita menjadi kenangan indah bagi penulis, terimakasih telah menjadi bagian penting dalam perjalanan penulis dari titik mulai hingga titik akhir ini.
5. Untuk Kaer, seseorang yang menemani separuh perjalanan penulis, seseorang yang memberikan banyak keyakinan untuk penulis, seseorang yang selalu mengisi hari penulis, yang telah menemani siang dan malam perjalanan penulis, yang menjadi salah satu penyebab besar hingga penulis bisa sampai dititik ini.
6. Bapak Arian Pratama, S.T.,M.T, Ibu Eva Rosela S.E, dan Bapak Loangga Adhistella S.T, Karena telah banyak memaklumi penulis dan selalu mendukung penulis selama bekerja maupun berkuliah, Serta mbak Wulan, kak ardy dan kak harly yang telah memberikan semangat serta banyak memberikan saran dan masukan untuk penulis baik dalam hal pekerjaan maupun perkuliahan.
7. Rahmadi Valdis S.T. banyak terimakasih karna telah bersabar dalam membimbing penulis, memberikan banyak bantuan dalam penyusunan skripsi ini, terimakasih telah selalu yakin dan tidak pernah meragukan kemampuan penulis.
8. Terimakasih kepada teman teman saya M. Helmi Ananda, M. Faisal As, Rifki, Ridho dan Rico yang juga berperan dalam membantu penulis menyelesaikan skripsi ini, terimakasih atas waktu dan bantuan yang telah diberikan, karena kalian pengerjaan skripsi ini terasa lebih ringan dan menyenangkan.
9. Terakhir ucapan terimakasih juga penulis sampaikan kepada diri sendiri, atas kesabaran yang tidak pernah usai, semangat yang tidak dibiarkan patah, serta Impian yang terus terjaga, meskipun banyak jatuh bangun yang kita alami, terimakasih karena tidak bersikap terlalu keras terhadap diri kita, dalam segala keadaan, terimakasih karena tidak pernah menyerah.

KATA PENGANTAR

Assalamua'alaikum Wr.Wb.

Segala puji bagi Allah SWT atas segala rahmat dan izin-Nya lah penulis dapat menyelesaikan penulisan Skripsi dengan judul “**Perancangan Struktur Beton Bertulang Bangunan Hotel 15 Lantai Tahan Gempa di Kabupaten Lampung Selatan Berdasarkan SNI 1726:2019 Dan SNI 2847:2019**”.

Laporan Skripsi ini dibuat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas IBA Palembang.

Dalam penyelesaian dan penyusunan Skripsi ini penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak dalam hal ini penulis menyampaikan ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu **Dr. Ir. Hardayani Haruno, M.T.** Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas IBA Palembang.
2. Bapak **Robi Sahbar, S.T., M.T.** Selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas IBA Palembang.
3. Bapak **Ir. Sapta, S.T., M.T., IPU Asean Eng** Selaku Dosen Pembimbing I Program Studi Teknik Sipil Universitas IBA Palembang.
4. Ibu **Sari Farlianti S.T., M.T** Selaku Dosen Pembimbing II Program Studi Teknik Sipil Universitas IBA Palembang.
5. Seluruh Dosen dan Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas IBA Palembang.
6. Kedua Orang Tua dan Kakak-Kakakku tercinta yang telah memberikan Do'a serta membantu kami secara moril dan materil.
7. Diri saya sendiri, yang sudah rela berjuang untuk menuntaskan tanggung jawab.
8. Dan semua pihak yang telah terlibat dalam membantu dan memberikan petunjuk dalam menyelesaikan laporan ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Demikian skripsi ini menambahi ilmu dan pengetahuan bagi pembaca serta banyak memberi manfaat bagi rekan-rekan Mahasiswa/i jurusan Teknik Sipil lainnya, walaupun penulis dengan menyadari bahwa masih banyak kekurangan dan kelemahan dalam penyusunan skripsi ini, baik dari segi isi maupun teknik penulisan yang terlepas dari pengamatan penulis, hal ini tak lain dikarenakan oleh keterbatasan penulis. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membantu dalam memperbaiki kekurangan-kekurangan pada skripsi ini.

Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih atas segala dukungannya, semoga apa yang kita lakukan mendapatkan limpahan rahmat dari Allah SWT dan berguna bagi kita semua.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Palembang, Juli 2026

Penulis

Kanaya Az Zahrah

DAFTAR ISI

PERANCANGAN STRUKTUR BETON BERTULANG BANGUNAN	
GEDUNG HOTEL 15 LANTAI TAHAN GEMPA DI KABUPATEN	
LAMPUNG SELATAN BERDASARKAN SNI 1726:2019 DAN SNI	
2847:2019	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
SURAT PERNYATAAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRAK	vii
MOTTO..	viii
PERSEMBAHAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
BAB II LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Umum.....	4
2.2 Pembebanan Struktur.....	4
2.3 Kombinasi Beban	12
2.4 Analisis Perancangan Bangunan Struktur Tahan Gempa	13
2.5 Stabilitas Struktur	32
2.6 Struktur Beton Bertulang.....	32
2.7 Sistem Rangka Pemikul Momen	33
2.8. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa	33

2.9 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah	34
2.10 Sistem Rangka Pemikul Khusus.....	35
BAB III METEDOLOGI PENELITIAN.....	36
3.1 Metologi Penelitian	36
3.2 Kerangka Berpikir penelitian	36
3.3 Metode Pelaksana	37
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Data Perencana Struktur	39
4.2 Data Material dan Dimensi Elemen Struktur	45
4.3 Beban Gravitasi	46
4.4 Data Beban Gempa.....	47
4.5 Analisis Struktur	48
4.6 Analisa struktur atas	69
BAB V PENUTUP	199
5.1 Kesimpulan.....	199
5.2 Saran.....	199
DAFTAR PUSTAKA.....	200

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ss gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCER).....	19
Gambar 2. 2 S1 gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCER)	19
Gambar 2. 3 Spektrum Respons Desain	23
Gambar 2. 4 Faktor Pembesaran Torsi, Ax.....	29
Gambar 2. 5 Penentuan Simpangan Antar Tingkat.....	30
Gambar 4. 1 Gambar Lokasi.....	39
Gambar 4. 2 Prespektif Struktir bangunan rencana	40
Gambar 4. 3 Denah Lantai 1 – 14	40
Gambar 4. 4 Denah Lantai Atap.....	41
Gambar 4. 5 Potongan Grid B	41
Gambar 4. 6 Potongann Grid C	42
Gambar 4. 7 Potongan Grid D.....	42
Gambar 4. 8 Potongan Grid E	43
Gambar 4. 9 Potongan Grid F	43
Gambar 4. 10 Potongan Grid 1	44
Gambar 4. 11 Potongan Grid 2	44
Gambar 4. 12 Potongan Grid 3	44
Gambar 4. 13 Potongan Grid 4	44
Gambar 4. 14 Potongan Grid 5-6	45
Gambar 4. 15 Potongan Grid 10	45
Gambar 4. 16 Kurva Respon Spektrum Gempa Desain	48
Gambar 4. 17 Pergeseran Mode 1 Arah Y.....	53
Gambar 4. 18 Pergeseran Mode 2 Arah x.....	53
Gambar 4. 19 Pergeseran mode 3 Rotasi	54
Gambar 4. 20 Penulangan Kolom Sudut Lt 1-3.....	162
Gambar 4. 21 Penulangan Kolom Tengah Lt 1-3	162
Gambar 4. 22 Detail Penulangan Kolom Tepi Lt 1-3	163
Gambar 4. 23 Detail Penulangan Kolom Sudut Lt 4-6.....	163
Gambar 4. 24 Detail Penulangan Kolom Tengah Lt 4-6.....	164
Gambar 4. 25 Detail Penulangan Kolom Tepi Lt 4-6	164
Gambar 4. 26 Detail Penulangan Kolom Sudut Lt 7-9.....	165
Gambar 4. 27 Detail Penulangan Kolom Tengah Lt 7-9.....	165
Gambar 4. 28 Detail Penulangan Kolom Tepi Lt 7-9	166
Gambar 4. 29 Detail Penulangan Kolom 10-12.....	166
Gambar 4. 30 Detail Penulangan Kolom Tengah Lt 10-12.....	167
Gambar 4. 31 Detail Penulangan Kolom Tepi Lt 10-12	167
Gambar 4. 32 Detail Penulangan Kolom Sudut Lt 13-15.....	168
Gambar 4. 33 Detail Penulangan Kolom Tengah Lt 13-15.....	168
Gambar 4. 34 Detail Penulangan Kolom Tepi Lt 13-15	169

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Beban mati berdasarkan bahan bangunan	5
Tabel 2. 2 Berat beban mati berdasarkan komponen gedung	6
Tabel 2. 3 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_0 dan beban hidup terpusat	7
Tabel 2. 4 Prosedur Analisis Gempa	15
Tabel 2. 5 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	15
Tabel 2. 6 Faktor keutamaan gempa	17
Tabel 2. 7 Klasifikasi Situs	17
Tabel 2. 8 Kategori desain seismik parameter respons percepatan periode pendek	20
Tabel 2. 9 Kategori desain seismik parameter respons percepatan periode 1 detik	20
Tabel 2. 10 Koefisien Situs, F_a	21
Tabel 2. 11 Koefisien Situs, F_v	21
Tabel 2. 12 Faktor R , Ω_0 dan C_d untuk Sistem pemikul gaya seismik	24
Tabel 2. 13 Koefisien untuk batas atas	26
Tabel 2. 14 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x	26
Tabel 2. 15 Simpangan antar tingkat izin	30
Tabel 4. 1 Respon Spektra	48
Tabel 4. 2 periode Ragam Getar dan Frekuensi (UN – Crack)	50
Tabel 4. 3 Periode Ragam Getar dan Frekuensi (Crack)	51
Tabel 4. 4 Rangkuman Beban mati dan Beban Hidup (SNI 1726-2019, Ps. 7.7.2)	51
Tabel 4. 5 Base shear sebelum terkoreksi (Crack)	52
Tabel 4. 6 Base Shear setelah terkoreksi (Crack)	52
Tabel 4. 7 Rasio Modal Partisipasi Massa	52
Tabel 4. 8 Data Peralihan Lantai Akibat Beban Lateral	54
Tabel 4. 9 <i>Story Drift</i> Arah Sumbu x	55
Tabel 4. 10 <i>Story Drift</i> Arah Sumbu Y	55
Tabel 4. 11 Rangkuman Berat Struktur per Lantai Akibat Beban Mati	56
Tabel 4. 12 Distribusi Gaya Gempa Perantai Arah Sumbu X	57
Tabel 4. 13 Distribusi Gaya Gempa Perantai Arah Sumbu Y	57
Tabel 4. 14 <i>Story Drift</i> Arah Sumbu Y	59
Tabel 4. 15 Pemeriksaan P – Delta Arah Sumbu x	59
Tabel 4. 16 Pemeriksaan P – Delta Arah Sumbu y	60
Tabel 4. 17 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal tipe 1a ratio 70% tipe arah X	61
Tabel 4. 18 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal tipe 1a ratio 80% tipe arah X	62
Tabel 4. 19 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal tipe 1a ratio 70% tipe arah Y	62
Tabel 4. 20 Pemeriksaan ketidak beraturan vertikal tipe 1a arah y 80%	63
Tabel 4. 21 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 60% tipe arah	64
Tabel 4. 22 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 70% tipe arah X	65
Tabel 4. 23 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 60% tipe arah Y	65
Tabel 4. 24 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 70% tipe arah Y	66
Tabel 4. 25 Pemeriksaan iregularitas Tipe 2	67
Tabel 4. 26 Pemeriksaan <i>story drift</i> ratio (exception) arah X	68
Tabel 4. 27 Pemeriksaan <i>story drift</i> ratio (exception) arah Y	68
Tabel 4.28 Diagram Kolom Arah x	91
Tabel 4.29 Diagram Kolom Arah y	92

Tabel 4.30 Diagram Kolom Arah x.....	97
Tabel 4.31 Diagram Kolom Arah y.....	97
Tabel 4.32 Diagram Kolom Arah x.....	102
Tabel 4.33 Diagram Kolom Arah y.....	103
Tabel 4.34 Diagram Kolom Arah x.....	107
Tabel 4.35 Diagram Kolom Arah y.....	108
Tabel 4.36 Diagram Kolom Arah X	113
Tabel 4.37 Diagram Kolom Arah y.....	113
Tabel 4.38 Diagram Kolom Arah x.....	117
Tabel 4.39 Diagram Kolom Arah y.....	118
Tabel 4.40 Diagram Kolom Arah x.....	122
Tabel 4.41 Diagram Kolom Arah y.....	122
Tabel 4.42 Diagram Kolom Arah x.....	127
Tabel 4.43 Diagram Kolom Arah y.....	127
Tabel 4.44 Diagram Kolom Arah x.....	131
Tabel 4.45 Diagram Kolom Arah y.....	131
Tabel 4.46 Diagram Kolom Arah x.....	135
Tabel 4.47 Diagram Kolom Arah y.....	136
Tabel 4.48 Diagram Kolom Arah x.....	140
Tabel 4.49 Diagram Kolom Arah y.....	140
Tabel 4.50 Diagram Kolom Arah x.....	144
Tabel 4.51 Diagram Kolom Arah y.....	145
Tabel 4.52 Diagram Kolom Arah X	149
Tabel 4.53 Diagram Kolom Arah y.....	149
Tabel 4.54 Diagram Kolom Arah x.....	154
Tabel 4.55 Diagram Kolom Arah y.....	154
Tabel 4.56 Diagram Kolom Arah x.....	158
Tabel 4.57 Diagram Kolom Arah y.....	158
Tabel 4. 58 Periode Ragam Getar.....	170
Tabel 4. 59 Base Shear Terkoreksi 100%.....	171
Tabel 4. 60 Analisis Komponen Struktur Pelat Lantai	175
Tabel 4. 61 Analisis Komponen Struktur Balok B1	175
Tabel 4. 62 Analisis Komponen Struktur Balok B3	176
Tabel 4. 63 Analisa Kolom Sudut 1-3 750 x 750 mm.....	177
Tabel 4. 64 Analisa Kolom Tengah 1-3 850 x 850 mm.....	178
Tabel 4. 65 Analisa Kolom Tepi 1-3 800 x 1200 cm.....	180
Tabel 4. 66 Analisa Kolom Sudut 4-6 700 x 700 mm.....	181
Tabel 4. 67 Analisa Kolom Tengah 4-6 800 x 800 mm.....	183
Tabel 4. 68 Analisa Kolom Tepi 4-6 650 x 850 mm.....	184
Tabel 4. 69 Analisa Kolom Sudut 7-9 650 x 650 mm.....	186
Tabel 4. 70 Analisa Kolom Tengah 7-9 750 x 750 mm.....	187
Tabel 4. 71 Analisa Kolom Tepi 7-9 600 x 800 mm.....	189
Tabel 4. 72 Analisa Kolom Sudut 10-12 600 x 600 mm.....	190
Tabel 4. 73 Analisa Kolom Tengah 10-12 700 x 700 mm.....	192
Tabel 4. 74 Analisa Kolom tepi 10-12 600 x 750 mm.....	193
Tabel 4. 75 Analisa Kolom Tepi 13-15 600 x 600 mm.....	195

Tabel 4. 76 Analisa Kolom Tengah 13-15 650 x 650 mm.....	196
Tabel 4. 77 Analisa Kolom Tepi 13-15 750 x 750 mm.....	198

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kecamatan Kalianda yang terletak di Kabupaten Lampung Selatan memiliki potensi besar sebagai destinasi wisata karena letaknya yang strategis di jalur utama Sumatera–Jawa melalui Pelabuhan Bakauheni. Selain itu, kawasan ini menawarkan panorama alam yang indah, mulai dari pantai hingga pegunungan, sehingga menjadi daya tarik bagi wisatawan domestik maupun mancanegara. Kondisi tersebut menjadikan Kalianda sebagai lokasi yang tepat untuk pembangunan hotel berbintang guna menunjang sektor pariwisata dan meningkatkan perekonomian daerah.

Pembangunan hotel berbintang di wilayah ini tidak hanya berfungsi sebagai akomodasi, tetapi juga sebagai simbol perkembangan daerah. Hotel berbintang mampu memberikan pelayanan berkualitas, fasilitas lengkap, serta kenyamanan bagi wisatawan. Dengan adanya hotel yang representatif, kepercayaan wisatawan terhadap destinasi Kalianda akan meningkat, sehingga mendorong pertumbuhan sektor pariwisata dan investasi. Hal ini sejalan dengan visi pembangunan daerah yang menekankan pada pengembangan potensi wisata sebagai salah satu motor penggerak ekonomi.

Kecamatan Kalianda, berada di kawasan rawan gempa karena dekat dengan zona subduksi Selat Sunda. Oleh karena itu, perancangan struktur hotel harus mengacu pada standar nasional, yaitu SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung serta standar ketahanan gempa yang diatur dalam SNI Gempa. Penerapan standar ini akan memastikan bangunan hotel tidak hanya megah dan fungsional, tetapi juga aman bagi penghuninya.

Beton bertulang dipilih sebagai material utama karena memiliki kekuatan tekan tinggi, daya tahan terhadap beban, serta fleksibilitas dalam desain. Dengan perencanaan yang tepat sesuai standar, struktur beton bertulang dapat menahan

gaya gempa dan meminimalisasi risiko keruntuhan. Hal ini penting mengingat hotel berbintang merupakan bangunan publik dengan tingkat hunian tinggi, sehingga keselamatan penghuni menjadi prioritas utama.

Maka berdasarkan uraian diatas penelitian ini akan difokuskan pada perencanaan struktur beton bertulang bangunan hotel di Kecamatan Kalianda Lampung Selatan dengan standar nasional, yaitu SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 sebagai acuan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan rumusan masalah yang telah diuraikan, maka rumusan masalah yang pada penelitian kali ini adalah :

1. Apakah pemodelan Struktur Beton Bertulang Hotel 15 Lantai yang direncanakan memenuhi Ketentuan SNI 1726:2019?
2. Apakah desain Struktur Balok dan Kolom yang direncanakan memenuhi SNI 2847:2019?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah ditentukan, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat Pemodelan Struktur Beton Bertulang Hotel 15 Lantai yang memenuhi SNI 1726:2019.
2. Mendesain Struktur Balok dan Kolom yang memenuhi SNI 2847:2019.

1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian agar lebih kompleks dan terarah, maka batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Permodelan struktur bangunan Hotel 15 lantai dengan menggunakan *software* ETABS
2. Analisis struktur difokuskan pada ketahanan struktur atas terhadap beban gempa berdasarkan SNI 1726:2019 tentang cara perencanaan ketahanan gempa untuk bangunan Gedung dan non Gedung dan SNI 2847:2019 persyaratan beton struktur untuk bangunan Gedung
3. Lokasi Perencanaan bangunan berada Di Kabupaten Lampung Selatan

4. Analisa dan desain struktur atas dengan perletakan jepit pada *Tie Biem*

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang akan digunakan dalam penulisan skripsi ini yaitu sebagai berikut :

1. BAB I Pendahuluan
Pada bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan, Batasan masalah dan sistematika penulisan
2. BAB II Landasan Teori
Pada bab ini berisi uraian teori yang berkaitan dengan penelitian ini
3. BAB III Metodologi Penelitian
Pada bab ini akan memaparkan mengenai metode dan pengumpulan data pada perencanaan
4. BAB IV Analisis dan Pembahasan
Pada bab ini membahas hasil dari analisis dan pembahasan pada perancangan
5. BAB V Penutup
Pada bab ini berisi kesimpulan yang menjawab dari rumusan masalah dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Umum

Dalam perencanaan struktur bangunan hotel tahan gempa di Kecamatan Kalianda Kabupaten Lampung Selatan, pemahaman mengenai beton bertulang dan standar perencanaan nasional menjadi landasan utama. Beton bertulang merupakan material konstruksi yang paling banyak digunakan karena memiliki kekuatan tekan tinggi serta kemampuan menahan beban tarik melalui tulangan baja. Kombinasi ini menjadikan beton bertulang sebagai pilihan utama dalam pembangunan gedung bertingkat, termasuk hotel, yang membutuhkan kekuatan dan ketahanan terhadap beban gempa.

Standar SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung memberikan pedoman teknis dalam perencanaan elemen-elemen struktur seperti balok, kolom, pelat, dan dinding geser. Standar ini menekankan pentingnya aspek kekuatan, daktilitas, dan ketahanan terhadap beban lateral. Sementara itu, SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung menetapkan parameter percepatan spektral, kategori desain seismik, serta sistem struktur yang sesuai untuk wilayah rawan gempa.

2.2 Pembebanan Struktur

Analisis pembebanan struktur difokuskan pada empat komponen beban utama, yaitu sebagai berikut : (1) beban mati (*dead load*) beban ini adalah beban sendiri dari struktur bangunan tersebut; (2) beban mati tambahan (*Superimposed Dead Load/ SIDL*) beban yang bersifat permanent namun bukan berasal dari struktur bangunan; (3) beban hidup (*live load*) beban sementara yang bekerja pada suatu struktur bangunan; (4) Beban gempa dinamik dihitung melalui metode respon spektrum yang didasarkan pada zonasi seismik di lokasi perencanaan. Perhitungan ini dilakukan secara komputasional dengan memanfaatkan perangkat lunak ETABS, yang mampu memodelkan struktur bangunan dalam bentuk tiga dimensi serta mensimulasikan respons struktur terhadap pengaruh beban gempa dinamik.

Dengan pendekatan tersebut, rancangan struktur diharapkan dapat memenuhi aspek
 Dengan pendekatan tersebut, rancangan struktur diharapkan dapat memenuhi aspek
 keselamatan sesuai prinsip perencanaan bangunan tahan gempa yang berlaku dalam
 standar konstruksi terbaru.

2.2.1 Beban Mati atau *Dead Load* (DL)

Beban mati (*Dead Load*) adalah beban permanen yang bekerja pada struktur akibat berat seluruh elemen pada struktur yang bersifat tetap. Sebagai contoh yaitu berat balok, kolom, pelat lantai, dinding atap, tangga serta komponen lain yang bisa memberikan beban pada suatu struktur secara terus menerus selama bangunan tersebut bekerja. Dalam perencanaan struktur, beban mati menjadi faktor penting yang harus diperhitungkan karena beban ini berpengaruh langsung terhadap kekuatan, kestabilan, dan keselamatan konstruksi. Perhitungan beban mati dilakukan dengan menggunakan data berat jenis material, seperti beton bertulang, baja, pasangan bata, maupun lapisan finishing bangunan.

Berdasarkan SNI 1727:2020, beban mati mencakup seluruh komponen struktural dan non-struktural yang bersifat permanen. Adapun beban mati tersebut dapat dilihat pada tabel 2.1 dan 2.2.

Tabel 2. 1 Beban mati berdasarkan bahan bangunan

Bahan Bangunan	Besarnya Beban
Baja	7.858 kg/m ³
Batu alam	2.600 kg/m ³
Batu belah, batu bulat, batu gunung (berat tumpuk)	1.500 kg/m ³
Batu karang (berat tumpuk)	700 kg/m ³
Batu pecah	1.450 kg/m ³
Batu tuang	7.250 kg/m ³
Beton	2.200 kg/m ³
Beton bertulang	2.400 kg/m ³
Kayu (kelas 1)	1.000 kg/m ³
Kerikil, koral (kering udara sampai lembab, tanpa diayak)	1.650 kg/m ³
Pasangan batu merah	1.700 kg/m ³
Pasangan batu belah, batu bulat, batu gunung	2.200 kg/m ³
Pasangan batu cetak	2.200 kg/m ³
Pasangan batu karang	1.450 kg/m ³
Pasir (kering udara sampai lembab)	1.650 kg/m ³
Pasir (jenuh air)	1.800 kg/m ³
Pasir kerikil, koral (kering udara sampai lembab)	1.850 kg/m ³
Tanah, lempung, dan lanau (kering udara sampai lembab)	1.700 kg/m ³
Tanah, lempung, dan lanau (basah)	2.000 kg/m ³
Tanah hitam (timbel)	11.400 kg/m ³

(Sumber : SNI 1727:2020)

Tabel 2. 2 Berat beban mati berdasarkan komponen gedung

Komponen Gedung	Besarnya beban
Adukan per cm tebal dari semen	21 kg/m ²
Adukan per cm tebal dari kapur, semen merah atau tras	17 kg/m ²
Aspal termasuk bahan – bahan material penambah per cm tebal	14 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah satu batu	450 kg/m ²
Dinding pasangan bata merah satu batu	250 kg/m ²
Dinding pasangan batako berlubang tebal dinding 20cm	200 kg/m ²
Dinding pasangan batako berlubang tebal dinding 10cm	120 kg/m ²
Dinding pasangan batako tanpa lubang tebal dinding 15cm	300 kg/m ²
Dinding pasangan batako tanpa lubang tebal dinding 10cm	200 kg/m ²
Semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11 kg/m ²
Kaca dengan tebal 3-5 mm	10 kg/m ²
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit – langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban maksimum 200 kg/m ²	40 kg/m ²
Penggantung langit – langit (dari kayu), dengan bentang maksimum 5 m dan jarak s.k.s minimum 0,80 m	7 kg/m ²
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/ kaso per m ² bidang atap	50 kg/m ²
Penutup atap sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40 kg/m ²
Penutup atap seng gelombang (BJLS-25)	10 kg/m ²
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton, tanpa adukan per cm tebal	24 kg/m ²
Semen asbes gelombang (tebal 5 mm)	11 kg/m ²

(Sumber : SNI 1727:2020)

2.2.2 Beban Mati Tambahan atau *Super Imposed Dead load* (SIDL)

Beban Mati Tambahan atau *Super Imposed Dead Load* (SIDL) adalah beban permanen yang bekerja pada struktur akibat elemen-elemen non-struktural yang dipasang setelah elemen utama struktur selesai dibuat. Beban ini tetap selama umur bangunan dan tidak termasuk berat sendiri elemen struktur utama seperti balok, kolom, pelat, dan dinding struktural.

Menurut SNI 1727:2020, nilai beban mati tambahan dapat ditentukan berdasarkan berat aktual material yang digunakan atau menggunakan nilai pendekatan yang tercantum pada tabel beban minimum. Dalam analisis struktur menggunakan ETABS, SIDL umumnya dimasukkan sebagai *super imposed dead load* pada pelat lantai maupun elemen struktur lainnya sesuai distribusi pembebanannya.

2.2.3 Beban Hidup atau *Live Load* (LL)

Beban hidup (*live load*) adalah beban yang terjadi akibat aktivitas penghuni, perabot, peralatan, maupun beban berpindah lainnya yang dapat berubah selama masa penggunaan bangunan.

Berdasarkan Badan Standardisasi Nasional dalam SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain, beban hidup merupakan beban yang berasal dari penghunian dan penggunaan bangunan gedung, namun tidak termasuk beban lingkungan seperti angin, hujan, dan gempa.

2.2.4 Beban Gempa

Tabel 2. 3 Beban hidup terdistribusi merata minimum, Lo dan beban hidup terpusat minimum

Hunian atau penggunaan	Merata Lo psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. pasal)	Terpusat Ib (Kn)	Juga lihat pasal
Apartemen (lihat rumah tinggal)					
Sistem lantai akses					
- Ruang kantor	50 (2,4)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000(8,9)	
- Ruang kantor	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	2.000(8,9)	
Gedung persenjataan dan ruang Latihan	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Ruang pertemuan					
- Kursi tetap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
- Lobi	100 (4,79)		Tidak (4.7.5)		
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
- Panggung Pertemuan	100 (4,79)		Tidak (4.7.5)		
- lantai podium	150 (7,18)	(4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
	100 (4,79)		Tidak (4.7.5)		
- Tribun penonton stadion dan arena dengan kursi tetaap (terikat di lantai)	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
		Tidak (4.7.5)			
- Ruang pertemuan lainnya	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
		Tidak (4.7.5)			
		Tidak (4.7.5)			
Balkon dan dek	1,5 Kali beban hidup untuk daerah yang dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		

Hunian atau penggunaan	Merata Lo psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. pasal)	Terpusat Ib (Kn)	Juga lihat pasal
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	
Koridor - Lantai pertama - Lantai lain	100 (4,79) Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
Hunian (lihat rumah tinggal) Dudukan mesin elevator (pada area 2 in x 2 in. [50 mm x 50 mm]) Konstruksi pelat lantai <i>finishing ringan</i> (pada area 1 in.x 1 in. [25mm x 25mm])		- -	- -	300 (1,33) 200 (0,89)	
Jalur penyelamatan saat kebakaran	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
- Hunian satu keluarga saja	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Tangga permanen		-	-	Lihat pasal 4.5.4	
Garasi / parkir (lihat pasal 4.10) - Mobil penumpang saja - Truk dan bus	40 (1,92) Lihat pasal 4.10.2	Tidak (4.7.4) -	Tidak (4.7.4) -	Lihat pasal 4.10.1 Lihat pasal 4.10.2	
Pegangan tangga dan pagar pengaman - Batang pegangan	Lihat 4.5.1	-	-	Lihat 4.5.1 Lihat 4.5.2	
Helipad (lihat pasal 4.11) - Helikopter dengan berat lepas landas kurang - Helikopter dengan berat lepas landas lebih dari 3.000Ib (13,35 kN)	40 (1,92) 60 (2,87)	Tidak (4.11.1) Tidak (4.11.1)	- -	Lihat pasal 4.11.2 Lihat pasal 4.11.2	
Rumah sakit	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		

Hunian atau penggunaan	Merata Lo psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. pasal)	Terpusat Ib (Kn)	Juga lihat pasal
- Ruang operasi, laboratorium - Ruang pasien - Koridor diatas lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)	
Hotel (lihat rumah tinggal) Perpustakaan - Ruang baca - Ruang penyimpanan - Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 150 (7,18) 80 (3,83)	Ya (4.7.2) Tidak (4.7.3) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.3) Ya (4.7.2)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)	4.13
Pabrik - Ringan - Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	Tidak (4.7.3) Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3) Ya (4.7.3)	2000 (8,90) 3000 (13,35)	
Gedung perkantoran - Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian - Lobi dan koridor lantai pertama - kantor - koridor diatas lantai pertama	100 (4,79) 50 (2,40) 80 (3,83)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	2000 (8,90) 2000 (8,90) 2000 (8,90)	
Lembaga hukum - Blok sel - Koridor	40 (1,92) 100 (4,79)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)		
Tempat rekreasi - Tempat bowling, biliard, dan penggunaan sejenis - Ruang dansa dan <i>ballroom</i> - Gimnasium	75 (3,59) 100 (4,79) 100 (4,79)	Tidak (4.7.5) Tidak (4.7.5) Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5) Tidak (4.7.5) Tidak (4.7.5)		
Rumah tinggal Hunian satu dan dua keluarga	10 (0,48)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		4.12.1

Hunian atau penggunaan	Merata Lo psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. pasal)	Terpusat Ib (Kn)	Juga lihat pasal
- Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang - Loteng yang tidak dapat dihuni dengan gudang - Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur - Semua ruang kecuali tangga Semua hunian rumah tinggal lainnya - Ruang pribadi dan koridornya - Ruang publik - Koridor ruang publik	20 (0,96) 30 (1,44) 40 (1,92) 40 (1,92) 100 (4,79) 100 (4,79)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Tidak (4.7.5) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Tidak (4.7.5) Ya (4.7.2)		4.12.1
Atap - Atap datar, berbubug, dan lengkung - Atap yang digunakan penghuni - Atap untuk tempat berkumpul - Atap vegetatif dan atap lansekap - Atap bukan untuk hunian - Atap untuk tempat berkumpul - Atap untuk penggunaan lainnya Awning dan kanopi - Atap konstruksi fabric yang didukung oleh struktur rangka kaku ringan Rangka penumpu layar penutup	20 (0,96) Sama dengan penggunaan yang di layani 100 (4,79) 20 (0,96) 100 (4,79) Sama dengan penggunaan yang di layani 5 (0,24) 5 (0,24) Berdasarkan area tributari dari atap yang di dukung oleh komponen struktur rangka	Ya (4.8.2) Ya (4.8.3) Ya (4.8.3) Ya (4.8.2) Ya (4.8.3) Ya (4.8.3) Tidak (4.8.2) Tidak (4.8.2)	- - - - - - -	200 (0,89)	4.8.1

Hunian atau penggunaan	Merata Lo psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. pasal)	Terpusat Ib (Kn)	Juga lihat pasal
Semua kontruksi lainnya	20 (0,96)	Ya (4.8.2)			4.8.1
- Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai tempat bekerja				2000 (8,90)	
- Titik panel tangga; dari kord bawah rangka batang atap atau suatu titik sepanjang komponen struktur utama pendukung atap diatas pabrik, gudang penyimpanan dan pekerjaanya, dan garasi bengkel		- -		300 (1,33) 300 (1,33)	
- Semua komponen struktur atap utama lainnya					
Semua permukaan atap dengan beban pemeliharaan					
Sekolah	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
- Ruang kelas	80 (3,83)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
- Koridor diatas lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
- Koridor lantai pertama				1.000 (4,45)	
Scuttles, ruduk untuk atap kaca dan langit-langit yang dapat diakses				200 (0,89)	
Jalan dipinggir untuk pejalan kaki, jalan lintas kendaraan, dan lahan/ jalan untuk truk-truk	250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	Tidak (4.7.3)	8.000 (35,60)	4.15
Tangga dan jalan keluar	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	4.16
- Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja		Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	4.16
Gudang diatas langit – langit	20 (0,96)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
Gudang penyimpanan dan pekerja (harus dirancang untuk beban lebih berat jika diperlukan)	125 (6,00)		Tidak (4.7.3)		

Hunian atau penggunaan	Merata Lo psf (kN/m ²)	Reduksi beban hidup diizinkan? (No. Pasal)	Reduksi beban hidup berlantai banyak diizinkan? (No. pasal)	Terpusat Ib (Kn)	Juga lihat pasal
- Ringan - Berat	250 (11,97)	Tidak (4.7.3) Tidak (4.7.3)	Tidak (4.7.3)		
Toko Eceran - Lantai pertama - Lantai di atasnya Grosir, disemua lantai	100 (4,79) 75 (3,59) 125 (6,00)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ys (4.7.3)	1.000 (4,45) 1.000 (4,45) 1.000 (4,45)	
Penghalang kendaraan				Lihat Pasal 4.5.3	
Susunan jalan dan panggung yang ditinggikan (selain jalan keluar)	60 (2,87)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	
Pekarangan dan teras, jalur pejalan kaki	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		

(Sumber : SNI 1727:2020)

(SeismicLoad)

Beban gempa pada struktur adalah gaya internal yang timbul akibat getaran tanah saat terjadi gempa bumi, Beban ini menimbulkan gaya lateral (*horizontal*) maupun vertikal. Bangunan hotel adalah bangunan dengan kategori risiko II dimana bangunan tersebut harus bisa menahan gaya lateral akibat beban gempa sesuai dengan ketentuan yang berlaku, maka dari itu beban gempa adalah beban yang wajib dihitung secara teliti dalam proses pembangunan gedung hotel, agar tidak mengalami keruntuhan dalam perancangan bangunan gedung hotel tahan gempa harus sesuai dengan standarisasi Nasional yaitu SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Standar ini mencakup pengaturan mengenai parameter gempa rencana, respons spektrum desain, klasifikasi risiko bangunan, faktor keutamaan gempa, serta metode analisis baik statik ekuivalen maupun dinamik respons spektrum.

2.3 Kombinasi Beban

Kombinasi beban adalah aturan penggabungan berbagai jenis beban (mati, hidup, angin, gempa, dll.) yang bekerja pada struktur untuk memastikan desain

bangunan tetap aman dalam kondisi terburuk. Kombinasi ini diatur dalam SNI 1727:2020 dan menjadi dasar analisis struktur. Pada SNI 1727 menetapkan bahwa beban minimum harus diperhatikan selama proses perancangan struktur untuk memprediksi besarnya beban yang mungkin dapat terjadi secara bersamaan pada suatu struktur.

a. Beban gravitasi

- $1,4D$
- $1,2D+L$
- $1,2D+1,6L$

b. Beban gempa

- $(1,2+0,2.Sds).D+1,0L\pm\rho(Ex\pm0,3Ey)$
- $(0,9-0,2.Sds).D\pm\rho(Ex\pm0,3Ey)$

Keterangan :

- D = Beban Mati
- L = Beban Hidup
- E = Beban Gempa
- ρ = Faktor Redundansi
- Sds = Percepatan Spektral Desain

2.4 Analisis Perancangan Bangunan Struktur Tahan Gempa

Dalam perencanaan struktur bangunan tahan gempa menggunakan ETABS, metode analisis yang paling umum digunakan adalah analisis statik ekuivalen, analisis respons spektrum, dan analisis pushover. Analisis statik ekuivalen digunakan dengan mengubah pengaruh gempa menjadi gaya lateral statik yang bekerja pada setiap tingkat bangunan. Metode ini relatif sederhana dan umumnya diterapkan pada bangunan yang memiliki bentuk beraturan serta ketinggian yang tidak terlalu besar. Melalui analisis ini dapat diperoleh gaya geser dasar dan distribusi gaya gempa pada masing-masing lantai sebagai dasar perencanaan elemen struktur.

Dalam merencanakan dan menilai struktur bangunan Gedung dan bangunan non Gedung, beserta komponen dan peralatannya, perlu ditentukan pengaruh gempa rencana yang menjadi acuan. Gempa rencana adalah besaran gempa dengan

probabilitas 2% untuk dilampaui dalam kurun waktu umur struktur 50 tahun. Untuk bangunan bertingkat menengah hingga tinggi, analisis yang lebih Sering digunakan adalah analisis respons spektrum (*Response Spectrum Analysis*). Metode ini mempertimbangkan karakteristik dinamik struktur dengan memperhitungkan beberapa mode getar yang terjadi akibat gempa. Analisis respons spektrum mampu memberikan hasil yang lebih akurat dibandingkan analisis statik ekuivalen karena dapat menggambarkan respons struktur terhadap berbagai frekuensi getaran yang mungkin terjadi selama peristiwa gempa. Oleh karena itu, metode ini banyak digunakan dalam perencanaan gedung bertingkat sesuai ketentuan peraturan gempa yang berlaku.

Peraturan gempa untuk gedung bertingkat yang berlaku di Indonesia antara lain :

1. SNI 1726-2019 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk Gedung dan non Gedung
2. SNI 1727-2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait bangunan Gedung dan struktur lain.

2.4.1 Kategori Desain Seismik

Menurut SNI 1726 yang diterbitkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN), penentuan Kategori Desain Seismik (KDS) didasarkan pada tingkat bahaya gempa di lokasi bangunan, klasifikasi jenis tanah, dan kategori risiko bangunan. Ketiga parameter tersebut digunakan untuk menentukan tingkat persyaratan desain, metode analisis, serta detailing struktur yang harus diterapkan agar bangunan mampu menahan pengaruh gempa sesuai dengan tingkat risiko yang dihadapi. Semakin tinggi kategori desain seismik yang ditetapkan, semakin ketat persyaratan perencanaan yang harus dipenuhi untuk menjamin keamanan, keandalan, dan kinerja struktur selama terjadi gempa.

Tabel 2. 4 Prosedur Analisis Gempa

Kategori desain seismik	Karakteristik struktur	Analisis gaya lateral ekuivalen pasal 7.8	Analisis spektrum respons ragam pasal 7.9	Prosedur respons riwayat waktu seismik pasal 11
B,C	Semua struktur	I	I	I
D,E,F	Bangunan dengan kategori risiko I atau II yang tidak melebihi 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

(Sumber : SNI 1726:2019, Hal 68)

2.4.2 Kategori Risiko Struktur Bangunan

Kategori risiko struktur bangunan adalah pengelompokan bangunan berdasarkan tingkat risiko terhadap keselamatan jiwa, kerugian ekonomi, dan dampak sosial apabila bangunan mengalami kegagalan. Di Indonesia, kategori ini mengacu pada ketentuan dalam standar perencanaan struktur tahan gempa seperti SNI 1726.

Tabel 2. 5 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk, antara lain : - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gedung penyimpanna - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, II, IV, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen / rumah susun	II

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
- Pusat pembelanjaan / mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik	
Gedung dan non gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo Gedung dan non gedung, tidak termasuk ke dalam kategori risiko IV, memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan/ atau gangguan massal terhadap kehidupan masyarakat sehari – hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk : - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi Gedung dan non gedung yang tidak termasuk dalam kategori risiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak di mana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.	III
Gedung dan non gedung yang dikategorikan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk : - Bangunan – bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah ibadah - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, tsunami, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat	IV

Jenis pemanfaatan	Kategori risiko
Gedung dan non gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV.	

(Sumber : SNI 1726:2019, hal 24-25)

2.4.3 Faktor Keutamaan Gempa

Dalam analisis perencanaan struktur, besaran beban gempa rencana perlu dikalikan dengan faktor keutamaan I_e yang nilainya ditentukan berdasarkan klasifikasi kategori risiko wilayah yang akan dianalisis.

Nilai Faktor Keutamaan Gempa dapat dilihat pada tabel yang bersumber dari SNI

Tabel 2. 6 Faktor keutamaan gempa

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

(Sumber : SNI 1726:2019, hal 25)

2.4.4 Klasifikasi Kelas Situs / Jenis Tanah

Klasifikasi kelas situs (jenis tanah) menurut SNI 1726:2019 adalah pengelompokan kondisi tanah di lokasi pembangunan berdasarkan karakteristik geotekniknya. Tujuan klasifikasi ini adalah untuk memperhitungkan pengaruh tanah terhadap respons bangunan saat terjadi gempa bumi. Tanah yang berbeda memiliki kemampuan yang berbeda pula dalam merambatkan dan memperkuat gelombang gempa. Secara umum, semakin lunak tanah, semakin besar kemungkinan terjadi amplifikasi getaran gempa yang dapat meningkatkan gaya gempa yang bekerja pada struktur bangunan.

Tabel 2. 7 Klasifikasi Situs

Kelas Situs	N_s (m/detik)	N_{eq} atau N_{ch}	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
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas $PI > 20$		

Kelas Situs	N_s (m/detik)	N_{max} atau N_{ch}	su (kPa)
	2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralar $su < 25$ kPa		
SF (tanah yang khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik – situs yang mengikuti pasal 6.10.1)	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 $H > 3\text{m}$) • Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35\text{m}$ dengan $su < 50$ kPa		

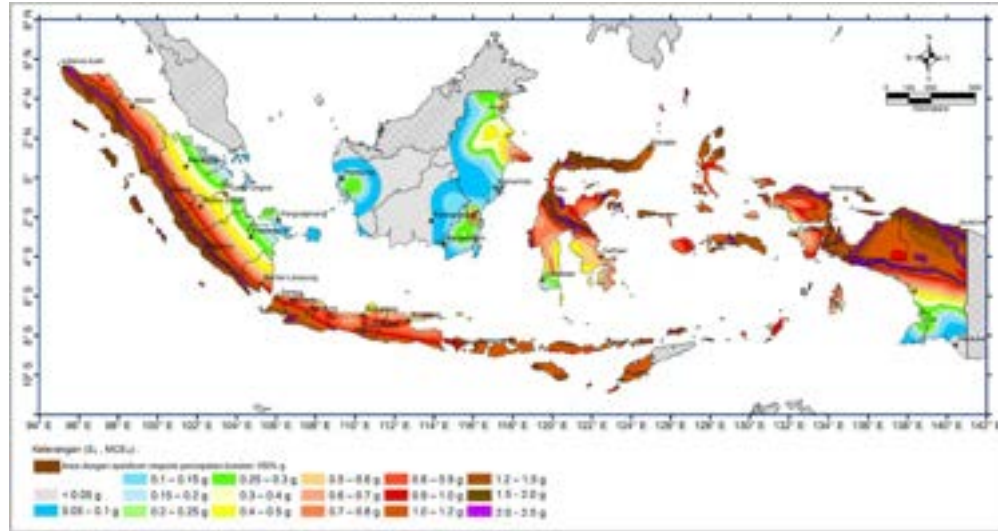
(Sumber : SNI 1726:2019)

2.4.5 Wilayah Gempa

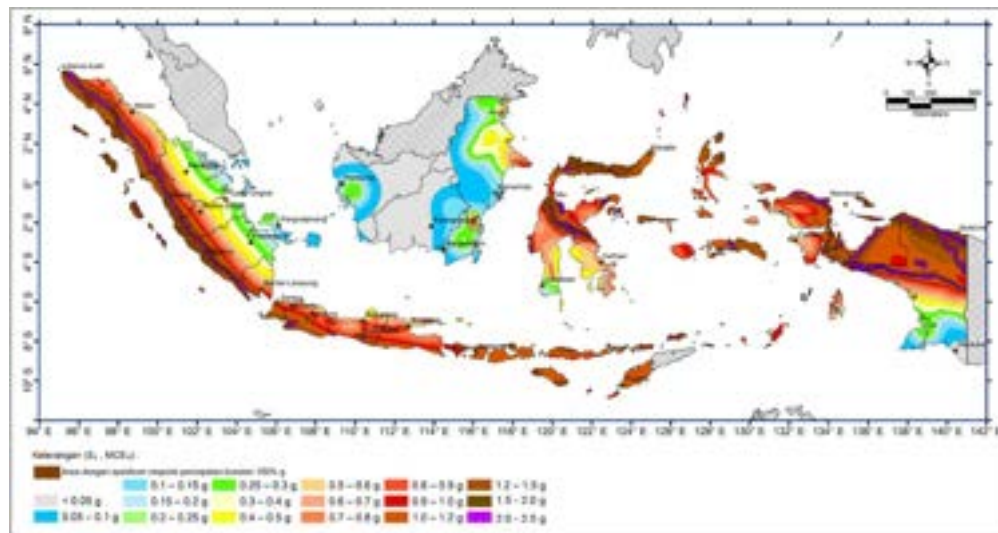
Penentuan wilayah atau tingkat bahaya gempa merupakan salah satu tahap penting dalam perencanaan struktur bangunan karena berpengaruh langsung terhadap besarnya beban gempa yang harus diperhitungkan dalam desain. Berdasarkan SNI 1726:2019, setiap lokasi di Indonesia memiliki tingkat bahaya gempa yang berbeda-beda sesuai dengan kondisi geologi, jarak terhadap sumber gempa, serta karakteristik tanah setempat. Oleh karena itu, identifikasi bahaya gempa yang tepat diperlukan agar struktur yang direncanakan mampu menahan gaya gempa yang mungkin terjadi selama umur layan bangunan.

Berdasarkan SNI 1726:2019, klasifikasi wilayah gempa dilakukan dengan mempertimbangkan parameter S_s dan S_1 . Parameter S_s diperoleh dari nilai percepatan batuan dasar pada rentang periode pendek, sedangkan S_1 diperoleh dari nilai percepatan batuan dasar pada periode 1 detik. Kedua parameter tersebut ditetapkan melalui peta respons spektral percepatan pada periode 0,2 detik dan 1 detik, dengan memperhatikan tingkat probabilitas gempa sebesar 2% dalam kurun waktu 50 tahun.

Klasifikasi wilayah seismik pada peta gempa terkini menggunakan warna yang berbeda – beda untuk menunjukkan nilai parameter S_s dan S_1 pada masing – masing nilai respons spektrum percepatan. Penjelasan detail dapat dilihat pada Gambar



Gambar 2. 1 S_s gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCER)



Gambar 2. 2 S_1 gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCER)

2.4.6 Kategori Desain Seismik

untuk menetapkan kategori desain seismik harus dengan nilai yang paling tinggi atau berat yang diperbolehkan, terlepas dari nilai periode fundamental getaran struktur, T . Berdasarkan SNI 1726:2019, bahwa untuk menentukan kategori desain seismik dapat dilihat pada tabel 2.8

Tabel 2. 8 Kategori desain seismik parameter respons percepatan 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, pasal 6.5)

Tabel 2. 9 Kategori desain seismik parameter respons percepatan 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, pasal 6.5)

2.4.7 Menentukan Respon Spektra

Respon spektra merupakan kurva yang menggambarkan respons maksimum suatu struktur terhadap getaran gempa pada berbagai periode getar. Dalam perencanaan struktur tahan gempa berdasarkan SNI 1726:2019, respon spektra digunakan sebagai dasar untuk menentukan beban gempa rencana yang akan bekerja pada bangunan.

Proses penentuan respon spektra dimulai dengan memperoleh parameter bahaya gempa berupa S_s (percepatan spektral pada periode pendek 0,2 detik) dan S_1 (percepatan spektral pada periode 1 detik). setelah nilai S_s dan S_1 diperoleh, langkah berikutnya adalah menentukan kelas situs berdasarkan hasil investigasi tanah, lalu situs F_a dan F_v dari tabel yang terdapat dalam SNI 1726:2019.

Selanjutnya parameter respon spektra maksimum dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut:

$$S_{MS} = F_a \times S_s \dots\dots\dots(\text{Pers 2.1})$$

$$DS_{M1} = F_v \times S_1 \dots\dots\dots(\text{Pers 2.2})$$

Keterangan :

F_a = Koefisien periode pendek

F_v = Koefisien periode 1,0 detik

S_s = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode pendek 0,2 detik

S_1 = Parameter respons spektral percepatan gempa MCER terpetakan untuk periode 1 detik

Tabel 2. 10 Koefisien Situs, F_a

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

(Sumber : SNI 1726:2019, pasal 6.2)

Tabel 2. 11 Koefisien Situs, F_v

Kelas situs	Parameter respons spektral percepatan gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko- tertarget (MCER) terpetakan pada periode 1 detik, S_1					
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 = 0,5$	$S_1 \geq 0,6$
<i>SA</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SB</i>	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
<i>SC</i>	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4
<i>SD</i>	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7
<i>SE</i>	4,2	3,3	2,8	2,4	2,2	2,0
<i>SF</i>	$SS^{(a)}$					

(Sumber : SNI 1726:2019, pasal 6.2)

Catatan :

SS = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik dan analisis respons situs spesifik, lihat pasal 6.10.1

2.4.8 Parameter Respon Spektra Percepatan Desain

Menentukan Parameter percepatam spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan pada periode 1 detik, S_{D1} dapat menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$S_{DS} = \frac{2}{3} S_{MS} \dots\dots\dots(\text{Pers 2.3})$$

$$S_{D1} = \frac{2}{3} S_{M1} \dots\dots\dots(\text{Pers 2.4})$$

2.4.9 Respon Spektral Desain

Respon spektra desain adalah kurva yang menunjukkan hubungan antara percepatan spektral desain (S_a) dan periode getar struktur (T) yang digunakan sebagai dasar dalam analisis serta perencanaan bangunan tahan gempa. Menurut SNI 1726:2019, pasal 6.4, bila spektrum respon desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik – situs tidak digunakan, maka kurva spektrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada gambar 2.3 Spektrum respons desain, dan mengikuti ketentuan di bawah ini :

- Untuk daerah periode pendek ($T \leq T_0$) spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil melalui persamaan :

$$S_a = S_{DS} (0,4 + 0,6 \frac{T}{T_0}) \dots\dots\dots(\text{Pers 2.5})$$

Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s ($T_0 \leq T \leq T_s$), nilai respon spektral desain sama dengan S_{DS} .

- Untuk periode lebih besar dari T_s tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respons spektral percepatan desain, S_a diambil melalui persamaan:

$$S_a = \frac{S_{DS}}{T} \dots\dots\dots(\text{Pers 2.6})$$

- Untuk periode lebih besar dari T_L , respons spektral percepatan desain, S_a diambil melalui persamaan:

$$S_a = \frac{S_{DS} T_L}{T^2} \dots\dots\dots(\text{Pers 2.7})$$

Keterangan :

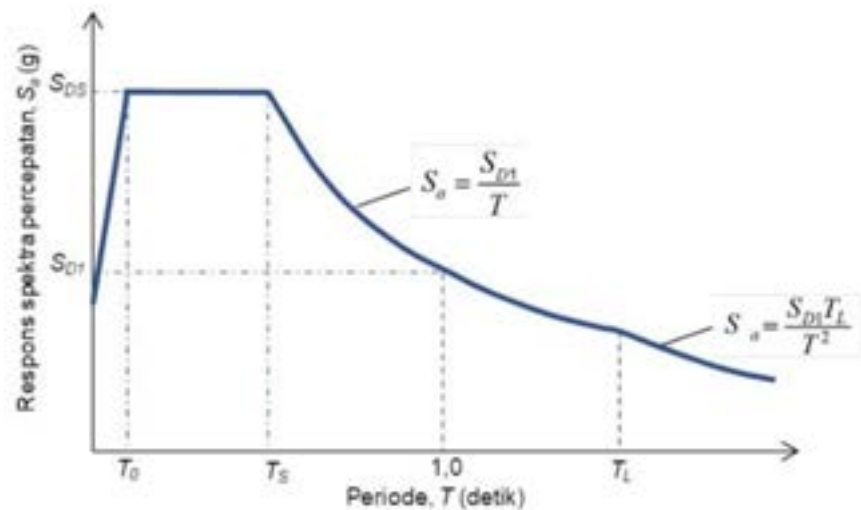
S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getas fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (\text{Pers 2.8})$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}} \dots\dots\dots (\text{Pers 2.9})$$

T_L = Peta transisi periode panjang yang ditunjukkan pada gambar 2.3



Gambar 2. 3 Spektrum Respons Desain
(Sumber : SNI 1726:2019, pasal 6.4)

2.4.10 Faktor , Ω_0 , dan C_d

Pada pasal 7.2.2 SNI 1726:2019 menegaskan bahwa apabila bangunan menggunakan sistem pemikul gaya seismik yang berbeda pada masing-masing arah ortogonal, maka nilai R , Ω_0 , dan C_d wajib digunakan sesuai sistem pada arah tersebut secara independen, termasuk seluruh batasan yang tercantum dalam tabel SNI berikut :

Tabel 2. 12 Faktor R , Ω_0 dan C_d untuk Sistem pemikul gaya seismik

Sistem rangka pemikul momen	Koefisien modifikasi respon (R) ^a	Faktor kuat lebih sistem (Ω_0) ^b	Faktor pembesaran defleksi (C_d) ^c	Batasan sistem struktur dan batasan tinggi struktur (m) ^d				
				B	C	D ^e	E ^e	F ^f
Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8	3	5,5	TB	TB	TB	TB	TB
Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4,5	TB	TB	TI	TI	TI
Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2,5	TB	TI	TI	TI	TI

(Sumber : SNI 1726:2019, pasal 7.2.2)

Keterangan :

TB = Tidak ada Batasan

TI = Tidak di Izinkan

a = koefisien modifikasi respon (R) untuk penggunaan pada keseluruhan standar.

Nilai R mereduksi gaya ke level kekuatan bukan pada level tegangan izin

b = Jika nilai pada tabel faktor kuat lebih (Ω_0), lebih besar atau sama dengan 2,5, maka Ω_0 di izinkan untuk direduksi setengah untuk struktur dengan diafragma fleksibel.

c = Faktor pembesaran simpangan lateral (C_d), untuk penggunaan dalam 0,0, dan 0

e = untuk penjelasan sistem pemikul gaya seismik yang dibatasi sampai

bangunan dengan ketinggian 72 m atau kurang.

m = untuk sistem pemikul gaya seismik yang dibatasi sampai bangunan dengan ketinggian 48 m atau kurang.

2.4.11 Gaya Geser Dasar Seismik

Gaya geser dasar seismik adalah gaya horizontal total akibat gempa pada dasar struktur yang merupakan jumlah seluruh gaya gempa yang bekerja pada setiap tingkat bangunan. Gaya ini merupakan resultan seluruh gaya inersia gempa yang timbul pada massa bangunan dan harus ditahan oleh sistem struktur. Gaya ini dapat diperhitungkan dengan menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$V = C_s \cdot W \dots\dots\dots \text{(Pers 2.10)}$$

V = gaya geser dasar seismik

C_s = koefisien respons seismik

W = berat seismik efektif bangunan

Nilai ini merupakan resultan seluruh gaya gempa yang harus ditahan struktur.

Nilai C_s yang dihitung sesuai dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk $T \leq T_L$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{T(\frac{R}{I_e})} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.11)}$$

- Untuk $T > T_L$

$$C_s \text{ max} = \frac{S_{D1}}{T(\frac{R}{I_e})} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.12)}$$

Sebagai tambahan, untuk struktur yang berlokasi di daerah dimana S_1 sama dengan atau lebih besar dari 0,6g maka C_s harus tidak kurang dari:

$$C_s \text{ min} = \frac{0,5S_1}{T(\frac{R}{I_e})} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.13)}$$

SDS = Parameter percepatan spektrum respons desain pada periode sebesar 0,2 detik

R = Faktor modifikasi respons

I_e = Faktor keutamaan gempa

T = Periode fundamental struktur (detik)

$SD1$ = Parameter percepatan spektrum respons desain pada periode sebesar 1,0 detik

$S1$ = Parameter percepatan spektrum respons desain maksimum.

2.4.12 Periode Fundamental Pendekatan

Periode fundamental pendekatan adalah perkiraan waktu yang dibutuhkan suatu bangunan untuk melakukan satu kali getaran penuh pada mode getar pertama. Nilai ini dihitung berdasarkan tinggi dan jenis struktur bangunan sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan digunakan dalam perhitungan beban gempa rencana. Berdasarkan SNI 1726-2019 periode fundamental struktur (T) dalam menghitungnya harus menggunakan sifat struktur dan karakteristik deformasi elemen pemikul. (T) tidak boleh melewati hasil perkalian koefisien untuk batasan atas pada priode yang dihitung (C_u) dari tabel berikut serta periode fundamental, T_a yang telah ditentukan.

Tabel 2. 13 Koefisien untuk batas atas

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, hal 71)

Menurut SNI 1726:2019, periode fundamental pendekatan (T_a) dihitung dengan:

$$\bullet \quad T_a = C_t h_n^x \dots\dots\dots \text{(Pers 2.14)}$$

Keterangan :

h_n adalah ketinggian struktur (m), diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur, dan koefisien C_t dan x ditentukan dari tabel berikut

Tabel 2. 14 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 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 : • Rangka baja pemikul momen • Rangka 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, hal 72)

Untuk Periode fundamental pendekatan (T_a) dengan bangunan dengan tinggi tidak lebih dari 12 lantai yang menggunakan sistem rangka pemikul momen dari beton atau baja, dengan tinggi rata-rata lantai minimal 3 meter, dihitung dengan :

- $T_a = 0,1N$

Keterangan

T_a = periode fundamental pendekatan (detik)

N = jumlah tingkat bangunan

Untuk struktur dinding geser batu bata atau dinding geser beton dengan tinggi tidak melebihi 36,6 m, maka perhitungan periode fundamental pendekatan (T_a) diizinkan menggunakan perhitungan () sebagai berikut :

- $T_a = \frac{0,00058}{\sqrt{C_w}} h_n \dots \dots \dots$ (Pers 2.15)

Dimana h_n didefinisikan di atas dan C_w dapat dihitung sebagai berikut :

- $C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \frac{A_i}{[1+0,83 (\frac{h_n}{D_i})]} \dots \dots \dots$ (Pers 2.16)

Keterangan :

T_a = Periode dasar perkiraan

h_n = Tinggi permukaan diatas permukaan tanah

C_u = Koefisien yang diambil pada tabel

C_t dan x = koefisien yang diambil pada tabel

A_B = Luas dasar struktur (m^2)

A_i = Luas badan dinding geser ke – i (m^2)

D_i = Panjang dinding geser ke – i (m)

x = Jumlah dinding geser dalam bangunan yang efektif memikul gaya lateral dalam arah yang di tinjau

2.4.13 Distribusi Vertikal Gaya Seismik

Menurut SNI 1726:2019, distribusi vertikal gaya seismik adalah cara membagi gaya geser dasar seismik (V) ke setiap tingkat bangunan menjadi gaya lateral pada tiap lantai. Pembagian ini dilakukan karena respons gempa tidak bekerja sebagai satu gaya di dasar saja, tetapi terdistribusi pada massa di setiap lantai. Dalam metode gaya statik ekuivalen, SNI mengatur bahwa gaya lateral pada lantai ke- x (F_x) dihitung dengan:

$$\bullet \quad F_x = C_{vx} V \dots\dots\dots (\text{Pers 2.17})$$

$$\bullet \quad C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k} \dots\dots\dots (\text{Pers 2.18})$$

Keterangan :

C_{vx} = faktor distribusi vertikal

V = gaya lateral desain total atau geser di dasar struktur (kN)

w_i dan w_x = bagian berat seismik efektif total struktur (W) yang ditempatkan
atau dikenakan pada tingkat i atau x

h_i dan h_x = tinggi (m) dari dasar sampai tingkat i atau x

k = eksponen yang terkait dengan perioda struktur

- Untuk struktur $T \leq 0,5$ detik, $k = 1$
- Untuk struktur dengan $T \geq 2,5$ detik, $k = 2$
- Untuk struktur dengan $0,5 < T < 2,5$ detik, $k = 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

2.4.14 Distribusi Horizontal Gaya Seismik

Menurut SNI 1726:2019, gaya geser tingkat pada suatu lantai diperoleh dari penjumlahan gaya lateral semua lantai di atas tingkat tersebut, termasuk lantai yang ditinjau. Hal ini mencerminkan akumulasi gaya gempa dari atas ke bawah pada sistem struktur. Untuk Gaya menentukan geser tingkat desain seismik pada setiap lantai, gaya geser tingkat V_x (kN) dapat dihitung menggunakan perumusan sebagai berikut :

$$\bullet \quad V_x = \sum_{i=x}^n F_i \dots\dots\dots (\text{Pers 2.19})$$

Keterangan :

F_i adalah bagian dari geser dasar seismik (V) pada tingkat ke – i (kN)

2.4.15 Pembesaran Momen Torsi Tak Terduga

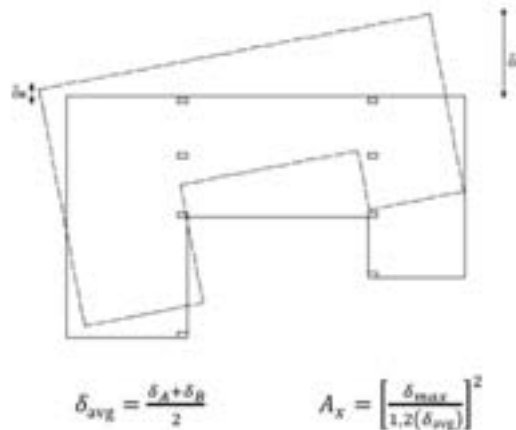
Pembesaran momen torsi tak terduga adalah penambahan efek putaran pada bangunan saat terjadinya gempa atau diterpa angin kencang. Menurut SNI 1726:2019, kondisi ini diperhitungkan dengan menambahkan “jarak tambahan” sebesar 5% dari lebar bangunan untuk mengantisipasi ketidakseimbangan tersebut, pada struktur dengan kategori desain seismik C, D, E, atau F yang mengalami ketidakberaturan torsi tipe 1a dan 1b, momen torsi tak terduga pada setiap tingkat harus dikalikan dengan faktor pembesaran torsi (A_x). Dengan demikian, momen torsi desain pada tingkat ke-x menjadi:

$$\bullet \quad A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2\delta_{avg}} \right)^2 \dots\dots\dots \text{(Pers 2.20)}$$

Keterangan :

δ_{max} = perpindahan maksimum di tingkat x (mm) yang dihitung dengan mengasumsikan $A_x = 1$ (mm)

δ_{avg} = rata – rata perpindahan di titik – titik terjauh struktur di tingkat x yang dihitung dengan mengasumsikan $A_x = 1$ (mm)

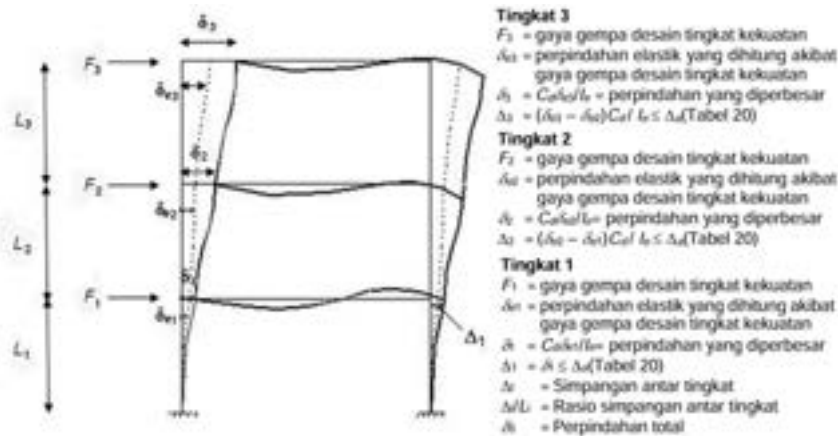


Gambar 2. 4 Faktor Pembesaran Torsi, A_x

(Sumber : SNI 1726:2019)

2.4.16 Simpangan Antar Tingkat

Menurut SNI 1726:2019, simpangan antar tingkat adalah selisih perpindahan horizontal antara dua lantai yang berurutan akibat pengaruh gempa rencana. Simpangan tingkat elastis (δ_{ex}) hasil desain diperbesar dengan faktor amplifikasi defleksi (C_d) menghasilkan simpangan diperbesar (δ_x) menurut prosedur SNI 1726:2019.



Gambar 2. 5 Penentuan Simpangan Antar Tingkat

(Sumber : SNI 1726:2019)

Simpangan antar tingkat (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_d) sebagaimana ketentuan yang ada pada table SNI berikut :

Tabel 2. 15 Simpangan antar tingkat izin

Struktur	Kategori Risiko		
	I atau II	III	IV
Struktur, selain dari struktur dinding geser batu bata, 4 tingkat atau kurang dengan dinding interior, partisi, langit-langit dan sistem dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat	$0,025h_{sx}$	$0,02h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

(Sumber : SNI 1726:2019, hal 87)

Simpangan pusat massa di tingkat-x (δ_x) (mm) :

$$\bullet \quad \delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.21)}$$

Keterangan :

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral

δ_{xe} = simpangan di tingkat-x yang ditentukan dengan analisis elastik

I_e = faktor keutamaan gempa

2.4.17 Efek P-Delta

Berdasarkan SNI 1726:2019, efek P-Delta (P- Δ) adalah pengaruh tambahan momen dan gaya dalam struktur yang timbul akibat adanya beban aksial (P) yang bekerja pada elemen struktur yang telah mengalami simpangan lateral (Δ) akibat gempa atau beban lateral lainnya ketika terjadi pergeseran akibat beban gempa, beban vertikal (berat bangunan) tetap bekerja. Efek ini dapat menyebabkan peningkatan simpangan dan gaya dalam secara signifikan, Efek ini Ditentukan oleh persamaan sama dengan atau kurang dari 0,10 sebagai berikut :

$$\bullet \quad \theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.22)}$$

Keterangan :

P_x = beban desain vertikal total pada dan diatas tingkat-x (kN) bila menghitung

P_x faktor beban individu tidak perlu melebihi 1,0

Δ = simpangan antar tingkat desain, terjadi secara serentak dengan V_x (mm)

I_x = faktor keutamaan gempa yang telah ditentukan

V_x = gaya geser seismik yang bekerja antara tingkat x dan x-1 (kN)

h_{sx} = tinggi tingkat dibawah tingkat x (mm)

C_d = faktor pembesaran defleksi

Berdasarkan SNI 1726:2019, koefisien stabilitas (θ) tidak boleh melebihi θ_{max} yang ditentukan sebagai berikut :

$$\bullet \quad \theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25 \text{ pengali } \frac{1}{1-\theta}. \text{ Namun,}$$

Menurut SNI 1726:2019, parameter β merupakan rasio antara kebutuhan geser terhadap kapasitas geser pada tingkat yang ditinjau, dengan nilai konservatif yang diperbolehkan sebesar 1,0. Apabila koefisien stabilitas (θ) berada pada rentang lebih besar dari 0,10 namun masih lebih kecil dari θ_{maks} , maka pengaruh P-Delta tidak dapat diabaikan sepenuhnya dan struktur harus dianalisis menggunakan metode yang lebih rasional. Sebagai alternatif, pengaruh P-Delta dapat diperhitungkan dengan memperbesar perpindahan dan gaya dalam elemen struktur menggunakan faktor pengali $\frac{1}{1-\theta}$. Namun, jika nilai θ melebihi θ_{maks} , maka struktur dianggap berpotensi tidak stabil sehingga perlu dilakukan perancangan ulang untuk menjamin keamanan dan kestabilan struktur terhadap beban gempa.

2.5 Stabilitas Struktur

Mengacu kepada SNI 1726:2019, stabilitas struktur merupakan kondisi dimana struktur mampu mempertahankan keseimbangan dan keamanan terhadap pengaruh beban yang bekerja, termasuk beban gravitasi dan beban lateral, sehingga tidak mengalami ketidakstabilan berupa gelincir (*sliding*), guling (*overturning*), maupun efek sekunder yang dapat menyebabkan keruntuhan struktur. Evaluasi stabilitas dilakukan dengan memastikan bahwa gaya dan momen penahan lebih besar daripada gaya dan momen yang menyebabkan ketidakstabilan.

2.6 Struktur Beton Bertulang

Beton merupakan material konstruksi yang dihasilkan dari campuran pasir, kerikil atau batu pecah, semen, dan air. Dalam beberapa kondisi, campuran tersebut juga dapat ditambahkan berbagai jenis bahan aditif dengan tujuan meningkatkan karakteristik beton, seperti memperbaiki *workability* (kemudahan dalam pengerjaan), meningkatkan *durability* (ketahanan dan keawetan), serta mengatur atau memperbaiki waktu pengerasan beton.

Beton bertulang adalah beton yang dilengkapi dengan tulangan dalam luas dan jumlah tertentu untuk menahan gaya tarik maupun gaya tekan pada suatu penampang. Perencanaan ini didasarkan pada asumsi bahwa beton dan tulangan bekerja secara bersamaan dalam menahan beban atau gaya yang bekerja. Sebagai salah satu material konstruksi, beton bertulang dapat diterapkan pada berbagai bentuk maupun jenis struktur.

2.7 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen merupakan sistem struktur yang terdiri atas balok, kolom, dan sambungan (*joint*) yang bekerja menahan gaya melalui mekanisme lentur, geser, dan aksial. Berdasarkan Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung (SNI 1729:2019), sistem rangka pemikul momen diklasifikasikan menjadi tiga jenis, yaitu:

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SPRMB), yang digunakan pada wilayah dengan tingkat kegempaan rendah dan termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) A dan B.
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SPRMM), yang diterapkan pada daerah dengan tingkat kegempaan sedang dan termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) A, B, dan C.
3. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK), yang diperuntukkan bagi wilayah dengan tingkat kegempaan tinggi dan termasuk dalam Kategori Desain Seismik (KDS) A, B, C, D, E, dan F.

2.8. Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa

Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) merupakan sistem struktur yang relatif sederhana dan ekonomis, sehingga sesuai untuk diterapkan pada wilayah dengan tingkat risiko gempa yang rendah. Meskipun demikian, sistem ini memiliki tingkat keuletan yang terbatas, sehingga dapat menimbulkan risiko apabila terjadi perubahan kondisi alam yang memengaruhi karakteristik tanah.

Berdasarkan SNI 1726:2019, Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Struktur rangka pemikul momen biasa dirancang untuk digunakan pada Kategori Desain Seismik (KDS) D atau E.
2. Struktur diperbolehkan memiliki tinggi gedung (*hm*) hingga 20 m, dengan syarat beban mati yang dipikul serta beban mati tributari atap tidak melebihi $0,96 \text{ kN/m}^2$.

3. Struktur juga diperkenankan digunakan pada konstruksi rangka ringan dengan tinggi gedung (h_m) sampai 10 m, selama beban mati pada seluruh lantai di atas dasar yang didukung dan beban mati tributari yang bekerja pada rangka momen tidak melebihi $1,68 \text{ kN/m}^2$.

2.9 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) adalah suatu sistem rangka ruang yang komponen-komponen struktur beserta sambungannya (joint) berfungsi menahan gaya-gaya yang bekerja melalui mekanisme lentur, geser, dan aksial. Perencanaannya wajib memenuhi ketentuan yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk struktur tahan gempa.

Berdasarkan SNI 1726:2019, Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. SRPMM dirancang untuk digunakan pada kategori desain seismik D dan E.
2. Sistem ini diperbolehkan memiliki tinggi bangunan hingga $h_m = 20 \text{ m}$, dengan syarat beban mati yang dipikul tidak lebih dari $0,96 \text{ kN/m}^2$.
3. Struktur rangka pemikul momen menengah yang direncanakan untuk kategori desain seismik D dan E dapat diterapkan pada konstruksi rangka ringan dengan tinggi maksimum $h_m = 10 \text{ m}$. Ketentuan ini berlaku apabila beban mati atap maupun beban mati pada seluruh lantai di atas dasar bangunan yang didukung serta menjadi tributari terhadap rangka momen tidak melebihi $1,68 \text{ kN/m}^2$.
4. Untuk struktur rangka pemikul momen menengah yang dirancang pada kategori desain seismik F, tinggi struktur diperkenankan mencapai $h_m = 20 \text{ m}$, selama beban mati yang dipikul beserta beban mati tributari atap tidak melebihi $0,96 \text{ kN/m}^2$. Selain itu, beban mati tributari yang berasal dari dinding eksterior dan bekerja pada rangka pemikul momen yang berada lebih dari 10 m di atas dasar bangunan juga tidak boleh melampaui $0,96 \text{ kN/m}^2$.

2.10 Sistem Rangka Pemikul Khusus

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) adalah suatu sistem rangka ruang yang komponen-komponen struktur beserta sambungannya (joint) dirancang untuk menahan gaya-gaya yang bekerja melalui mekanisme lentur, geser, dan aksial pada daerah dengan tingkat risiko gempa yang tinggi (wilayah gempa 5 dan 6). Pada SRPMK, beban lateral dan beban gravitasi yang bekerja pada setiap tingkat lantai didistribusikan ke seluruh balok dan kolom, dengan menerapkan detail perencanaan khusus yang disyaratkan untuk wilayah dengan tingkat kegempaan tinggi.

BAB III

METEDOLOGI PENELITIAN

3.1 Metologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan aspek penting dalam suatu penelitian karena menjadi pedoman yang mengarahkan seluruh proses penelitian, mulai dari perencanaan, pengumpulan data, analisis, hingga penarikan kesimpulan. Pemilihan metode yang tepat berperan dalam menghasilkan data yang valid, reliabel, dan dapat dipertanggungjawabkan, sehingga tujuan penelitian dapat tercapai secara sistematis dan objektif.

Selain sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian, metodologi juga menentukan teknik pengumpulan dan analisis data yang sesuai dengan karakteristik penelitian. Dengan demikian, hasil penelitian diharapkan mampu menjawab rumusan masalah serta memberikan kontribusi bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Secara umum, metodologi penelitian dibedakan menjadi dua pendekatan utama, yaitu metode kuantitatif dan metode kualitatif. Metode kuantitatif menggunakan data berbentuk angka yang dianalisis secara statistik, sedangkan metode kualitatif berfokus pada pemahaman mendalam terhadap suatu fenomena melalui data deskriptif.

3.2 Kerangka Berpikir penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan struktur bangunan gedung apartemen beton bertulang yang mengalami pengaruh beban gempa dengan menerapkan pendekatan berbasis kinerja (Performance-Based Design), sehingga dapat diperoleh hasil perencanaan yang optimal serta memenuhi tingkat kinerja yang telah ditetapkan. Kerangka berpikir yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi sebagai acuan dalam mengidentifikasi dan menganalisis permasalahan yang menjadi objek penelitian, sebagaimana ditunjukkan pada bagan alir berikut.

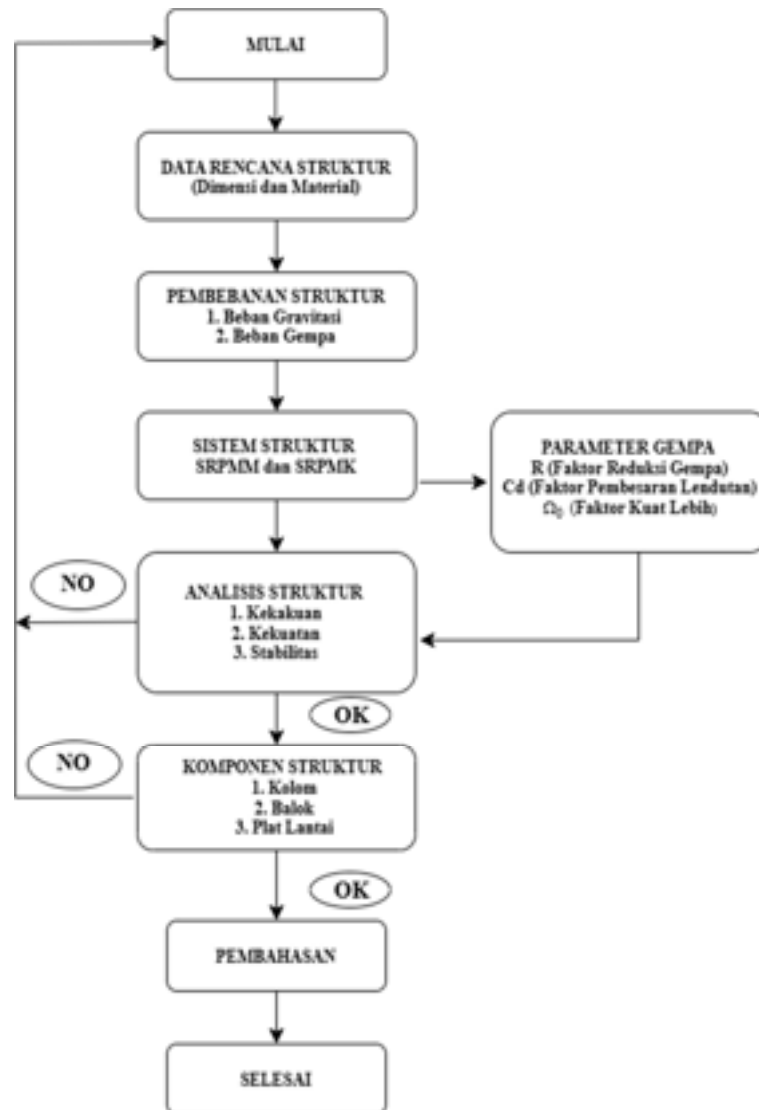


Gambar 3. 1 Diagram Kerangka Berpikir

3.3 Metode Pelaksana

Metode pelaksanaan penelitian dilakukan dengan mengikuti suatu sistem kerja yang telah disusun secara terencana, sistematis, dan berurutan sebagai pedoman dalam melaksanakan seluruh tahapan kegiatan penelitian. Tahapan-tahapan tersebut diterapkan secara konsisten guna mendukung proses kajian ilmiah sehingga tujuan penelitian yang telah ditetapkan dapat tercapai secara optimal. Proses penelitian diawali dengan pengumpulan serta persiapan data perencanaan struktur, kemudian dilanjutkan dengan kegiatan pemeriksaan, verifikasi, dan analisis terhadap data yang tersedia. Seluruh tahapan tersebut dilaksanakan hingga

mencapai tahap akhir penelitian. Dengan penerapan prosedur yang terstruktur ini, kualitas data yang digunakan dapat dikontrol dan dievaluasi secara baik, sehingga hasil penelitian yang diperoleh dapat dipertanggungjawabkan serta sesuai dengan ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku.



Gambar 3. 2 Bagan Alir Perancangan Struktur Beton Bertulang

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Perencana Struktur

perencanaan bangunan Apartemen dimodelkan sebagai bangunan struktur beton bertulang. Berikut uraian data perencanaan struktur bangunan :

Jenis Bangunan	: Hotel
Jumlah Lantai	: 15 Lantai
Luas Bangunan	: 32 m x 17 m
Tinggi Lantai Base	: 4 m
Tinggi Perlantai	: 3,5 m
Lokasi proyek	: Jl. Kolonel Makmum Rasyid, Way urang Kec. Kalianda Kab. Lampung Selatan

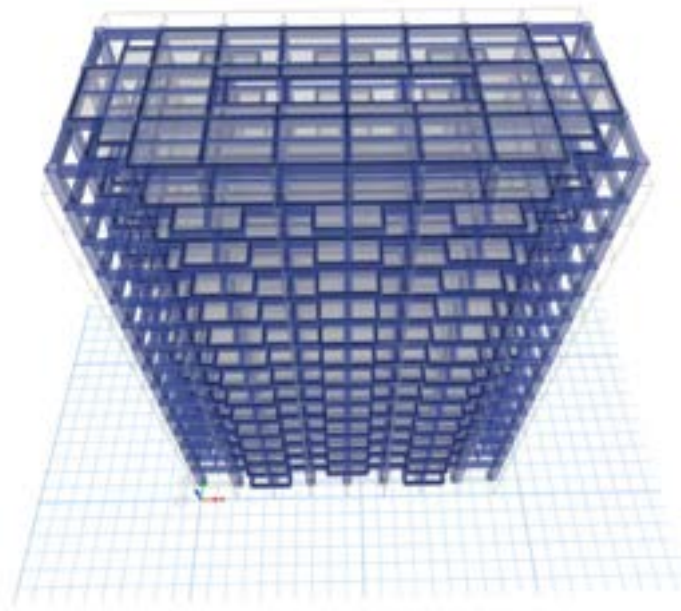


Gambar 4. 1 Gambar Lokasi

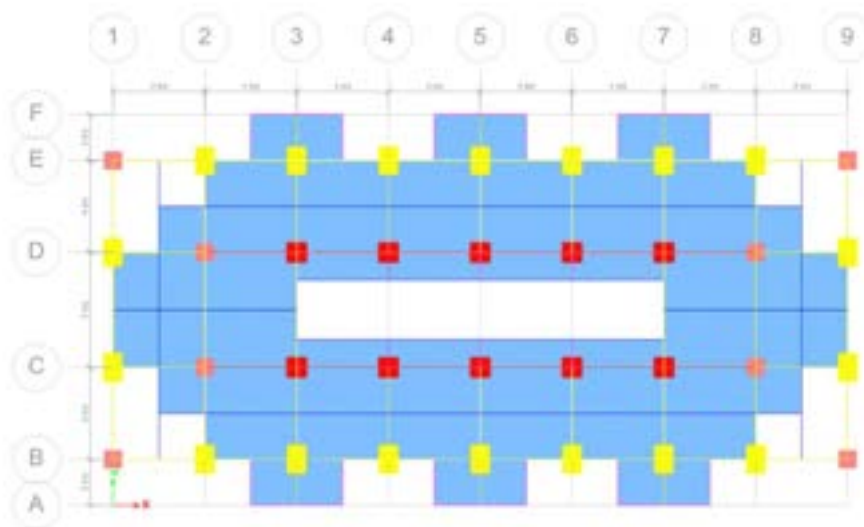
(Sumber : Google Earth)

4.1.1 Pemodelan Struktur

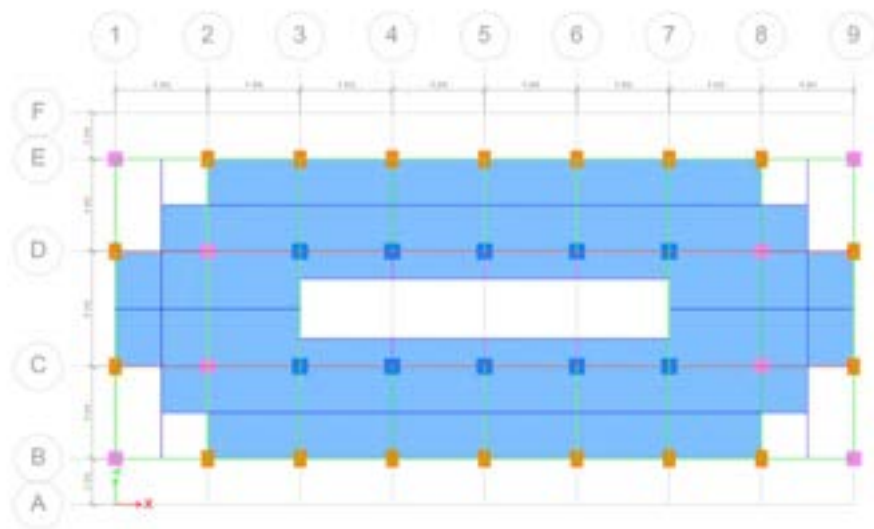
1. Prespektif Struktur bangunan rencana



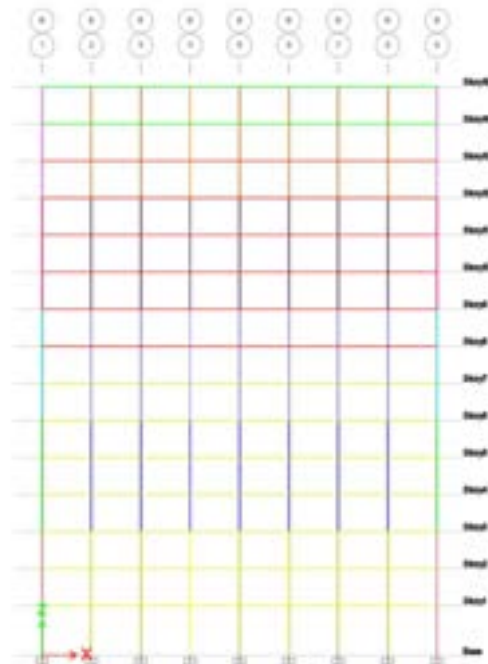
Gambar 4. 2 Prespektif Struktir bangunan rencana
(sumber : Analisa ETABS)



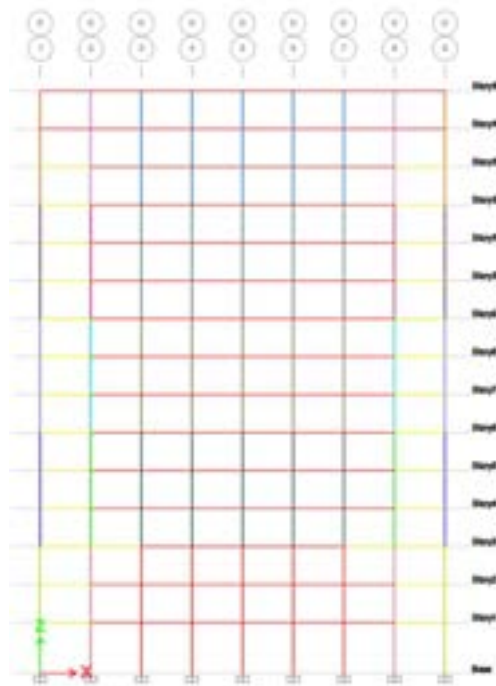
Gambar 4. 3 Denah Lantai 1 – 14



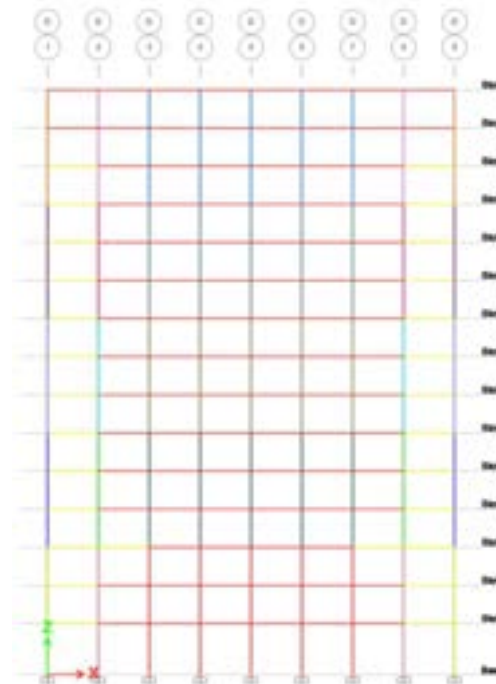
Gambar 4. 4 Denah Lantai Atap



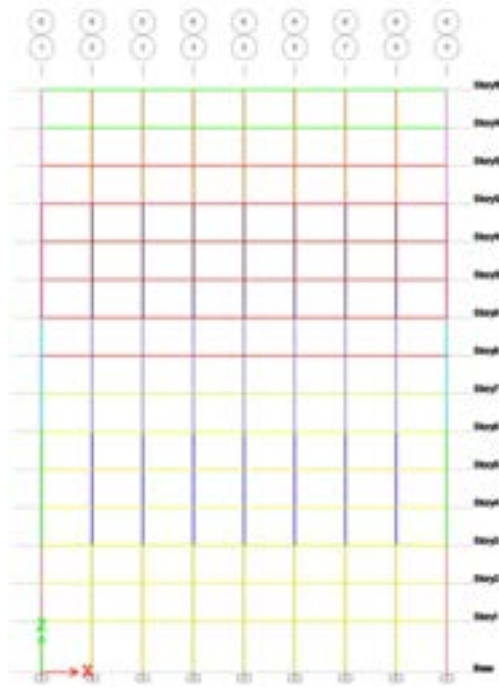
Gambar 4. 5 Potongan Grid B
(Sumber : Analisis ETABS)



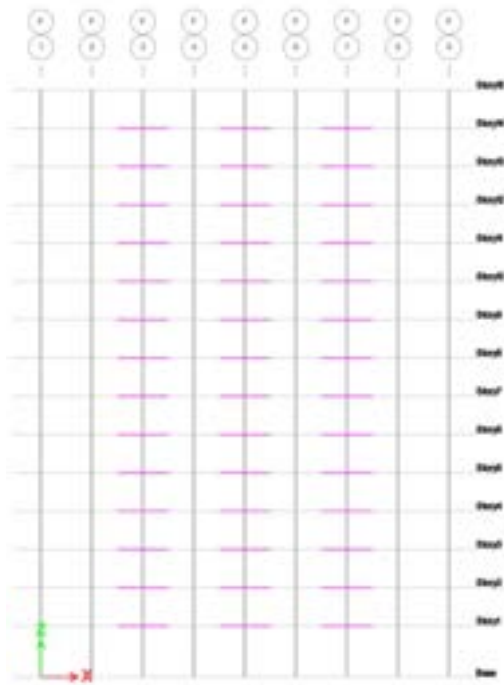
Gambar 4. 6 Potongann Grid C
(Sumber : Analisis ETABS)



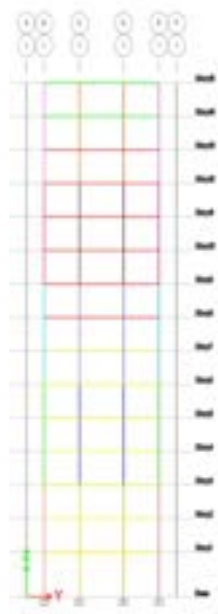
Gambar 4. 7 Potongan Grid D
(Sumber : Analisis ETABS)



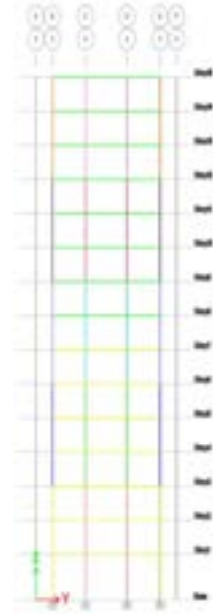
Gambar 4. 8 Potongan Grid E
(Sumber : Analisis ETABS)



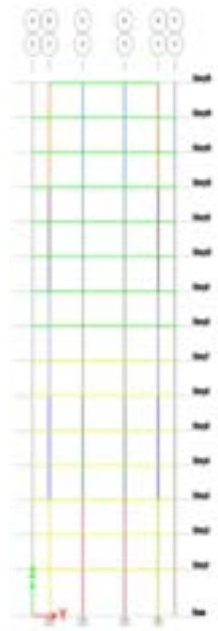
Gambar 4. 9 Potongan Grid F
(Sumber : Analisis ETABS)



Gambar 4. 10 Potongan Grid 1
(Sumber : Analisis ETABS)



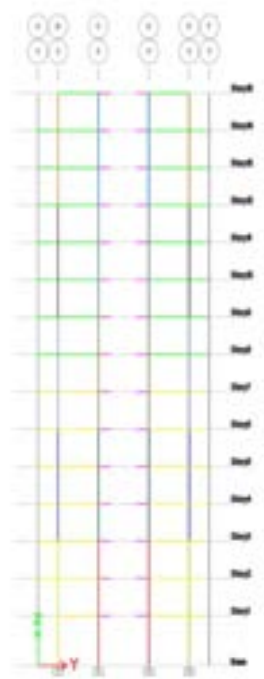
Gambar 4. 11 Potongan Grid 2
(Sumber : Analisis ETABS)



Gambar 4. 12 Potongan Grid 3
(Sumber : Analisis ETABS)



Gambar 4. 13 Potongan Grid 4
(Sumber : Analisis ETABS)



Gambar 4. 14 Potongan Grid 5-6
(Sumber : Analisis ETABS)



Gambar 4. 15 Potongan Grid 10
(Sumber : Analisis ETABS)

4.2 Data Material dan Dimensi Elemen Struktur

4.2.1 Material Propertis

1. Beton

- $F_c = 30 \text{ MPa}$
- $E_c = 23,500 \text{ MPa}$
- $B_j = 23,536 \text{ kN/m}^3$
- $\beta_1 = 0,84$

2. Baja tulangan

- $F_y = 420 \text{ Mpa}$ (Tulangan Memanjang)
- $F_y = 420 \text{ Mpa}$ (Tulangan Geser)
- $E_s = 200.000 \text{ MPa}$
- $B_j \text{ Baja} = 78,5 \text{ kN/m}^3$

4.2.2 Section properties

1. kolom

- Kolom Sdt Lt 1-3 = 75 x 75 cm
- Kolom Tgh Lt 1-3 = 85 x 85 cm
- Kolom Tp Lt 1-3 = 80 x 120 cm
- Kolom Sdt Lt 4-6 = 70 x 70 cm
- Kolom Tgh Lt 4-6 = 80 x 80 cm
- Kolom Tp Lt 4-6 = 65 x 80 cm
- Kolom Sdt Lt 7-9 = 65 x 65 cm
- Kolom Tgh Lt 7-9 = 75 x 75 cm
- Kolom Tp Lt 7-9 = 60 x 65 cm
- Kolom Sdt Lt 10-12 = 60 x 60 cm
- Kolom Tgh Lt 10-12 = 70 x 70 cm
- Kolom Tp Lt 10-12 = 60 x 75 cm
- Kolom Sdt Lt 13-15 = 60 x 60 cm
- Kolom Tgh Lt 13-15 = 65 x 65 cm
- Kolom Tp Lt 13-15 = 50 x 70 cm

2. Balok

- Balok 1 = 45 x 60 cm
- Balok 2 = 40 x 60 cm
- Balok 3 = 35 x 60 cm
- Balok Kantilever = 25 x 45 cm
- Balok Anak = 15 x 20 cm

4.3 Beban Gravitasi

4.3.1 Beban hidup

- Semua Ruangan Lantai 1 – 14 = 1,92 kN/m²
- Ruangan Publik Lantai 1 – 14 = 4,79 kN/m²
- Balkon Dak 1 – 15 = 1,60 kN/m²
- Atap penghuni penggunaan lainnya = 4,79 kN/m²
- Koridor = 1,60 kN/m²

4.3.2 Beban Mati Tambahan SIDL

1. SIDL Lantai

• Finishing Lantai (5cm)	= 1,05 kN/m ²	
• Penutup Lantai (Keramik)	= 0,60 kN/m ²	
• Dinding/ Partisi	= 0,72 kN/m ²	
• <u>Plafond + mechanical</u>	= 0,50 kN/m ²	+
SIDL TOTAL	= 2,87 kN/m ²	

2. SIDL Atap

• Finishing Lantai (5cm)	= 1,05 kN/m ²	
• Dinding/ Partis	= 1,00 kN/m ²	
• <u>Plafond + mechanical</u>	= 0,50 kN/m ²	+
SIDL TOTAL	= 2,55 kN/m ²	

3. Dinding Permeter ½ bt

• Dinding Lantai 1	= 8,58 <u>kN/m²</u>
• Dinding Lantai 2 s/d 14	= 6,13 <u>kN/m²</u>
• Dinding Lantai Atap	= 1,23 <u>kN/m²</u>

4.3.3 Rekap Beban

1. Beban mati

• Berat Sendiri Struktur	= 58295,4604 kN	
• <u>Beban Tambahan (SIDL)</u>	= 33059,32 kN	+
TOTAL BEBAN MATI	=	

2. Beban hidup = 91,354,78 kN

4.4 Data Beban Gempa

Berdasarkan dari lokasi Pembangunan data yang di dapat

Ss	= 0.8670	Cv	= 0.6628
S1	= 0.4220	Cv	= 0.2789
Fa	= 1.2064		
Fv	= 2.3560		
Sms	= 1.0460		
Sm1	= 0.9942		
To	= 0.1901		

$$T_s = 0.9505$$

Kategori Risiko II

$$I = 1$$

$$S_{ds} = 0.6973$$

$$S_{d1} = 0.6628$$

Berdasarkan dari fungsi bangunan dan data diatas (SNI 1726-2019, Tabel 20) didapatkan Parameter Gempa sbb :

$$C_d = 5,5$$

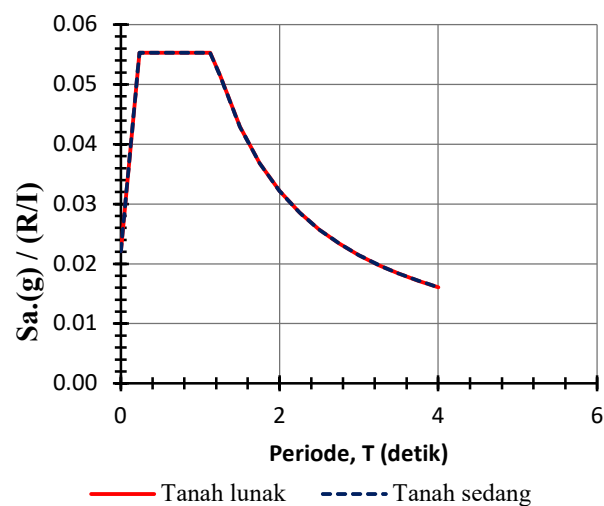
$$R = 8$$

$$\Omega_o = 3$$

4.4.1 Data Respon Spektera Desain

Tabel 4. 1 Respon Spektra

T (detik)	Sa.(g)/ (R/I)
0	0,0349
0,190	0,0872
0,951	0,0872
1	0,0829
1,125	0,0736
1,25	0,0663
1,5	0,0552
1,75	0,0473
2	0,0414
2,25	0,0368
2,5	0,0331
2,75	0,0301
3	0,0276
3,25	0,0255
3,5	0,0237
3,75	0,0221
4	0,0207



Gambar 4. 16 Kurva Respon Spektrum Gempa Desain

4.5 Analisis Struktur

Analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS untuk menghasilkan data berupa gaya-gaya dalam yang bekerja pada setiap elemen struktur. Data gaya dalam tersebut kemudian digunakan sebagai acuan dalam

menentukan dimensi masing-masing komponen struktur serta menghitung kebutuhan tulangan pada elemen beton bertulang.

4.5.1 Pembebanan Struktur

1. Beban gravitasi

- $1,4D$
- $1,2D+L$
- $1,2D+1,6L$

2. Beban gempa

- $1.29D+1,0L-0,39Ex-1,3Ey$
- $1.29D +1,0L-0,39Ex-1,3Ey$
- $1.29D +1,0L-0,39Ex-1,3Ey$
- $1.29D +1,0L-0,39Ex-1,3Ey$
- $1.29D +1,0L+0,39Ex-1,3Ey$
- $1.29D +1,0L+0,39Ex-1,3Ey$
- $1.29D +1,0L+0,39Ex-1,3Ey$
- $1.29D +1,0L+0,39Ex-1,3Ey$
- $0.81D-0,39Ex-1,39Ey$
- $0.81D -0,39Ex+1,39Ey$
- $0.81D -1,39Ex-0,39Ey$
- $0.81D -1,39Ex+0,39Ey$
- $0.81D +0,39Ex-1,39Ey$
- $0.81D +0,39Ex+1,39Ey$
- $0.81D +1,39Ex-0,39Ey$
- $0.81D +1,39Ex+0,39Ey$

4.5.2 Periode Getar

Periode getar alami (T) merupakan waktu yang diperlukan oleh suatu struktur bangunan untuk menyelesaikan satu siklus getaran akibat pengaruh beban dinamis, seperti gempa bumi. Nilai periode getar alami mencerminkan karakteristik perilaku dinamis struktur yang dipengaruhi oleh distribusi massa serta tingkat kekakuan lateral bangunan. Semakin rendah kekakuan suatu struktur, semakin

besar nilai periode getar alaminya. Sebaliknya, struktur yang memiliki kekakuan lateral lebih tinggi akan menghasilkan periode getar alami yang lebih pendek. Oleh karena itu, periode getar alami menjadi salah satu parameter yang sangat penting dalam perencanaan struktur tahan gempa karena digunakan untuk mengevaluasi respons seismik bangunan serta sebagai dasar dalam menentukan besarnya gaya gempa berdasarkan spektrum respons desain. Mengacu pada ketentuan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.2, nilai periode fundamental untuk sistem rangka beton pemikul momen dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

- Batas bawah :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x = 1,45 \text{ second}$$

Dimana :

$$C_t = 0,0466 \quad x = 0,9 \quad h_n = 46 \text{ m}$$

- Batas atas :

Batasan perioda struktur menurut SNI 1726-2019, $T = C_u \cdot T_a$, dimana untuk nilai parameter percepatan respon spectrum desain pada 1 detik, $S_d1 = 0,8203$

$$C_u = 1,40$$

$$T_a = 1,46 \text{ sec.}$$

$$C_u \cdot T_a = 2,026 \text{ sec}$$

1. Kontrol Hasil Analisa Struktur

- Periode Ragam Getar dan Frekuensi (Un-Crack)

Tabel 4. 2 periode Ragam Getar dan Frekuensi (UN – Crack)

Mode	Period/ T Sec	Frequency/1/T Cyc/sec	CircFreq/ ω rad/sec	Eigenvalue/ ω^2 rad2/sec2
1	1.39	0.72	4.522	20.447
2	1.164	0.859	5.398	29.139
3	1.121	0.892	5.607	31.435
4	0.466	2.144	13.471	181.480
5	0.403	2.484	15.605	243.506
6	0.39	2.566	16.124	259. 979
7	0.256	3.912	24.580	604.185
8	0.235	4.262	26.776	716.953
9	0.224	4.473	28.106	789.946
10	0.173	5.789	36.371	1322.813
11	0.163	6.132	38.531	1484.621
Dari Hasil Analisa Getar Bebas Didapat			Tcx	1.16
			Tcy	1.39

- Periode Ragam Getar dan Frekuensi (Crack)

Tabel 4. 3 Periode Ragam Getar dan Frekuensi (Crack)

Mode	Period/ T Sec	Frequency/1/T Cyc/sec	CircFreq/ ω rad/sec	Eigenvalue/ ω^2 rad2/sec2
1	1.95	0.513	3.223	10.387
2	1.675	0.597	3.750	14.063
3	1.598	0.626	3.933	15.467
4	0.654	1.53	9.613	92.401
5	0.573	1.746	10.971	120.357
6	0.551	1.816	11.410	130.177
7	0.358	2.791	17.538	307.570
8	0.33	3.029	19.030	362.136
9	0.313	3.19	20.044	401.750
10	0.237	4.225	26.548	704.785
11	0.225	4.436	27.874	776.980
Dari Hasil Analisa Getar Bebas Didapat			Tcx	1.675
			Tcy	1.95

Dari hasil analisa getar bebas di dapat, $T_{ex} = 1.16$

Cu.Ta = $2,026 < T_c$, maka gunakan $T = 1,4617$ second

3,5 Ts = $3,327$ Sec. $> T_{cx}$

K = $1,474$

Dari hasil analisa getar bebas didapat, $T_{cy} = 1,390$ second

Cu.Ta = $2,026 < T_c$, maka gunakan $T = 1,4617$ second

3,5 Ts = $3,327$ Sec. $> T_{cy}$

K = $1,474$

4.5.3 Base Shear

Tabel 4. 4 Rangkuman Beban mati dan Beban Hidup (SNI 1726-2019, Ps. 7.7.2)

Jenis Pembebanan	Data Beban		Total (DL+25%L) (kN)
	Beban (Kn)	Reduksi Beban Hidup	
Plat, Balok & kolom	58,295.46040	1.00	58,295.46
SIDL	33,059.32	1.00	33,059.32
Beban Hidup	14,977.44	0.25	3,744.36
		Wt =	95,099.14

Berdasarkan SNI 1726-2019 Ps. 7.8.1.1.

$$\begin{aligned}
 C_s (\text{min}) &= 0.0307 \\
 C_s (\text{max}) &= 0.0872 \\
 C_{sx} &= 0.0572 & K = 1 \\
 V_{nx} &= 5,443.60 \text{ kN} \\
 C_{sy} &= 0.0572 & K = 1 \\
 V_{ny} &= 5,443.60 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan SNI 1726-2019, Ps. 7.9.4.1. Bila digunakan analisa respon spektrum, maka besar geser dasar harus $\geq 100\%$ V_n , untuk arah x dan maupun y

- Base Shear sebelum terkoreksi (Crack)

Tabel 4. 5 Base shear sebelum terkoreksi (Crack)

Base Share	Statik	Respon Spektrum	%	Skala
V_{nx}	5443.60285	5390,1664	68.57	1,0000
V_{ny}	5443.60285	5390,1996	57.79	1.7304

- Base shear setelah terkoreksi (Crack)

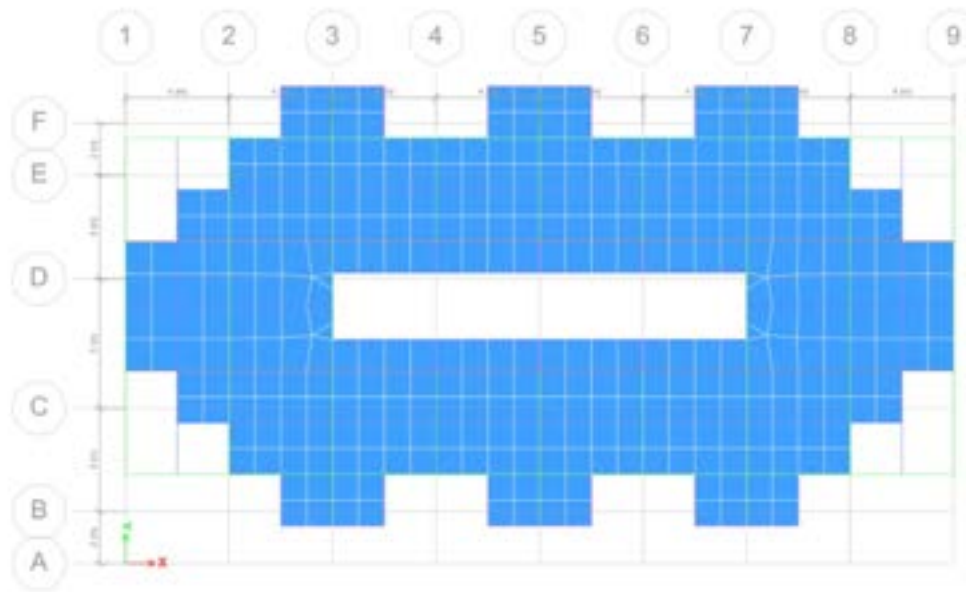
Tabel 4. 6 Base Shear setelah terkoreksi (Crack)

Base Share	Statik	Respon Spektrum	%	Skala
V_{nx}	5,443.6028	5390,1664	100	Ok
V_{ny}	5,443.6028	5390,1996	100	Ok

4.5.4 Analisa Modul Respon Spektrum

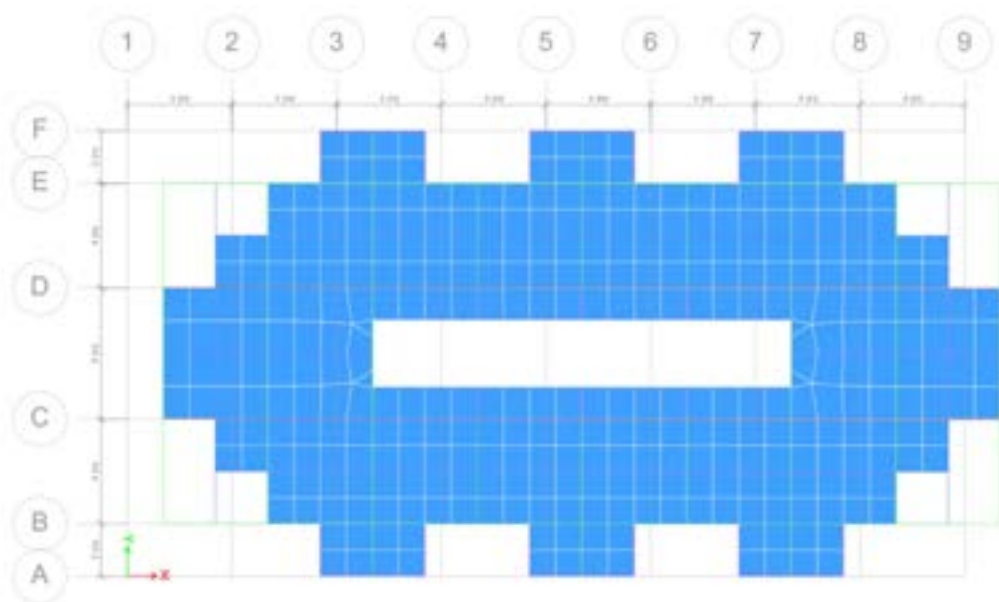
Tabel 4. 7 Rasio Modal Patisipasi Massa

Mode	T	Rasio Modal partisipasi Massa (%)		
		UX	UY	RZ
1	1.39	0	73.06	0.0004
2	1.16	77.14	73.06	0.0016
3	1.12	77.15	73.06	74.390
4	0.47	77.15	86.00	74.390
5	0.40	88.24	86.00	74.390
6	0.39	88.24	86.00	86.350
7	0.26	88.24	90.64	86.350
8	0.24	92.49	90.64	86.350
9	0.22	92.49	90.64	90.930
10	1.17	92.49	93.41	90.930
11	0.16	94.91	93.41	90.930



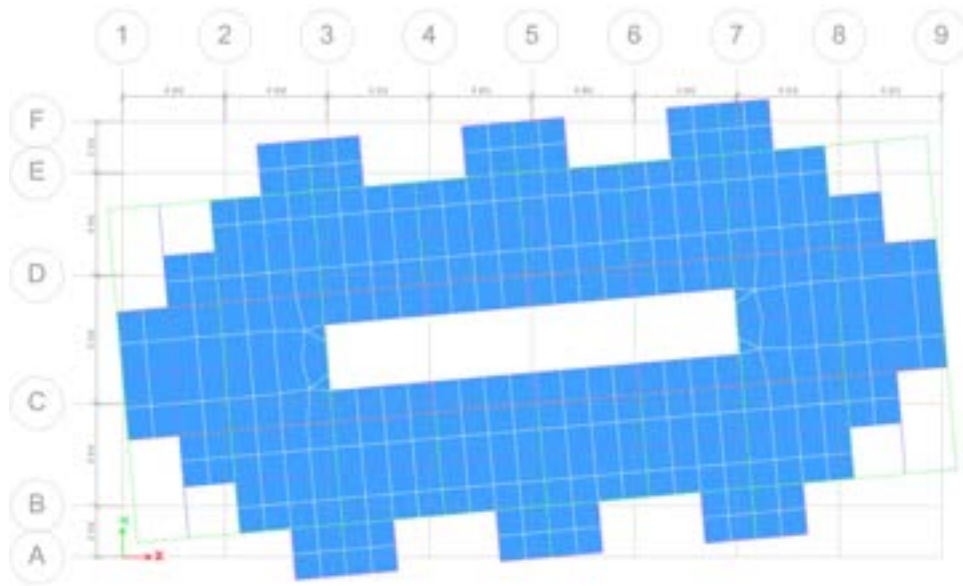
Gambar 4. 17 Pergeseran Mode 1 Arah Y

Pergeseran Mode 1 Sudah sesuai dengan seharusnya Dimana mode 1 harus bergeser sejajar arah Y, Maka Tingkat kekakuan untuk pemodelan bangunan sudah dianggap terpenuhi.



Gambar 4. 18 Pergeseran Mode 2 Arah x

Pergeseran Mode 2 Sudah sesuai dengan seharusnya Dimana mode 2 harus bergeser sejajar arah X, Maka Tingkat kekakuan untuk pemodelan bangunan sudah dianggaap terpenuhi.



Gambar 4. 19 Pergeseran mode 3 Rotasi

Pergeseran untuk mode 3 diperbolehkan untuk bergerak rotasi, maka untuk mode 3 ini juga dinyatakan telah memenuhi.

4.5.5 Simpangan *displacement* Akibat Gempa dan Pemeriksaan *Story Drifts*

- Data peralihan lantai akibat beban lateral

Tabel 4. 8 Data Peralihan Lantai Akibat Beban Lateral

No	Lokasi	Perpindahan (mm)		Perpindahan (mm)	
		Arah x	Arah y	Arah x	Arah y
15	Lantai 15	66,708	0,29	0,174	95,445
14	Lantai 14	65,665	0,282	0,189	92,769
13	Lantai 13	63,841	0,271	0,183	89,063
12	Lantai 12	61,171	0,257	0,173	84,246
11	Lantai 11	57,955	0,241	0,159	78,537
10	Lantai 10	54,06	0,221	0,146	71,968
9	Lantai 9	49,527	0,199	0,136	64,633
8	Lantai 8	44,564	0,176	0,117	56,906
7	Lantai 7	39,202	0,152	0,101	48,952
6	Lantai 6	33,467	0,127	0,088	40,839
5	Lantai 5	27,59	0,102	0,067	32,689
4	Lantai 4	21,43	0,077	0,051	24,459
3	Lantai 3	15,126	0,052	0,038	16,515
2	Lantai 2	9,29	0,031	0,035	9,596
1	Lantai 1	4,008	0,013	0,03	3,834
	Base	0	0	0	0

- Story Drifts Arah Sumbu X

Tabel 4. 9 Story Drift Arah Sumbu x

Tingkat X	Story	Tinggi Tingkat h_x (m)	Story Drift Hasil Analisis		Drift izin Maks.	$\sum \delta x$ (mm)	Drift izin Maks $\sum \Delta$ (mm)	Kontrol
			$\delta x_e/h_x$ (mm)	δx (mm)	Δx (mm)			
Lt 15	15	3,00	0,000347667	5,74	60,00	366,89	920	Ok
Lt 14	14	3,00	0,000608000	10,03	60,00	361,16	860	Ok
Lt 13	13	3,00	0,000890000	14,69	60,00	351,13	800	Ok
Lt 12	12	3,00	0,001072000	17,69	60,00	336,44	740	Ok
Lt 11	11	3,00	0,001298333	21,42	60,00	318,75	680	Ok
Lt 10	10	3,00	0,001511000	24,93	60,00	297,33	620	Ok
Lt 9	9	3,00	0,001654333	27,30	60,00	272,40	560	Ok
Lt 8	8	3,00	0,001787333	29,49	60,00	245,10	500	Ok
Lt 7	7	3,00	0,001911667	31,54	60,00	215,61	440	Ok
Lt 6	6	3,00	0,001959000	32,32	60,00	184,07	380	Ok
Lt 5	5	3,00	0,002053333	33,88	60,00	151,75	320	Ok
Lt 4	4	3,00	0,002101333	34,67	60,00	117,87	260	Ok
Lt 3	3	3,00	0,001945333	32,10	60,00	83,19	200	Ok
Lt 2	2	3,00	0,001760667	29,05	60,00	51,10	140	Ok
Lt 1	1	4,00	0,001002000	22,04	80,00	22,04	80	Ok
Base	0	0	0	0	0	0	0	

Tabel 4. 10 Story Drift Arah Sumbu Y

Tingkat X	Story	Tinggi Tingkat h_x (m)	Story Drift Hasil Analisis		Drift izin Maks.	$\sum \delta x$ (mm)	Drift izin Maks $\sum \Delta$ (mm)	Kontrol
			$\delta x_e/h_x$ (mm)	δx (mm)	Δx (mm)			
Lt 15	15	3,00	0,00089200	14,72	60,00	524,95	920,00	Ok
Lt 14	14	3,00	0,00123533	20,38	60,00	510,23	860,00	Ok
Lt 13	13	3,00	0,00160567	26,49	60,00	489,85	800,00	Ok
Lt 12	12	3,00	0,00190300	31,40	60,00	463,35	740,00	Ok
Lt 11	11	3,00	0,00218967	36,13	60,00	431,95	680,00	Ok
Lt 10	10	3,00	0,00244500	40,34	60,00	395,82	620,00	Ok
Lt 9	9	3,00	0,00257567	42,50	60,00	355,48	560,00	Ok
Lt 8	8	3,00	0,00265133	43,75	60,00	312,98	500,00	Ok
Lt 7	7	3,00	0,00270433	44,62	60,00	269,24	440,00	Ok
Lt 6	6	3,00	0,00271667	44,83	60,00	224,61	380,00	Ok
Lt 5	5	3,00	0,00274333	45,27	60,00	179,79	320,00	Ok
Lt 4	4	3,00	0,00264800	43,69	60,00	134,52	260,00	Ok
Lt 3	3	3,00	0,00230633	38,05	60,00	90,83	200,00	Ok
Lt 2	2	3,00	0,00192067	31,69	60,00	52,78	140,00	Ok
Lt 1	1	4,00	0,00095850	21,09	80,00	21,09	80,00	Ok
Base	0	0	0	0	0	0	0	

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai simpangan antar tingkat pada arah sumbu y masih di bawah batas izin menurut SNI 1726:2019 struktur dinyatakan aman pada simpangan tersebut. *Story Drifts* Arah Sumbu y Dan y pada gambar 4.9 dan 4.10

Berdasarkan SNI 1726-2012 Ps. 7.8.6,

defleksi pusat massa tingkat.: $\delta \frac{C_d \cdot \delta_e}{1_e}$ Dimana $C_d = 5,5$

4.5.6 Beban Geser Dasar Gempa

- Rangkuman Berat Struktur Perlantai Akibat Beban Mati

Tabel 4. 11 Rangkuman Berat Struktur per Lantai Akibat Beban Mati

Lantai	Tinggi lantai (m)	Beban mati (DL) akibat			Total (DL+25%L) (kN)
	Lantai (m)	Beban mati kN/m	SIDL kN/m	Beban Hidup kN/m	
Lantai 15	46,00	2572,30645	914,508	1364,32	3.827,89
Lantai 14	43,00	3363,70925	2263,748	966,72	5.869,14
Lantai 13	40,00	3428,4607	2263,748	966,72	5.933,89
Lantai 12	37,00	3498,18695	2263,748	966,72	6.003,61
Lantai 11	34,00	3585,665	2263,748	966,72	6.091,09
Lantai 10	31,00	3585,665	2263,748	966,72	6.091,09
Lantai 9	28,00	3636,16375	2263,748	966,72	6.141,59
Lantai 8	25,00	3698,5471	2263,748	966,72	6.203,98
Lantai 7	22,00	3854,1344	2263,748	966,72	6.359,56
Lantai 6	19,00	3927,9959	2263,748	966,72	6.433,42
Lantai 5	16,00	4020,599	2263,748	966,72	6.526,03
Lantai 4	13,00	4020,599	2263,748	966,72	6.526,03
Lantai 3	10,00	4282,9184	2263,748	966,72	6.788,35
Lantai 2	7,00	4582,7827	2263,748	966,72	7.088,21
Lantai 1	4,00	4870,8301	2716,088	1045,76	7.848,36
Base	0	1366,8967	0	0	1.366,90
Jumlah =		58.295,46040	33.059,32	14.977	95.099,14

- Distribusi Gaya Gempa Perlantai Arah Sumbu X

Tabel 4. 12 Distribusi Gaya Gempa Perlantai Arah Sumbu X

Lantai	Tinggi lantai hi(m)	Berat Lantai (DL+25% LL) Wi (kN)	Momen Wi.hi (kN/m)	Cvx	Gaya Tingkat Fi (kN)	Geser lantai Fx (kN)	Momen guling M_{ot-x} (kN/m)
Lt 15	46,00	3.827,9	176.083,1	0,080	429,24	429,2	0,0
Lt 14	43,00	5.869,1	252.372,9	0,114	615,21	615,2	1.287,7
Lt 13	40,00	5.933,9	237.355,5	0,107	578,60	578,6	3.133,4
Lt 12	37,00	6.003,6	222.133,8	0,100	541,50	541,5	4.869,2
Lt 11	34,00	6.091,1	207.097,2	0,094	504,84	504,8	6.493,7
Lt 10	31,00	6.091,1	188.823,9	0,085	460,30	460,3	8.008,2
Lt 9	28,00	6.141,6	171.964,6	0,078	419,20	419,2	9.389,1
Lt 8	25,00	6.204,0	155.099,4	0,070	378,09	378,1	10.646,7
Lt 7	22,00	6.359,6	139.910,4	0,063	341,06	341,1	11.780,9
Lt 6	19,00	6.433,4	122.235,1	0,055	297,97	298,0	12.804,1
Lt 5	16,00	6.526,0	104.416,4	0,047	254,54	254,5	13.698,0
Lt 4	13,00	6.526,0	84.838,4	0,038	206,81	206,8	14.461,6
Lt 3	10,00	6.788,3	67.883,5	0,031	165,48	165,5	15.082,1
Lt 2	7,00	7.088,2	49.617,5	0,022	120,95	121,0	15.578,5
Lt 1	4,00	7.848,4	31.393,4	0,014	76,53	76,5	15.941,4
Base	0	1.366,90	0	0	0	0,0	16.247,5
		95.099,1	2.211.224,9	1,0	5.390,3		16.247,5

- Distribusi Gaya Gempa Perlantai Arah Sumbu Y

Tabel 4. 13 Distribusi Gaya Gempa Perlantai Arah Sumbu Y

Lantai	Tinggi lantai hi(m)	Berat Lantai (DL+25% LL) Wi (kN)	Momen Wi.hi (kN/m)	Cvx	Gaya Tingkat Fi (kN)	Geser lantai Fx (kN)	Momen guling M_{ot-x} (kN/m)
Lt 15	46,00	3.827,9	176.083	0,080	429,24	429,24	0
Lt 14	43,00	5.869,1	252.373	0,114	615,21	615,21	1.287,7
Lt 13	40,00	5.933,9	237.356	0,107	578,60	578,60	3.133,4
Lt 12	37,00	6.003,6	222.134	0,100	541,50	541,50	4.869,2
Lt 11	34,00	6.091,1	207.097	0,094	504,84	504,84	6.493,7
Lt 10	31,00	6.091,1	188.824	0,085	460,30	460,30	8.008,2
Lt 9	28,00	6.141,6	171.965	0,078	419,20	419,20	9.389,1
Lt 8	25,00	6.204,0	155.099	0,070	378,09	378,09	10.646,7
Lt 7	22,00	6.359,6	139.910	0,063	341,06	341,06	11.780,9
Lt 6	19,00	6.433,4	122.235	0,055	297,97	297,97	12.804,1
Lt 5	16,00	6.526,0	104.416	0,047	254,54	254,54	13.698,0
Lt 4	13,00	6.526,0	84.838	0,038	206,81	206,81	14.461,6
Lt 3	10,00	6.788,3	67.883	0,031	165,48	165,48	15.082,1
Lt 2	7,00	7.088,2	49.617	0,022	120,95	120,95	15.578,5
Lt 1	4,00	7.848,4	31.393	0,014	76,53	76,53	15.941,4
Base	0,00	1.366,90	0	0	0	0	16.247,5
		95.099,14	2.211.224,9	1,00	5.390,32		16.247,5

4.5.7 Stabilitas Guling

Sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2012 Pasal 7.8.5 dan 8.8.4, setiap bangunan harus direncanakan agar memiliki kapasitas yang memadai dalam menahan momen guling yang diakibatkan oleh beban gempa. Persyaratan tersebut dimaksudkan untuk memastikan bahwa struktur memiliki kestabilan lateral yang cukup sehingga risiko terguling maupun mengalami kegagalan struktur akibat pengaruh gempa dapat dihindari. Evaluasi terhadap kondisi ini dilakukan melalui analisis distribusi gaya gempa horizontal yang bekerja pada elemen struktur, disertai perhitungan reaksi vertikal pada pondasi sebagai akibat dari eksentrisitas pembebanan. Dengan mempertimbangkan aspek-aspek tersebut, struktur diharapkan mampu mempertahankan kestabilannya selama peristiwa gempa berlangsung serta memenuhi seluruh ketentuan yang telah ditetapkan dalam standar nasional mengenai perencanaan bangunan tahan gempa.

- Arah X

$$M_{OT_X} = 203.536,43 \text{ kN/m}$$

$$X = 40 \text{ m}$$

$$M_{ST_X} = 2.316.812,59 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} 0,75 M_{ST} &= 0,75 \times 2.316.812,59 \\ &= 1.737.609 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$M_{ST} > M_{ot} \quad 1.737.609 \text{ kN/m} > 203.536,43 \text{ kN/m (Ok)}$$

- Arah Y

$$M_{OT_y} = 871.849,99 \text{ kN/m}$$

$$Y = 18 \text{ m}$$

$$M_{ST_Y} = 1.042.565,67 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} 0,75 M_{ST} &= 0,75 \times 994.666,84 \\ &= 781.924 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$M_{ST} > M_{ot} \quad 781.924 \text{ kN/m} < 871.850 \text{ kN/m (Ok)}$$

Tabel 4. 14 Story Drift Arah Sumbu Y

Tingkat X	Story	Tinggi Tingka t h_x (m)	Story Drift Hasil Analisis		Drift izin Maks.	$\Sigma\delta x$ (mm)	Drift izin Maks $\Sigma\Delta$ (mm)	Kont rol
			$\delta x_e/h_x$ (mm)	δx (mm)	Δx (mm)			
Lt 15	15	3,00	0,00089200	14,72	60,00	524,95	920,00	Ok
Lt 14	14	3,00	0,00123533	20,38	60,00	510,23	860,00	Ok
Lt 13	13	3,00	0,00160567	26,49	60,00	489,85	800,00	Ok
Lt 12	12	3,00	0,00190300	31,40	60,00	463,35	740,00	Ok
Lt 11	11	3,00	0,00218967	36,13	60,00	431,95	680,00	Ok
Lt 10	10	3,00	0,00244500	40,34	60,00	395,82	620,00	Ok
Lt 9	9	3,00	0,00257567	42,50	60,00	355,48	560,00	Ok
Lt 8	8	3,00	0,00265133	43,75	60,00	312,98	500,00	Ok
Lt 7	7	3,00	0,00270433	44,62	60,00	269,24	440,00	Ok
Lt 6	6	3,00	0,00271667	44,83	60,00	224,61	380,00	Ok
Lt 5	5	3,00	0,00274333	45,27	60,00	179,79	320,00	Ok
Lt 4	4	3,00	0,00264800	43,69	60,00	134,52	260,00	Ok
Lt 3	3	3,00	0,00230633	38,05	60,00	90,83	200,00	Ok
Lt 2	2	3,00	0,00192067	31,69	60,00	52,78	140,00	Ok
Lt 1	1	4,00	0,00095850	21,09	80,00	21,09	80,00	Ok
Base	0	0	0	0	0	0	0	

4.5.8 Pengaruh P- Δ

- Pemeriksaan P – Delta Arah Sumbu x

Tabel 4. 15 Pemeriksaan P – Delta Arah Sumbu x

Lantai	Tinggi Tingkat h_i (m)	Beban DL+LL (kN)	Beban Tingkat P_i (kN)	Story Drift $\delta x/Cd$ (m)	Shear story V_i (kN)	θ	Kontrol $\theta \leq \theta_{min}$	Kontrol $\theta \leq \theta_{max}$
Lt 15	3,00	4.851,13	4.851,1	0,0010	429,24	0,004	Ok.	ok
Lt 14	3,00	6.594,18	11.445,3	0,0018	615,21	0,011	Ok.	ok
Lt 13	3,00	6.658,93	18.104,2	0,0027	578,60	0,028	Ok.	ok
Lt 12	3,00	6.728,65	24.832,9	0,0032	541,50	0,049	Ok.	ok
Lt 11	3,00	6.816,13	31.649,0	0,0039	504,84	0,081	Ok.	ok
Lt 10	3,00	6.816,13	38.465,2	0,0045	460,30	0,126	Ok.	ok
Lt 9	3,00	6.866,63	45.331,8	0,0050	419,20	0,179	Ok.	ok
Lt 8	3,00	6.929,02	52.260,8	0,0054	378,09	0,247	Ok.	ok
Lt 7	3,00	7.084,60	59.345,4	0,0057	341,06	0,333	Ok.	ok
Lt 6	3,00	7.158,46	66.503,9	0,0059	297,97	0,437	Ok.	ok
Lt 5	3,00	7.251,07	73.754,9	0,0062	254,54	0,595	Ok.	ok
Lt 4	3,00	7.251,07	81.006,0	0,0063	206,81	0,823	Ok.	ok
Lt 3	3,00	7.513,39	88.519,4	0,0058	165,48	1,041	Ok.	ok
Lt 2	3,00	7.813,25	96.332,6	0,0053	120,95	1,402	Ok.	ok
Lt 1	4,00	8.632,68	104.965,3	0,0040	76,53	1,374	Ok.	ok
Base	0	1.366,90	106.332,22	0	0	0	0	

Tabel 4. 16 Pemeriksaan P – Delta Arah Sumbu y

Lantai	Tinggi Tingkat hi (m)	Beban DL+LL (kN)	Beban Tingkat Pi (kN)	Story Drift $\delta x/Cd$ (m)	Shear story Vi (kN)	θ	Kontrol $\theta \leq \theta_{min}$	Kontrol $\theta \leq \theta_{max}$
Lt 15	3,00	4.851,1	4.851,1	0,0027	429,24	0,002	Ok.	ok
Lt 14	3,00	6.594,2	11.445,3	0,0037	615,21	0,004	Ok.	ok
Lt 13	3,00	6.658,9	18.104,2	0,0048	578,60	0,009	Ok.	ok
Lt 12	3,00	6.728,7	24.832,9	0,0057	541,50	0,016	Ok.	ok
Lt 11	3,00	6.816,1	31.649,0	0,0066	504,84	0,025	Ok.	ok
Lt 10	3,00	6.816,1	38.465,2	0,0073	460,30	0,037	Ok.	ok
Lt 9	3,00	6.866,6	45.331,8	0,0077	419,20	0,051	Ok.	ok
Lt 8	3,00	6.929,0	52.260,8	0,0080	378,09	0,067	Ok.	ok
Lt 7	3,00	7.084,6	59.345,4	0,0081	341,06	0,086	Ok.	ok
Lt 6	3,00	7.158,5	66.503,9	0,0082	297,97	0,110	Ok.	ok
Lt 5	3,00	7.251,1	73.754,9	0,0082	254,54	0,145	Ok.	ok
Lt 4	3,00	7.251,1	81.006,0	0,0079	206,81	0,189	Ok.	ok
Lt 3	3,00	7.513,4	88.519,4	0,0069	165,48	0,224	Ok.	ok
Lt 2	3,00	7.813,3	96.332,6	0,0058	120,95	0,278	Ok.	ok
Lt 1	4,00	8.632,7	104.965,3	0,0038	76,53	0,239	Ok.	ok
Base	0	1.366,9	106.332,2	0	0	0	0	

Berdasarkan hasil pemeriksaan, pengaruh efek P-Delta menunjukkan bahwa nilai rasio perpindahan lateral masih berada dalam batas yang dipersyaratkan oleh SNI 1726:2019. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa efek P-Delta tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perilaku struktur, sehingga struktur dapat dinyatakan telah memenuhi persyaratan stabilitas serta aman terhadap potensi ketidakstabilan yang dapat ditimbulkan oleh efek tersebut.

Berdasarkan SNI 1726-2019 Pasal. 7.8.7, Jika, $\theta \frac{P_i \delta x}{V_i h_i C_d} \leq \theta_{\min}$ pengaruh P –

Delta di abaikan jika di hitung $\theta \frac{0,50}{\beta C_d} \leq 0,25$ dimana :

$$\beta = 0,80$$

$$\theta_{\min} = 0,10$$

$$\theta_{\max} = 0,114$$

4.5.9 Ketidak Beraturan Struktur Vertikal (Iregularitas Vertikal)

1. Iregularitas Vertikal Tipe 1a Berdasarkan SNI 1726:2019, Tabel 11

- Lateral story stiffness < 70% dari tingkat diatasnya, yaitu jika :

$$70\% (\delta_{1e}/h_1) > (\delta_{2e} - \delta_{1e})/h_2$$

- Lateral story stiffness < 80% dari kekakuan rata – rata tiga tingkat diatasnya yaitu jika :

$$80\% (\delta_{1e}/h_1) > \frac{1}{3} \left(\frac{\delta_{2e} - \delta_{1e}}{h_2} + \frac{\delta_{3e} - \delta_{2e}}{h_3} + \frac{\delta_{4e} - \delta_{3e}}{h_4} \right)$$

- Pemeriksaan ketidak beraturan vertikal tipe 1a arah x 70%

Tabel 4. 17 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal tipe 1a ratio 70% tipe arah X

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δ_{xe} (m)	Story drift ratio δ_{xe}/h_i	70% story drift ratio	Ratio
Lantai 15	15	46,00	0,001043	0,00035	0,70	0,00
Lantai 14	14	43,00	0,001824	0,00061	0,70	0,00
Lantai 13	13	40,00	0,002670	0,00089	0,70	0,00
Lantai 12	12	37,00	0,003216	0,00107	0,70	0,83
Lantai 11	11	34,00	0,003895	0,00130	0,70	0,83
Lantai 10	10	31,00	0,004533	0,00151	0,70	0,86
Lantai 9	9	28,00	0,004963	0,00165	0,70	0,91
Lantai 8	8	25,00	0,005362	0,00179	0,70	0,93
Lantai 7	7	22,00	0,005735	0,00191	0,70	0,93
Lantai 6	6	19,00	0,005877	0,00196	0,70	0,98
Lantai 5	5	16,00	0,006160	0,00205	0,70	0,95
Lantai 4	4	13,00	0,006304	0,00210	0,70	0,98
Lantai 3	3	10,00	0,005836	0,00195	0,70	1,08
Lantai 2	2	7,00	0,005282	0,00176	0,70	1,10
Lantai 1	1	4,00	0,004008	0,00100	0,70	1,76
Base	0	0	0	0	0,70	0

- Pemeriksaan ketidak beraturan vertikal tipe 1a arah x 80%

Tabel 4. 18 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal tipe 1a ratio 80% tipe arah X

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δ_{xe} (m)	Story drift ratio rata – rata 3lantai keatas	80% story drift ratio	Ratio
Lantai 15	15	46,00	0,00104	0,0003	0,80	0,00
Lantai 14	14	43,00	0,00182	0,0003	0,80	0,00
Lantai 13	13	40,00	0,00267	0,0006	0,80	0,00
Lantai 12	12	37,00	0,00322	0,0009	0,80	0,80
Lantai 11	11	34,00	0,00390	0,0011	0,80	0,84
Lantai 10	10	31,00	0,00453	0,0013	0,80	0,86
Lantai 9	9	28,00	0,00496	0,0015	0,80	0,90
Lantai 8	8	25,00	0,00536	0,0017	0,80	0,92
Lantai 7	7	22,00	0,00574	0,0018	0,80	0,93
Lantai 6	6	19,00	0,00588	0,0019	0,80	0,96
Lantai 5	5	16,00	0,00616	0,0020	0,80	0,96
Lantai 4	4	13,00	0,00630	0,0020	0,80	0,97
Lantai 3	3	10,00	0,00584	0,0020	0,80	1,05
Lantai 2	2	7,00	0,00528	0,0019	0,80	1,10
Lantai 1	1	4,00	0,00401	0,0016	0,80	1,57
Base	0	0	0	0	0,80	0

- Pemeriksaan ketidak beraturan vertikal tipe 1a arah y 70%

Tabel 4. 19 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal tipe 1a ratio 70% tipe arah Y

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δ_{xe} (m)	Story drift ratio δ_{xe}/h_i	70% story drift ratio	Ratio
Lantai 15	15	46,00	0,00268	0,00089	0,70	0,00
Lantai 14	14	43,00	0,00371	0,00124	0,70	0,00
Lantai 13	13	40,00	0,00482	0,00161	0,70	0,00
Lantai 12	12	37,00	0,00571	0,00190	0,70	0,84
Lantai 11	11	34,00	0,00657	0,00219	0,70	0,87
Lantai 10	10	31,00	0,00734	0,00245	0,70	0,90
Lantai 9	9	28,00	0,00773	0,00258	0,70	0,95
Lantai 8	8	25,00	0,00795	0,00265	0,70	0,97
Lantai 7	7	22,00	0,00811	0,00270	0,70	0,98
Lantai 6	6	19,00	0,00815	0,00272	0,70	1,00
Lantai 5	5	16,00	0,00823	0,00274	0,70	0,99
Lantai 4	4	13,00	0,00794	0,00265	0,70	1,04
Lantai 3	3	10,00	0,00692	0,00231	0,70	1,15
Lantai 2	2	7,00	0,00576	0,00192	0,70	1,20
Lantai 1	1	4,00	0,00383	0,00096	0,70	2,00
Base	0	0	0	0	0,70	0

- Pemeriksaan ketidak beraturan vertikal tipe 1a arah y 80%

Tabel 4. 20 Pemeriksaan ketidak beraturan vertikal tipe 1a arah y 80%

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δ_{xe} (m)	Story drift ratio rata – rata 3 lantai keatas	80% story drift ratio	Ratio
Lantai 15	15	46,00	0,00268	0,0000	0,80	0,00
Lantai 14	14	43,00	0,00371	0,0000	0,80	0,00
Lantai 13	13	40,00	0,00482	0,0000	0,80	0,00
Lantai 12	12	37,00	0,00571	0,0012	0,80	0,81
Lantai 11	11	34,00	0,00657	0,0016	0,80	0,82
Lantai 10	10	31,00	0,00734	0,0019	0,80	0,83
Lantai 9	9	28,00	0,00773	0,0022	0,80	0,85
Lantai 8	8	25,00	0,00795	0,0024	0,80	0,91
Lantai 7	7	22,00	0,00811	0,0026	0,80	0,95
Lantai 6	6	19,00	0,00815	0,0026	0,80	0,97
Lantai 5	5	16,00	0,00823	0,0027	0,80	0,98
Lantai 4	4	13,00	0,00794	0,0027	0,80	1,03
Lantai 3	3	10,00	0,00692	0,0027	0,80	1,17
Lantai 2	2	7,00	0,00576	0,0026	0,80	1,34
Lantai 1	1	4,00	0,00383	0,0023	0,80	2,39
Base	0	0	0	0	0,80	0

Berdasarkan hasil evaluasi terhadap ketidakteraturan vertikal tipe 1a, diketahui bahwa rasio kekakuan antar tingkat pada arah Y untuk lantai 1 hingga lantai 15 seluruhnya telah memenuhi persyaratan minimum sebesar 80% sebagaimana ditetapkan dalam SNI 1726:2019. Hasil tersebut menunjukkan bahwa setiap tingkat memiliki kekakuan yang memadai sehingga tidak terdapat ketidakteraturan vertikal tipe 1a pada struktur bangunan yang direncanakan.

Terpenuhinya rasio kekakuan antar tingkat sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019 mengindikasikan bahwa distribusi kekakuan struktur berlangsung secara relatif merata pada setiap lantai. Kondisi ini mendukung perilaku struktur yang lebih baik dalam menahan beban gempa, terutama dalam mengendalikan deformasi antar tingkat serta mendistribusikan gaya lateral secara efektif ke seluruh elemen struktur.

Dengan demikian, struktur dapat dinyatakan telah memenuhi persyaratan ketidakteraturan vertikal tipe 1a sesuai SNI 1726:2019. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem struktur yang direncanakan memiliki tingkat kekakuan yang memadai untuk mendukung stabilitas bangunan terhadap pengaruh beban gempa. Oleh karena itu, struktur diharapkan mampu memberikan kinerja seismik yang baik serta menjamin keamanan, kenyamanan, dan keselamatan penghuni selama masa layan, terutama ketika mengalami gempa dengan intensitas yang besar.

2. Irregularitas Vertikal Tipe 1b *extreme soft story*

- Lateral story stiffness < 60% dari tingkat di atasnya, yaitu jika $60\% (\delta_{1e}/h_1) > (\delta_{2e} - h_{1e})/h_2$
- Lateral story stiffness < 70% dari kekakuan rata – rata tiga tingkat di atasnya yaitu jika $70\% (\delta_{1e}/h_1) > \frac{1}{3} \left(\frac{\delta_{2e} - \delta_{1e}}{h_2} + \frac{\delta_{3e} - \delta_{2e}}{h_3} + \frac{\delta_{4e} - \delta_{3e}}{h_4} \right)$

Pemeriksaan ketidak beraturan vertikal tipe 1b arah x 60%

Tabel 4. 21 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 60% tipe arah

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δ_{xe} (m)	Story drift ratio δ_{xe}/h_i	60% story drift ratio	Ratio
Lantai 15	15	46,00	0,00104	0,00035	0,60	0,00
Lantai 14	14	43,00	0,00182	0,00061	0,60	0,00
Lantai 13	13	40,00	0,00267	0,00089	0,60	0,00
Lantai 12	12	37,00	0,00322	0,00107	0,60	0,83
Lantai 11	11	34,00	0,00390	0,00130	0,60	0,83
Lantai 10	10	31,00	0,00453	0,00151	0,60	0,86
Lantai 9	9	28,00	0,00496	0,00165	0,60	0,91
Lantai 8	8	25,00	0,00536	0,00179	0,60	0,93
Lantai 7	7	22,00	0,00574	0,00191	0,60	0,93
Lantai 6	6	19,00	0,00588	0,00196	0,60	0,98
Lantai 5	5	16,00	0,00616	0,00205	0,60	0,95
Lantai 4	4	13,00	0,00630	0,00210	0,60	0,98
Lantai 3	3	10,00	0,00584	0,00195	0,60	1,08
Lantai 2	2	7,00	0,00528	0,00176	0,60	1,10
Lantai 1	1	4,00	0,00401	0,00100	0,60	1,76
Base	0	0	0	0	0,60	0

Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 60% tipe arah X telah melebihi batas ambang 60% sehingga tidak tergolong ketidakteraturan vertikal tipe 1b dan dinyatakan memenuhi syarat.

- Pemeriksaan ketidak beraturan vertikal tipe 1b arah x 70%

Tabel 4. 22 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 70% tipe arah X

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δx_e (m)	Story drift ratio $\delta x_e/h_i$	70% story drift ratio	Ratio
Lantai 15	15	46,00	0,00104	0,0000	0,70	0,00
Lantai 14	14	43,00	0,00182	0,0000	0,70	0,00
Lantai 13	13	40,00	0,00267	0,0000	0,70	0,00
Lantai 12	12	37,00	0,00322	0,0006	0,70	0,70
Lantai 11	11	34,00	0,00390	0,0009	0,70	0,71
Lantai 10	10	31,00	0,00453	0,0011	0,70	0,72
Lantai 9	9	28,00	0,00496	0,0013	0,70	0,78
Lantai 8	8	25,00	0,00536	0,0015	0,70	0,83
Lantai 7	7	22,00	0,00574	0,0017	0,70	0,86
Lantai 6	6	19,00	0,00588	0,0018	0,70	0,91
Lantai 5	5	16,00	0,00616	0,0019	0,70	0,92
Lantai 4	4	13,00	0,00630	0,0020	0,70	0,94
Lantai 3	3	10,00	0,00584	0,0020	0,70	1,05
Lantai 2	2	7,00	0,00528	0,0020	0,70	1,15
Lantai 1	1	4,00	0,00401	0,0019	0,70	1,93
Base	0	0	0	0	0,70	0

Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 70% tipe arah X telah melebihi batas ambang 70% sehingga tidak tergolong ketidakteraturan vertikal tipe 1b dan dinyatakan memenuhi syarat.

- Pemeriksaan ketidak beraturan vertikal tipe 1b arah y 60%

Tabel 4. 23 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 60% tipe arah Y

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δx_e (m)	Story drift ratio $\delta x_e/h_i$	60% story drift ratio	Ratio
Lantai 15	15	46,00	0,00268	0,00089	0,60	0,00
Lantai 14	14	43,00	0,00371	0,00124	0,60	0,00
Lantai 13	13	40,00	0,00482	0,00161	0,60	0,00
Lantai 12	12	37,00	0,00571	0,00190	0,60	0,84
Lantai 11	11	34,00	0,00657	0,00219	0,60	0,87
Lantai 10	10	31,00	0,00734	0,00245	0,60	0,90
Lantai 9	9	28,00	0,00773	0,00258	0,60	0,95
Lantai 8	8	25,00	0,00795	0,00265	0,60	0,97
Lantai 7	7	22,00	0,00811	0,00270	0,60	0,98
Lantai 6	6	19,00	0,00815	0,00272	0,60	1,00
Lantai 5	5	16,00	0,00823	0,00274	0,60	0,99
Lantai 4	4	13,00	0,00794	0,00265	0,60	1,04

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δ_{xe} (m)	Story drift ratio δ_{xe}/h_i	60% story drift ratio	Ratio
Lantai 3	3	10,00	0,00692	0,00231	0,60	1,15
Lantai 2	2	7,00	0,00576	0,00192	0,60	1,20
Lantai 1	1	4,00	0,00383	0,00096	0,60	2,00
Base	0	0	0	0	0,60	0

Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 60% tipe arah y telah melebihi batas ambang 60% sehingga tidak tergolong ketidakteraturan vertikal tipe 1b dan dinyatakan memenuhi syarat.

- Pemeriksaan ketidak beraturan vertikal tipe 1b arah y 70% story drift ratio

Tabel 4. 24 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 70% tipe arah Y

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δ_{xe} (m)	Story drift ratio δ_{xe}/h_i	70% story drift ratio	Ratio
Lantai 15	15	46,00	0,00268	0,0000	0,70	0,00
Lantai 14	14	43,00	0,00371	0,0000	0,70	0,00
Lantai 13	13	40,00	0,00482	0,0000	0,70	0,00
Lantai 12	12	37,00	0,00571	0,0012	0,70	0,72
Lantai 11	11	34,00	0,00657	0,0016	0,70	0,72
Lantai 10	10	31,00	0,00734	0,0019	0,70	0,78
Lantai 9	9	28,00	0,00773	0,0022	0,70	0,85
Lantai 8	8	25,00	0,00795	0,0024	0,70	0,91
Lantai 7	7	22,00	0,00811	0,0026	0,70	0,95
Lantai 6	6	19,00	0,00815	0,0026	0,70	0,97
Lantai 5	5	16,00	0,00823	0,0027	0,70	0,98
Lantai 4	4	13,00	0,00794	0,0027	0,70	1,03
Lantai 3	3	10,00	0,00692	0,0027	0,70	1,17
Lantai 2	2	7,00	0,00576	0,0026	0,70	1,34
Lantai 1	1	4,00	0,00383	0,0023	0,70	2,39
Base	0	0	0	0	0,70	0

Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 70% tipe arah X telah melebihi batas ambang 70% sehingga tidak tergolong ketidakteraturan vertikal tipe 1b dan dinyatakan memenuhi syarat.

Berdasarkan hasil evaluasi, struktur pada lantai 1 hingga lantai 5 telah memenuhi persyaratan ketidakberaturan vertikal tipe 1b sesuai SNI 1726:2019. Hal ini menunjukkan bahwa distribusi kekakuan antar tingkat berada dalam batas yang

dipersyaratkan sehingga struktur memiliki stabilitas yang baik dan mampu memberikan kinerja seismik yang memadai dalam menahan beban gempa.

4.5.10 Iregularitas Vertikal Tipe 2

- Pemeriksaan iregularitas Tipe 2

Tabel 4. 25 Pemeriksaan iregularitas Tipe 2

Tingkat i	Story	Tinggi lantai (m)	Berat (massa)Wi (kN)	Rasio berat (massa)	Rasio terhadap lantai di bawahnya	Rasio terhadap lantai di atasnya
Lantai 15	15	46,00	4.851,1	1,50	0,74	0
Lantai 14	14	43,00	6.594,2	1,50	0,99	0,00
Lantai 13	13	40,00	6.658,9	1,50	0,99	0,00
Lantai 12	12	37,00	6.728,7	1,50	0,99	0,99
Lantai 11	11	34,00	6.816,1	1,50	1,00	0,99
Lantai 10	10	31,00	6.816,1	1,50	0,99	1,00
Lantai 9	9	28,00	6.866,6	1,50	0,99	0,99
Lantai 8	8	25,00	6.929,0	1,50	0,98	0,99
Lantai 7	7	22,00	7.084,6	1,50	0,99	0,98
Lantai 6	6	19,00	7.158,5	1,50	0,99	0,99
Lantai 5	5	16,00	7.251,1	1,50	1,00	0,99
Lantai 4	4	13,00	7.251,1	1,50	0,97	1,00
Lantai 3	3	10,00	7.513,4	1,50	0,96	0,97
Lantai 2	2	7,00	7.813,3	1,50	0,91	0,96
Lantai 1	1	4,00	8.632,7	1,50	0	0,91
Base	0	0	1.366,9	1,50	0	0

Berdasarkan hasil pemeriksaan yang telah dilakukan, struktur menunjukkan adanya ketidakberaturan vertikal tipe 1a dan tipe 1b sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam SNI 1726:2012 Pasal 7.3.2.2. Ketidakberaturan tersebut ditentukan berdasarkan hasil evaluasi terhadap respons struktur pada setiap tingkat bangunan. Namun, ketentuan vertikal tipe 1a dan tipe 1b tidak berlaku apabila nilai drift tingkat pada lantai yang ditinjau tidak melebihi 1,3 kali rasio drift tingkat pada lantai di atasnya.

- Pemeriksaan story drift ratio (*exception 1*) arah X

Tabel 4. 26 Pemeriksaan story drift ratio (*exception*) arah X

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δx_e (m)	Story drift ratio $\delta x_e/h_i$	Ratio 130%	Ratio
Lantai 15	15	46,00	0,00104	0,000348	1,30	1,20
Lantai 14	14	43,00	0,00182	0,000608	1,30	1,21
Lantai 13	13	40,00	0,00267	0,000890	1,30	1,16
Lantai 12	12	37,00	0,003216	0,001072	1,30	1,20
Lantai 11	11	34,00	0,003895	0,001298	1,30	1,21
Lantai 10	10	31,00	0,004533	0,001511	1,30	1,16
Lantai 9	9	28,00	0,004963	0,001654	1,30	1,09
Lantai 8	8	25,00	0,005362	0,001787	1,30	1,08
Lantai 7	7	22,00	0,005735	0,001912	1,30	1,07
Lantai 6	6	19,00	0,005877	0,001959	1,30	1,02
Lantai 5	5	16,00	0,006160	0,002053	1,30	1,05
Lantai 4	4	13,00	0,006304	0,002101	1,30	1,02
Lantai 3	3	10,00	0,005836	0,001945	1,30	0,93
Lantai 2	2	7,00	0,005282	0,001761	1,30	0,91
Lantai 1	1	4,00	0,004008	0,001002	1,30	0,57
Base	0	0	0	0	1,30	0

- Pemeriksaan story drift ratio (*exception 1*) arah Y

Tabel 4. 27 Pemeriksaan story drift ratio (*exception*) arah Y

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δx_e (m)	Story drift ratio $\delta x_e/h_i$	Ratio 130%	Ratio
Lantai 15	15	46,00	0,00268	0,000892	1,30	1,19
Lantai 14	14	43,00	0,00371	0,001235	1,30	1,19
Lantai 13	13	40,00	0,00482	0,001606	1,30	1,19
Lantai 12	12	37,00	0,00571	0,001903	1,30	1,19
Lantai 12	12	34,00	0,00657	0,002190	1,30	1,15
Lantai 11	11	31,00	0,00734	0,002445	1,30	1,12
Lantai 10	10	28,00	0,00773	0,002576	1,30	1,05
Lantai 9	9	25,00	0,00795	0,002651	1,30	1,03
Lantai 8	8	22,00	0,00811	0,002704	1,30	1,02
Lantai 7	7	19,00	0,00815	0,002717	1,30	1,00
Lantai 6	6	16,00	0,00823	0,002743	1,30	1,01
Lantai 5	5	13,00	0,00794	0,002648	1,30	0,97
Lantai 4	4	10,00	0,00692	0,002306	1,30	0,87
Lantai 3	3	7,00	0,00576	0,001921	1,30	0,83
Lantai 2	2	4,00	0,00383	0,000959	1,30	0,50
Lantai 1	1	4,00	0,00383	0,000959	1,30	0,50
Base	0	46,00	0,00268	0,000892	1,30	1,19

Pemeriksaan story drift ratio (*exception*) arah X dan Y tidak melebihi batas ratio maximum 1,3 kali ratio drift tingkat diatas

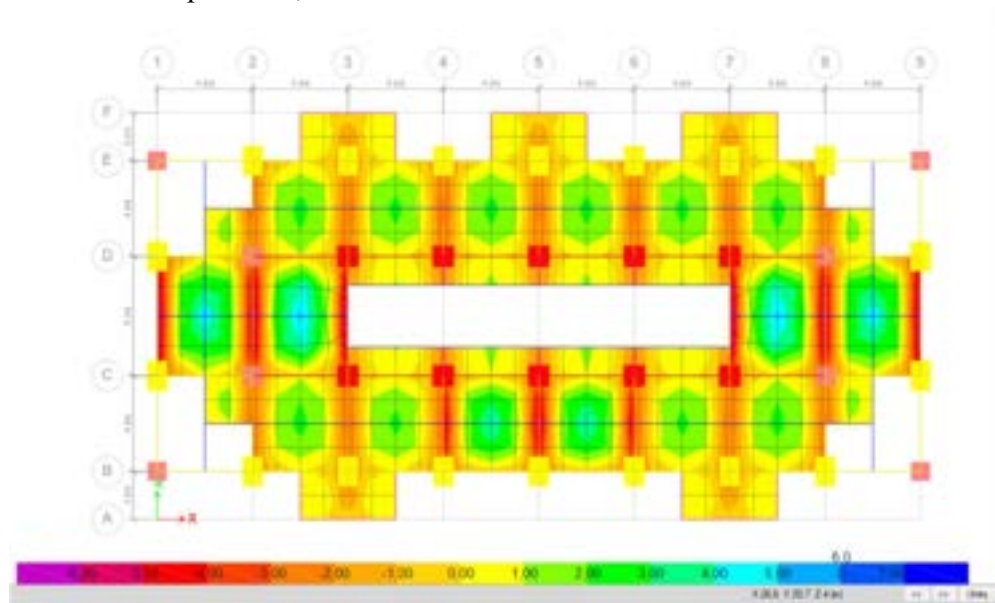
4.5.11 Iregularitas Vertikal Tipe 3

- Arah X
Lebar lantai 1 = 40 m
Lebar lantai atap = 40 m
1 Ok
- Arah Y
Lebar lantai 1 = 18 m
Lebar lantai atap = 18 m
1 Ok

4.6 Analisa struktur atas

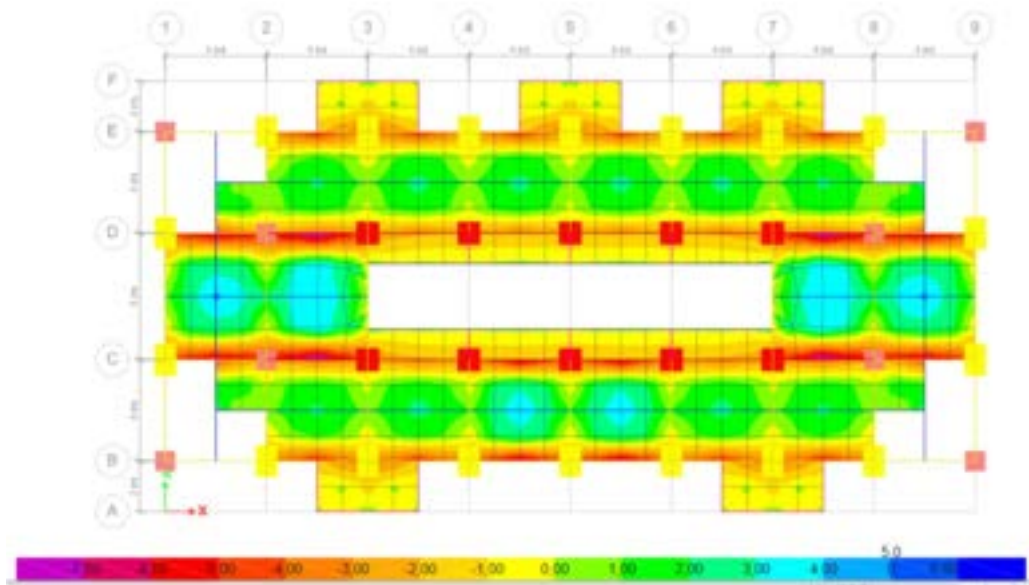
4.6.1 Respon Struktur

- Diagram Momen Pelat Lantai arah Y
Mtp = 3,001 kN/m
Mlp = 4,247 kN/m



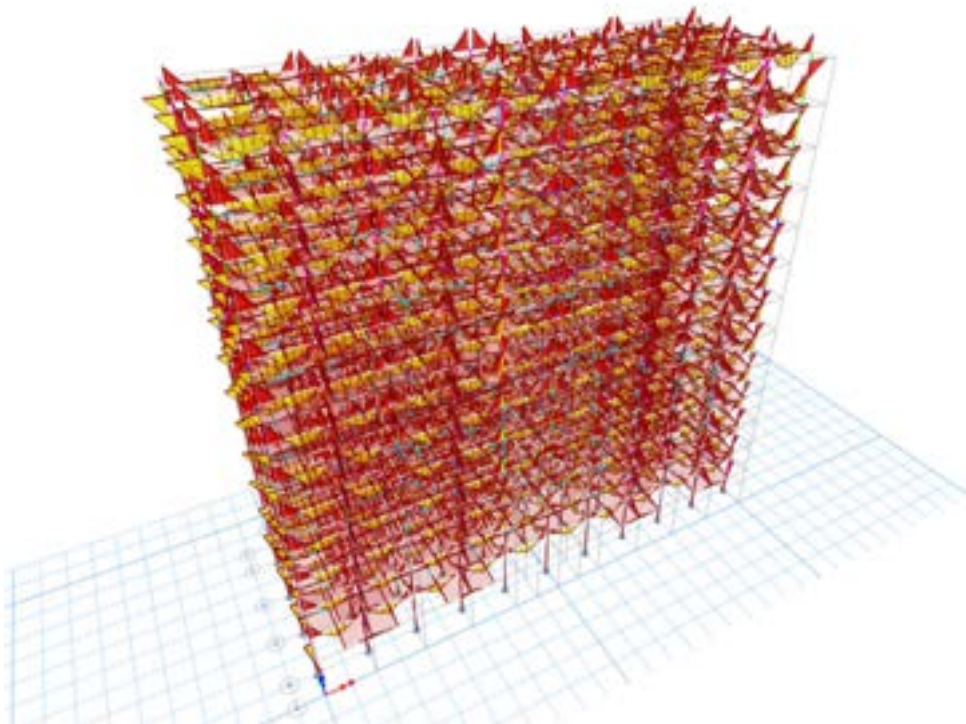
Gambar 4. 20 Diagram momen pelat lantai arah y

- Diagram Momen Pelat Lantai arah X
Mtp = 3,966 kN/m
Mlp = 3,651 kN/m



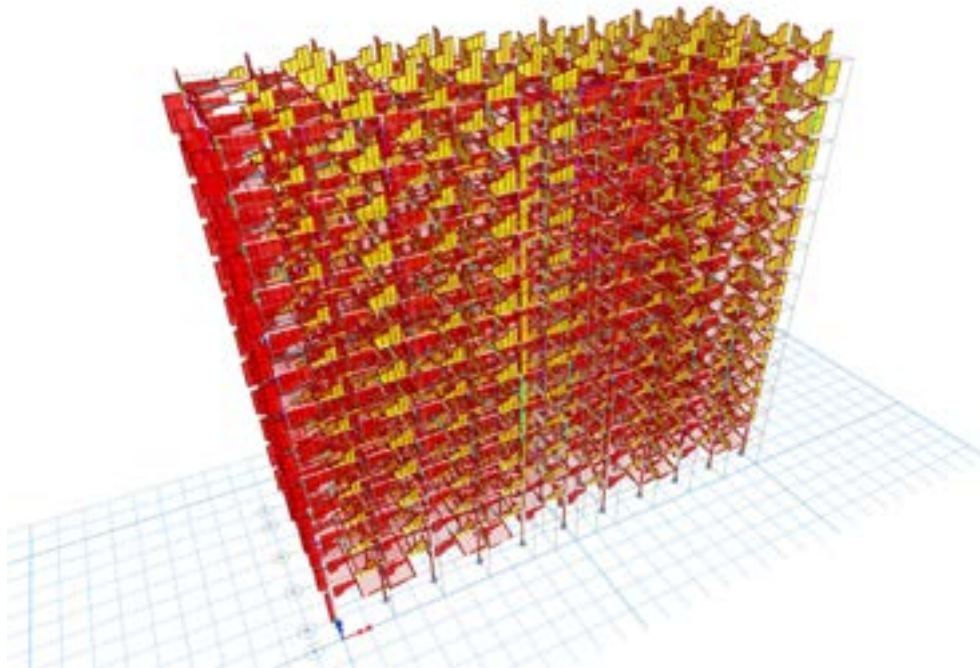
Gambar 4. 21 Diagram momen pelat lantai arah x

- Diagram Momen balok dan kolom



Gambar 4. 22 Diagram momen balok dan kolom

- Diagram Geser Balok dan Kolom



Gambar 4. 23 Diagram Geser Balok dan Kolom

4.6.2 Desain Pelat Lantai

a. Syarat geometri

$$L_n = 5.000 \text{ mm}$$

Dengan balok anak = 2.500 mm

$$t \geq \frac{L_n}{33} = t \geq \frac{2.500}{33} = 75,8$$

125mm > 75,8 mm memenuhi

b. Penulangan Pelat

- **Data material**

Beton

$$F_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 25743 \text{ Mpa}$$

Baja tulangan

$$F_y = 420 \text{ Mpa diameter } 12 \text{ mm}$$

$$F_y = 420 \text{ Mpa Wire Mesh (Grade U - 50)}$$

- **Data perencanaan**

$$\begin{aligned}
 b &= 1000 \text{ mm} & \beta_1 &= 0,84 \\
 h &= 125 \text{ mm} & \phi &= 0,9 \\
 d' &= 25 \text{ mm} & \rho_b &= 0,02985 \\
 s &= 20 \text{ mm} & A_{smin} &= 180,00 \text{ mm}^2 \\
 d_s &= 10 \text{ mm} & A_{smaks} &= 2238,52 \text{ mm}^2 \\
 d &= 100,0 \text{ mm} \\
 f_c' &= 30 \text{ Mpa} \\
 f_y &= 420 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

- **Penulangan Tumpuan Arah x M11 Mtp**

$$\begin{aligned}
 M_{11} &= 3,001 \text{ kN/m} \\
 M_n &= 3.334.444,4 \text{ N/mm} \\
 a \text{ perlu} &= d - \sqrt{d^2 - \frac{2.M_n}{0,85.f_c'.b}} \\
 a \text{ perlu} &= 100 - \sqrt{100^2 - \frac{2.3.334.444,4}{0,85.30.1000}} = 1,3163 \text{ mm} \\
 A_s \text{ perlu} &= \frac{M_n}{f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)} \\
 A_s \text{ perlu} &= \frac{3.334.444,4}{420 \cdot \left(100 - \frac{1,3163}{2}\right)} = 79,92 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Kontrol

$$180,00 > 79,92 \quad \text{MEMENUHI}$$

Diameter tulangan yang di pakai

$$A_{s1} = 3,14 \times (10^2)/4 = 78,50 \text{ mm}^2$$

Di pakai tulangan = D10 – 200

$$A_s = \frac{78,50}{200} \times 1000 = 392,50 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 392,50 \times 420 \left(\frac{100 - 1,3163}{2} \right) \times 1.000.000 \\
 &= 16,377 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 16,377 \text{ kN/m} > M_u = 3,001 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

- **Penulangan Lapangan Arah y M11 Mlp**

$$\begin{aligned}
 M_{11} &= 4,247 \text{ kN/m} \\
 M_n &= 4.718.889 \text{ N/mm}
 \end{aligned}$$

$$a \text{ perlu} = d - \sqrt{d^2 - \frac{2.M_n}{0,85.f_c'.b}}$$

$$a \text{ perlu} = 100 - \sqrt{100^2 - \frac{2.4.718.889}{0,85.30.1000}} = 1,8680 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_n}{f_y.(d - \frac{a}{2})}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{4.718.889}{420.(100 - \frac{1,8680}{2})} = 113,41 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$180,00 > 113,41 \quad \text{MEMENUHI}$$

Diameter tulangan yang di pakai

$$A_{s1} = 3,14 \times (10^2)/4 = 78,50 \text{ mm}^2$$

Di pakai tulangan = D12 – 200

$$A_s = \frac{78.50}{200} \times 1000 = 392,50 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 392,50 \times 420 \left(\frac{100 - 1,8680}{2} \right) \times 1.000.000 \\ &= 16,331 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 16,331 \text{ kN/m} > M_u = 4,247 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

4.6.3 Desain Balok

a. Data material

- **Beton :**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 25743 \text{ Mpa}$$

- **Baja tulangan :**

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

- **Properties penampang :**

$$\text{Selimut beton (s)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang (d}_{sk}) = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan Panjang} = 19 \text{ mm}$$

b. Penulangan Balok

- **Balok B1 dimensi 45 cm x 60 cm**

– **Perencanaan Tulangan Tumpuan Kiri Atas :**

$$b = 450 \text{ mm} \quad f_c = 30 \text{ Mpa}$$

h	$= 600 \text{ mm}$	f_y	$= 420 \text{ Mpa}$
d'	$= 61,5 \text{ mm}$	M_u	$= 160,4928 \text{ kN/m}$
s	$= 40 \text{ mm}$	ϕ	$= 0,9$
d_{sk}	$= 12 \text{ mm}$	M_n	$= 178,325,33 \text{ N/m}$
dt	$= 19 \text{ mm}$	β_1	$= 0,8$
d	$= 539 \text{ mm}$	ρ_{bal}	$= 0,02985$

$$a_{\text{perlu}} = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_n}{0,85 \cdot c' \cdot b}}$$

$$a_{\text{perlu}} = 539 - \sqrt{539^2 - \frac{2 \cdot 178,325,33}{0,85 \cdot 30 \cdot 450}} = 27,598 \text{ mm}$$

$$A_s_{\text{perlu}} = \frac{M_n}{f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s_{\text{perlu}} = \frac{178,325,33}{420 \cdot \left(53 - \frac{27,598}{2}\right)} = 809,193 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dan } \rho \text{ dan } \rho_{\min} \geq \frac{4}{3} \cdot \rho_{\text{perlu}}$$

$$0,0033 \text{ atau } 0,033 \text{ dan } 0,00329124 = 0,00445238$$

$$A_{s\min} = 807,75 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\max} = 5424,49 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$807,75 < 809,193 < 5424,49 \quad \text{Ok}$$

Diameter tulangan di pakai = 19 mm

$$\begin{aligned} A_{s1} &= 3,14 \cdot \frac{19^2}{4} \\ &= 283,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan ada = 4 buah

$$\begin{aligned} A_s &= 283,39 \times 4 \\ &= 1133,540 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol kecukupan :

$$807,75 < 1133,540 < 5424,49 \quad \text{Ok}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 1133,540 \times 420 \times \frac{\left(539 - \left(\frac{1133,540}{0,85 \cdot 30 \cdot 450}\right)\right)}{2} : 1.000.000 \\ &= 221,8469 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 221,8469 \text{ kN/m} > M_u = 160,49280 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

– **Penulangan Geser**

$$M_u = 160,49280 \text{ kN/m}$$

$$V_u = 37,2598 \text{ kN}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,75$$

$$V_n = 37,2598 : 0,75 \times 1000 = 49,679,73 \text{ N}$$

$$\rho_w = 0,005$$

$$b = 450 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$S = 100 \text{ mm (Jarak Sengkang)}$$

$$d_{sk} = 12 \text{ mm}$$

$$d = 539 \text{ mm}$$

$$A_v = 226 \text{ mm}^2 \text{ (2 kaki)}$$

Hitung V_c :

$$\phi V_c = \phi \cdot \left[\sqrt{f'_c} + 120 \rho_w \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right] \cdot \frac{b \cdot d}{7}$$

$$\phi V_c = 0,75 \left(\sqrt{25} + 120 \cdot 0,005 \cdot \frac{37,2598 \cdot 539}{160,49280} \cdot 1000 \right) \cdot \frac{450 \cdot 539}{7}$$

$$= 144,029,37 \text{ N} < 0,3 \sqrt{f'_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,3 \sqrt{30} \cdot 450 \cdot 539$$

$$= 398,550 \text{ N}$$

$$144,029,37 \text{ N} < 398,550 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Hitung V_s :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$V_s = \frac{226 \cdot 420 \cdot 539}{100}$$

$$= 511,584 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times V_s$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 511,584$$

$$= 383,688 \text{ N}$$

Kontrol kecukupan tulangan Sengkang :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_n = 144,029,37 + 383,688 / 1000$$

$$= 527,7177 \text{ N}$$

$$= 527,7177 / 1.000 = 527,7177 \text{ kN}$$

$$V_n = 527,7177 > V_u 37,2598 \quad \text{Ok}$$

– **Perencanaan Tulangan Lapangan Bawah**

$$b = 450 \text{ mm} \quad f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$h = 600 \text{ mm} \quad f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$d' = 61,5 \text{ mm} \quad M_u = 64,6724 \text{ kN/m}$$

$$s = 40 \text{ mm} \quad \phi = 0,9$$

$$d_{sk} = 12 \text{ mm} \quad M_n = 71,858,222 \text{ N/m}$$

$$d_t = 19 \text{ mm} \quad \beta_1 = 0,85$$

$$d = 539 \text{ mm} \quad \rho_{bal} = 0,02530$$

$$a \text{ perlu} = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_n}{0,85 \cdot f_c \cdot b}}$$

$$a \text{ perlu} = 539 - \sqrt{539^2 - \frac{2 \cdot 71,858,222}{0,85 \cdot 30 \cdot 450}} = 27,598 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_n}{f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{71,858,222}{420 \cdot \left(539 - \frac{27,598}{2}\right)} = 326,073 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dan } \rho \text{ dan } \rho_{min} \geq \frac{4}{3} \cdot \rho_{perlu}$$

$$0,0033 \quad \text{atau } 0,033 \text{ dan } 0,00179415$$

$$A_{smin} = 434,76 \text{ mm}^2$$

$$A_{smaks} = 5424,49 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$434,76 > 326,073 < 5424,49 \quad \text{Ok}$$

Diameter tulangan di pakai = 19 mm

$$\begin{aligned} A_{s1} &= 3,14 \cdot \frac{19^2}{4} \\ &= 283,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan ada = 4 buah

$$\begin{aligned} A_s &= 283,39 \times 4 \\ &= 1133,540 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol kecukupan :

$$434,76 < 1133,540 < 5424,49 \quad \text{Ok}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,9 \times 1133,540 \times 420 \times \frac{(589 - (\frac{113,540 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 450}))}{2} : 1.000.000 \\ &= 221,8469 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\phi M_n = 221,8469 \text{ kN/m} > M_u = 64,67240 \quad \text{MEMENUHI}$$

• **Balok B2 dimensi 40 cm x 60 cm**

– **Perencanaan Tulangan Tumpuan Kiri Atas**

$$\begin{aligned}b &= 400 \text{ mm} & f_c &= 30 \text{ Mpa} \\ h &= 600 \text{ mm} & f_y &= 420 \text{ Mpa} \\ d' &= 61,5 \text{ mm} & M_u &= 156,6027 \text{ kN/m} \\ s &= 40 \text{ mm} & \phi &= 0,9 \\ d_{sk} &= 12 \text{ mm} & M_n &= 174,003,000 \text{ N/m} \\ d_t &= 19 \text{ mm} & \beta_1 &= 0,84 \\ d &= 539 \text{ mm} & \rho_{bal} &= 0,02985\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}a \text{ perlu} &= d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_n}{0,85 \cdot f_c \cdot b}} \\ &= 30,488 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_s \text{ perlu} &= \frac{M_n}{f_y \cdot (d - \frac{a}{2})} \\ &= 791,759\end{aligned}$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dan } \rho \text{ dan } \rho_{min} \geq \frac{4}{3} \cdot \rho_{perlu}$$

$$0,0033 \text{ atau } 0,033 \text{ dan } 0,00490102$$

$$A_{smin} = 718,00 \text{ mm}^2$$

$$A_{smaks} = 4821,77 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$718,00 < 791,759 \quad \text{Pakai Tulangan Minimum}$$

Diameter tulangan di pakai = 19 mm

$$\begin{aligned}A_{s1} &= 3,14 \cdot \frac{19^2}{4} \\ &= 283,39 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah Tulangan ada = 4 buah

$$\begin{aligned}A_s &= 283,39 \times 4 \\ &= 1,133,540 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol kecukupan :

$$718,00 < 1,133,540 < 4821,77 \quad \text{Ok}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 1,133,540 \times 420 \times \frac{\left(539 - \left(\frac{1,133,540}{0,85 \cdot 30,350}\right)\right)}{2} : 1.000.000 \\ &= 220,7358 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 220,7358 \text{ kN/m} > M_u = 156,60270 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

– **Penulangan Geser**

$$M_u = 156,60270 \text{ kN/m}$$

$$V_u = 42,9403 \text{ kN}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,75$$

$$V_n = 57,253,73 \text{ N}$$

$$\rho_w = 0,005$$

$$b = 400 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$S = 100 \text{ mm (Jarak Sengkang)}$$

$$d_{sk} = 12 \text{ mm}$$

$$d = 539 \text{ mm}$$

$$A_v = 226 \text{ mm}^2 \text{ (2 kaki)}$$

Hitung V_c :

$$\phi V_c = \phi \cdot \left[\sqrt{f_c'} + 120 \rho_w \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right] \cdot \frac{b \cdot d}{7} = 128,558,50 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} 0,3 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d \\ &= 0,3 \sqrt{25} \cdot 400 \cdot 539 \\ &= 354,266,95 \text{ N} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s} \\ &= 511,584 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times V_s$$

$$\phi V_s = 383,688 \text{ N}$$

Kontrol kecukupan tulangan Sengkang :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_n = 512,2469 \text{ N}$$

$$V_n = 512,2469 > V_u = 42,9403 \quad \text{Ok}$$

– **Perencanaan Tulangan Lapangan Bawah**

$$b = 400 \text{ mm} \quad f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$h = 600 \text{ mm} \quad f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$d' = 61,5 \text{ mm} \quad \mu = 53,1693 \text{ kN/m (momen terfaktor)}$$

$$s = 40 \text{ mm} \quad \phi = 0,9$$

$$d_{sk} = 12 \text{ mm} \quad M_n = 59,077 \text{ N/m}$$

$$d_t = 19 \text{ mm} \quad \beta_1 = 0,84$$

$$d = 539 \text{ mm} \quad \rho_{bal} = 0,02985$$

$$a \text{ perlu} = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_n}{0,85f_c' \cdot b}}$$

$$= 30,488 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_n}{f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$= 268,816 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dan } \rho \text{ dan } \rho_{min} \geq \frac{4}{3} \cdot \rho_{perlu}$$

$$0,0030 \text{ atau } 0,033 \text{ dan } 0,00166398$$

$$A_{smin} = 358,42 \text{ mm}^2$$

$$A_{smaks} = 4821,77 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$358,42 < 268,816 < 4821,77 \quad \text{Ok}$$

Diameter tulangan di pakai = 19 mm

$$A_{s1} = 3,14 \cdot \frac{19^2}{4}$$

$$= 283,39 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan ada = 4 buah

$$A_s = 283,39 \times 4$$

$$= 1,133,540 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$358,42 < 1,133,540 < 4,821,77 \quad \text{Ok}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,9 \times 1,133,540 \times 420 \times \frac{\left(539 - \left(\frac{1,133,540 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 400}\right)\right)}{2} : 1.000.000 \\ &= 220,75358 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\phi M_n = 220,75358 \text{ kN/m} > M_u = 53,1693 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

• **Balok B3 dimensi 35 cm x 60 cm**

– **Perencanaan Tulangan Tumpuan Kiri Atas**

$$\begin{aligned}b &= 350 \text{ mm} & f_c &= 30 \text{ Mpa} \\ h &= 600 \text{ mm} & f_y &= 420 \text{ Mpa} \\ d' &= 61,5 \text{ mm} & M_u &= 194,2215 \text{ kN/m} \\ s &= 40 \text{ mm} & \phi &= 0,9 \\ d_{sk} &= 12 \text{ mm} & M_n &= 215,801,667 \text{ N/m} \\ d_t &= 19 \text{ mm} & \beta_1 &= 0,84 \\ d &= \text{ mm} & \rho_{bal} &= 0,02985\end{aligned}$$

$$a \text{ perlu} = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_n}{0,85 f_c' \cdot b}}$$

$$a \text{ perlu} = 43,271 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_n}{f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 994,098 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dan } \rho \text{ dan } \rho_{min} \geq \frac{4}{3} \cdot \rho_{perlu}$$

$$0,0030 \text{ atau } 0,033 \text{ dan } 0,00703257$$

$$A_{smin} = 628,25 \text{ mm}^2$$

$$A_{smaks} = 4219,05 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$628,25 > 994,098 \quad \text{Pakai Tulangan Minimum}$$

Diameter tulangan di pakai = 19 mm

$$\begin{aligned}A_{s1} &= 3,14 \cdot \frac{19^2}{4} \\ &= 283,39 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah Tulangan ada = 4 buah

$$\begin{aligned}A_s &= 283,39 \times 4 \\ &= 1133,540 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol kecukupan :

$$682,25 < 1133,540 < 4219,05 \quad \text{Ok}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 850,155 \times 420 \times \frac{\left(539 - \left(\frac{1133,540 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 350}\right)\right)}{2} : 1.000.000 \\ &= 219,3073 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 219,3073 \text{ kN/m} > M_u = 194,2215 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

– **Penulangan Geser**

$$M_u = 194,22150 \text{ kN/m}$$

$$V_u = 33,6325 \text{ kN}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,75$$

$$V_n = 44,843,33 \text{ N}$$

$$\rho_w = 0,006$$

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$S = 100 \text{ mm (Jarak Sengkang)}$$

$$d_{sk} = 12 \text{ mm}$$

$$d = 539 \text{ mm}$$

$$A_v = 226 \text{ mm}^2 \text{ (2 kaki)}$$

Hitung V_c :

$$\phi V_c = \phi \cdot \left[\sqrt{f_c'} + 120 \rho_w \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right] \cdot \frac{b \cdot d}{7}$$

$$\phi V_c = 111,964,75 \text{ N}$$

$$0,3 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,3 \sqrt{25} \cdot 350 \cdot 539$$

$$= 282,975 \text{ N}$$

Hitung V_s :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$V_s = 511,584 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times V_s$$

$$\phi V_s = 383,688 \text{ N}$$

Kontrol kecukupan tulangan Sengkang :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_n = 495,6531 \text{ N}$$

$$V_n = 495,6531 > V_u = 179,6506 \quad \text{Ok}$$

– **Perencanaan Tulangan Lapangan Bawah**

$$b = 350 \text{ mm} \quad f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$h = 600 \text{ mm} \quad f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$d' = 61,5 \text{ mm} \quad M_u = 64,3281 \text{ kN/m (momen terfaktor)}$$

$$s = 40 \text{ mm} \quad \phi = 0,9$$

$$d_{sk} = 12 \text{ mm} \quad M_n = 71,457,667 \text{ N/m}$$

$$d_t = 19 \text{ mm} \quad \beta_1 = 0,85$$

$$d = \quad \text{mm} \quad \rho_{bal} = 0,02530$$

$$a \text{ perlu} = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_n}{0,85f_c' \cdot b}}$$

$$a \text{ perlu} = 43,271 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_n}{f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 329,255 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dan } \rho \text{ dan } \rho_{min} \geq \frac{4}{3} \cdot \rho_{perlu}$$

$$0,0033 \text{ atau } 0,033 \text{ dan } 0,00232926$$

$$A_{smin} = 439,01 \text{ mm}^2$$

$$A_{smaks} = 4219,05 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$439,01 < 329,255 < 4219,05 \quad \text{Ok}$$

Diameter tulangan di pakai = 19 mm

$$A_{s1} = 3,14 \cdot \frac{19^2}{4}$$

$$= 283,39 \text{ mm}^2$$

Jumlah Tulangan ada = 4 buah

$$A_s = 283,39 \times$$

$$= 1133,540 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$439,01 < 1133,540 < 4219,05 \quad \text{Ok}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,9 \times 1133,540 \times 420 \times \frac{\left(539 - \left(\frac{1133,540 \cdot 420}{0,85 \cdot 30 \cdot 400}\right)\right)}{2} : 1.000.000 \\ &= 166,6233 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\phi M_n = 166,6233 \text{ kN/m} > M_u = 64,32810 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

• **Balok Kantilever Dimensi 20 cm x 30 cm**

– **Perencanaan Tulangan Atas**

$$\begin{aligned}b &= 450 \text{ mm} & f_c &= 25 \text{ Mpa} \\ h &= 250 \text{ mm} & f_y &= 420 \text{ Mpa} \\ d' &= 61,5 \text{ mm} & M_u &= 19,4873 \text{ kN/m (momen terfaktor)} \\ s &= 40 \text{ mm} & \phi &= 0,9 \\ d_{sk} &= 12 \text{ mm} & M_n &= 21.652.556 \text{ N/m} \\ d_t &= 19 \text{ mm} & \beta_1 &= 0,84 \\ d &= 189 \text{ mm} & \rho_{bal} &= 0,02530\end{aligned}$$

$$a_{\text{perlu}} = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_n}{0,85 \cdot f_c \cdot b}}$$

$$a_{\text{perlu}} = 6,753 \text{ mm}$$

$$A_s_{\text{perlu}} = \frac{M_n}{f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s_{\text{perlu}} = 278,483 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dan } \rho \text{ dan } \rho_{\min} \geq \frac{4}{3} \cdot \rho_{\text{perlu}}$$

$$0,0030 \text{ atau } 0,033 \text{ dan } 0,00437737$$

$$A_{s\min} = 282,75 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\max} = 1898,82 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$282,75 < 278,483 < 1898,82 \quad \text{Ok}$$

Diameter tulangan di pakai = 19 mm

$$\begin{aligned}A_{s1} &= 3,14 \cdot \frac{19^2}{4} \\ &= 283,39 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Jumlah Tulangan ada = 2 buah

$$\begin{aligned}A_s &= 283,39 \times 2 \\ &= 566,770 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Kontrol kecukupan :

$$282,75 < 566,770 < 1898,82 \quad \text{Ok}$$

$$\phi M_n = 38,1619 \text{ kN/m}$$

$$\phi M_n = 38,1619 \text{ kN/m} > M_u = 19,48730 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

– **Penulangan Geser Lapangan**

$$M_u = 19,48730 \text{ kN/m}$$

$$V_u = 6,4797 \text{ kN}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,75$$

$$V_n = 6,4797: 0,75 \times 1000 = 8.639,60 \text{ N}$$

$$\rho_w = 0,007$$

$$b = 450 \text{ mm}$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$S = 100 \text{ mm (Jarak Sengkang)}$$

$$d_{sk} = 12 \text{ mm}$$

$$d = 189 \text{ mm}$$

$$A_v = 226 \text{ mm}^2 \text{ (2 kaki)}$$

Hitung V_c :

$$\phi V_c = \phi \cdot \left[\sqrt{f_c'} + 120 \rho_w \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right] \cdot \frac{b \cdot d}{7}$$

$$\phi V_c = 50.235,91 \text{ N}$$

$$0,3 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,3 \sqrt{30} \cdot 450 \cdot 189$$

$$= 139,751,41 \text{ N}$$

$$50.235,91 < 139,751,41 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Hitung V_s :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$V_s = 179.078 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times V_s$$

$$\phi V_s = 179.078 \text{ N}$$

Kontrol kecukupan tulangan Sengkang :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_n = 184,5447 \text{ N}$$

$$V_n = 184,5447 > V_u = 6,4797 \quad \text{Ok}$$

• **Balok Anak dimensi 20 cm x 35 cm**

– Perencanaan Tulangan Atas

$$\begin{aligned} b &= 150 \text{ mm} & f_c &= 25 \text{ Mpa} \\ h &= 200 \text{ mm} & f_y &= 420 \text{ Mpa} \\ d' &= 61,5 \text{ mm} & M_u &= 14,5674 \text{ kN/m} \\ s &= 40 \text{ mm} & \phi &= 0,9 \\ d_{sk} &= 12 \text{ mm} & M_n &= 16.186.000 \text{ N/m} \\ d_t &= 19 \text{ mm} & \beta_1 &= 0,85 \\ d &= \text{ mm} & \rho_{bal} &= 0,02530 \end{aligned}$$

$$a \text{ perlu} = d - \sqrt{d^2 - \frac{2M_n}{0,85f_c' \cdot b}}$$

$$a \text{ perlu} = 30,419 \text{ mm}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_n}{f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$A_s \text{ perlu} = 312,580 \text{ mm}^2$$

$$\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c}}{4 \cdot f_y} \text{ atau } \rho_{min} = \frac{1,4}{f_y} \text{ dan } \rho \text{ dan } \rho_{min} \geq \frac{4}{3} \cdot \rho_{perlu}$$

$$0,0030 \text{ atau } 0,033 \text{ dan } 0,02006130$$

$$A_{smin} = 69,25 \text{ mm}^2$$

$$A_{smaks} = 465,05 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$69,25 > 312,580 > \quad \text{Pakai Tulangan Minimum}$$

Diameter tulangan di pakai = 19 mm

$$\begin{aligned} A_{s1} &= 3,14 \cdot \frac{19^2}{4} \\ &= 283,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan ada = 2 buah

$$\begin{aligned} A_s &= 283,39 \times 2 \\ &= 566,770 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol kecukupan :

$$69,25 < 566,770 < 465,05 \quad \text{Ok}$$

$$\phi M_n = 23,0057 \text{ kN/m}$$

$$\phi M_n = 23,0057 \text{ kN/m} > M_u = 14,56740 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

– **Penulangan Geser**

$$M_u = 14,567,40 \text{ kN/m}$$

$$V_u = 8,1253 \text{ kN}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\phi = 0,75$$

$$V_n = V_u : 0,75 \times 1000 = 10,833,73 \text{ N}$$

$$\rho_w = 0,027$$

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$h = 200 \text{ mm}$$

$$S = 100 \text{ mm (Jarak Sengkang)}$$

$$d_{sk} = 12 \text{ mm}$$

$$d = 139 \text{ mm}$$

$$A_v = 226 \text{ mm}^2 \text{ (2 kaki)}$$

Hitung V_c :

$$\phi V_c = \phi \cdot \left[\sqrt{f_c'} + 120 \rho_w \frac{V_u \cdot d}{M_u} \right] \cdot \frac{b \cdot d}{7}$$

$$\phi V_c = 12.754,65 \text{ N}$$

$$0,3 \sqrt{f_c'} \cdot b \cdot d$$

$$= 0,3 \sqrt{30} \cdot 150 \cdot 139$$

$$= 237,27 \text{ N}$$

$$12.754,65 < 237,27 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Hitung V_s :

$$V_s = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$V_s = 131.577 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times V_s$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 131.577$$

$$= 98.683 \text{ N}$$

Kontrol kecukupan tulangan Sengkang :

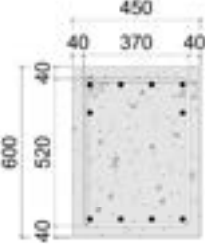
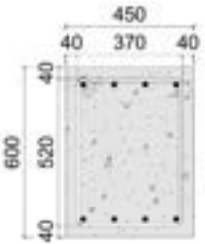
$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_n = 111,4377 \text{ N}$$

$$V_n = 111,4377 > V_u = 8,1253 \quad \text{Ok}$$

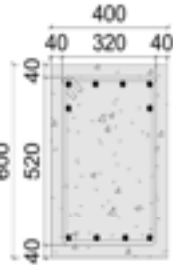
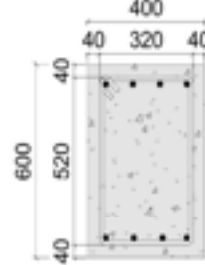
- Detail Tulangan balok

- Detail Tulangan Balok 1 450 x 600 mm

TIPE	DIMENSI	TUMPUAN	LAPANGAN
B1	450 x 600mm		
	TULANGAN ATAS	6 D19	4 D19
	TULANGAN BAWAH	4 D19	4 D19
	SENGKANG	D12 - 100mm	D12 - 200mm

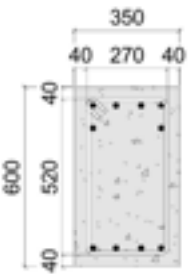
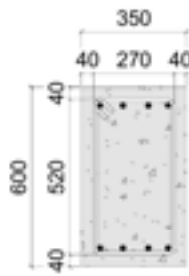
Gambar 4. 24 Detail Tulangan Balok 1

- Detail Tulangan Balok 2 400 x 600 mm

TIPE	DIMENSI	TUMPUAN	LAPANGAN
B2	400 x 600mm		
	TULANGAN ATAS	6 D19	4 D19
	TULANGAN BAWAH	4 D19	4 D19
	SENGKANG	D12 - 100mm	D12 - 200mm

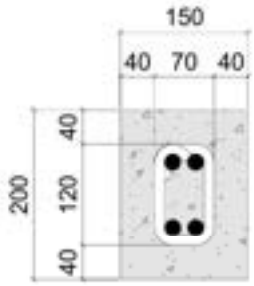
Gambar 4. 25 Detail Tulangan Balok 2

- Detail Tulangan Balok 3 350 x 600 mm

TIPE	DIMENSI	TUMPUAN	LAPANGAN
B3	350 x 600mm		
	TULANGAN ATAS	6 D19	4 D19
	TULANGAN BAWAH	4 D19	4 D19
	SENGKANG	D12 - 100mm	D12 - 200mm

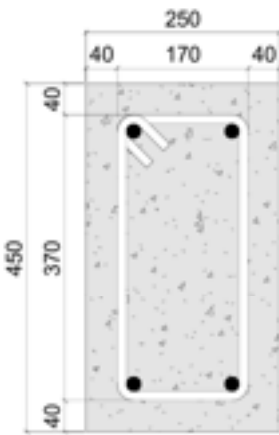
Gambar 4. 26 Detail Tulangan Balok 3

- Detail Tulangan Balok Anak 150 x 200 mm

TIPE	DIMENSI BALOK	
BALOK ANAK	150 x 200mm	
	TULANGAN ATAS	2 D19
	TULANGAN BAWAH	2 D19
	SENGKANG	D12 - 100mm

Gambar 4. 27 Detail Tulangan Balok Anak

- Detail Tulangan Balok Kantilever 250 x 450 mm

TIPE	DIMENSI BALOK	
BALOK KANTILEVER	250 x 450mm	
	TULANGAN ATAS	2 D19
	TULANGAN BAWAH	2 D19
	SENGKANG	D12 - 100mm

Gambar 4. 28 Detail Tulangan Balok Kantilever

4.6.4 Desain Kolom

a. Data material

- Beton :

$$F_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 25743 \text{ Mpa}$$

- Baja Tulangan :

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

- Properties Penampang

$$\text{Selimut Beton (s)} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang dsk} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan Panjang} = 19 \text{ mm}$$

- **Material Properties**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 25743 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,836$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$E_s = 200.000 \text{ Mpa}$$

- **Reduksi Kekuatan**

$$\phi_a = 0,80 \text{ (Tekan Sengkang)}$$

$$\phi_b = 0,90 \text{ (Tarik Lnetur)}$$

$$\phi_c = 0,65 \text{ (Tekan)}$$

b. Penulangan Kolom

- **Kolom Sudut LT. 1-3 Dimensi 750 x 750 mm**

– Penulangan

$$b = 750 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$P_u = 1688 \text{ kN}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 14 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 12 \text{ BUAH}$$

$$d' = 50 + 12 + 19 / 2$$

$$= 71,50 \text{ mm}$$

$$d_x = 750 - 71,50$$

$$= 679 \text{ mm}$$

$$d_y = 750 - 71,50$$

$$= 679 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah X} = (750 - 2 \times 71,50) : (14 - 1)$$

$$= 46,7$$

$$\text{Min Spasi} = 46,7 - 19 = 27,7 \quad \mathbf{OK}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah Y} = (750 - 2 \times 71,50) : (12 - 1)$$

$$= 55,2$$

$$\text{Min Spasi} = 55,2 - 19 = 36,2 \quad \mathbf{OK}$$

$$\Sigma \text{ Tulangan} = 2 \times (14 - 2) + (12 - 2) + 4$$

$$= 48 \text{ Buah}$$

$$A_{st} = \frac{48 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4}$$

$$= 13.609,4 \quad \text{mm}^2$$

$$= \left(\frac{13.609,4}{750.750} \right) \% = 2,4 \quad \%$$

$$0,1 \cdot A_g \cdot f_c = \frac{0,1 \times 750 \times 750 \times 30}{1.000}$$

$$= 1688 \quad \text{kN} > P_u \quad \text{kN}$$

– Diagram Interaksi Kolom Arah X

Tabel 4.28 Diagram Kolom Arah x

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	10205,903	0	104,5138	2769,3118	10219	386	0,217
2	10205,903	239,783					
3	10205,903	442,852					
4	8995,7057	679,526					
5	6799,7995	875,18					
6	3929,0932	968,486					
7	1924,2577	1066,17					
8	-455,3092	998,003					
9	-10219	601,641					
10	-4518,4112	168,921					
11	-5067,0249	0					

Tabel 4.29 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	10205,903	0	38,9716	2769,3118	9658	144	0,271
2	10205,903	227,809					
3	10205,903	420,737					
4	8995,7057	645,592					
5	6799,7995	831,476					
6	3929,0932	920,123					
7	1924,2577	1012,93					
8	-455,3092	948,166					
9	-2752,1154	571,596					
10	-4518,4112	160,485					
11	-5067,0249	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 750 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$d_x = 679 \text{ mm}$$

$$d_y = 679 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton}(s) = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom}(A_g) = b \times h$$

$$= 750 \times 750$$

$$= 562500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 2.769,3118 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 114,5752 \quad \text{kN}$$

$$V_u - y = 73,4167 \quad \text{kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– Geser Arah X

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2.769,3118}{14 \cdot 562500} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 750 \cdot 679 : 1.000$$

$$= 348,5254 \quad \text{kN}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 48D10 – 100

$$A_v = 48 \times 3,14 \times 12^2 : 4$$

$$= 5.428,67 \quad \text{mm}^2$$

$$\phi V_s = \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{5.428,67 \cdot 420 \cdot 679}{100} : 1.000$$

$$= 11.602,57 \quad \text{kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 348,5254 + 11.602,57$$

$$= 11.951,0906 \quad \text{kN}$$

$$\phi V_n = 11.951,0906 \quad \text{kN} > V_u - x = 114,5752 \quad \text{kN} \quad \text{Ok}$$

– Geser Arah Y

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2.769,3118}{14.562500} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 750.679 : 1.000$$

$$= 348,5254 \quad \text{kN}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 48D10 – 100

$$A_v = 48 \times 3,14 \times 12^2 : 4$$

$$= 5.428,67 \quad \text{mm}^2$$

$$\phi V_s = \phi \cdot \frac{A_v f_y dx}{s}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{5.428,67 \cdot 420.697}{100} : 1.000$$

$$= 11.602,57 \quad \text{kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 348,5254 + 11.602,57$$

$$= 11.951,091 \quad \text{kN}$$

$$\phi V_n = \quad \text{kN} > V_u - y = 73,4167 \quad \text{kN} \quad \text{Ok}$$

– Pengengkangan Kolom (*Confinement*)

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 678,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 240 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \text{ mm}$$

$$b = 850 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 850 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton(s)} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Kolom}(A_g) = 562500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti(bc)} = 750 - (2 \times 50 + 12)$$

$$= 638 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi inti(hc)} = 750 - (2 \times 50 + 12)$$

$$= 638 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti(Ach)} = 638 \times 638$$

$$= 407044 \text{ mm}^2$$

Tulangan Senggang Arah X :

$$\text{Ash1/sx} = 0,3 \times \left(\frac{638 \cdot 30}{420} \right) \times (562.500 : 407044 - 1)$$

$$= 5,22 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ash2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{638 \cdot 30}{420} \right)$$

$$= 4,10 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Geser} = 4 \text{ D12} - 100 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$\text{Av/Sx} = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 4,10 \text{ mm}^2$$

$$\text{Vs} = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (678,50 : 100) : 1.000$$

$$= 1289,17 \text{ kN} < \text{Vmaks} = 1858,15 \text{ kN}$$

Tulangan Senggang Arah Y :

$$\text{Ash1/sx} = 0,3 \times \left(\frac{638 \cdot 30}{420} \right) \times (562.500 : 407.044 - 1)$$

$$= 5,22 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ash2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{638 \cdot 30}{420} \right)$$

$$= 4,10 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 4,10 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (678:100) : 1.000$$

$$= 1289,17 \text{ kN} < V_{maks} = 1858,15 \text{ kN}$$

- **Kolom Tengah LT. 1-3 Dimensi 850 x 850 mm**

– Penulangan

$$b = 850 \text{ mm}$$

$$h = 850 \text{ mm}$$

$$P_u = 3.090,8776 \text{ kN}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 15 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 15 \text{ BUAH}$$

$$d' = 50 + 12 + 19 / 2$$

$$= 71,50 \text{ mm}$$

$$d_x = 850 - 71,50$$

$$= 779 \text{ mm}$$

$$d_y = 850 - 71,50$$

$$= 779 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah X} = (850 - 2 \times 71,50) : (15 - 1)$$

$$= 51$$

$$\text{Min Spasi} = 51 - 19 = 31,50 \text{ OK}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah Y} = (850 - 2 \times 71,50) : (15 - 1)$$

$$= 51$$

$$\text{Min Spasi} = 51 - 19 = 31,50 \text{ OK}$$

$$\Sigma \text{ Tulangan} = 2 \times (15 - 2) + (15 - 2) + 4$$

$$= 56 \text{ Buah}$$

$$A_{st} = \frac{56 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4}$$

$$= 15.877,6 \text{ mm}^2$$

$$= \left(\frac{15.877,6}{850.850} \right) \% = 2,20\%$$

$$0,1 \cdot A_g \cdot f_c = \frac{0,1 \times 850 \times 850 \times 30}{1.000}$$

$$= 2167,5 \text{ kN} > P_u 3.090,8776 \text{ kN}$$

– Diagram Interaksi Kolom Arah X

Tabel 4.30 Diagram Kolom Arah x

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	12785,362	0	125,9224	3090,8776	12772	520	0,242
2	12785,362	373,561					
3	12785,362	701,29					
4	11306,653	1069,9					
5	8626,3164	1368,76					
6	5266,4741	1518,55					
7	2882,2485	1686,23					
8	59,3781	1599,42					
9	-2758,9539	1008					
10	-4850,3758	385,109					
11	-5911,529	0					

Tabel 4.31 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	12785,362	0	62,57970	3090,8776	12772	259	0,242
2	12785,362	426,416					
3	12785,362	854,364					
4	11306,653	1301,18					
5	8626,3164	1657,52					
6	5266,4741	1819,86					
7	2882,2485	1996,92					
8	59,3781	1894,47					
9	-2758,9539	1210,53					
10	-4850,3758	424,809					
11	-5911,529	0					

– Kapasitas Gaya Geser Kolom

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 850 \text{ mm}$$

$$h = 850 \text{ mm}$$

$$d_x = 779 \text{ mm}$$

$$d_y = 779 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton}(s) = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom}(A_g) = b \times h$$

$$= 850 \times 850$$

$$= 722500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 3.090,8776 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 88,4916 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 201,1663 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g}\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{3.090,8776}{14.722.500}\right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 850.779 : 1.000$$

$$= 453,19 \quad \text{kN}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 56 D10 – 100

$$A_v = 56 \times 3,14 \times 12^2 : 4$$

$$= 6.333,45 \quad \text{mm}^2$$

$$\phi V_s = \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{6.333,45 \cdot 240.779}{100} : 1.000$$

$$= 8.875,06 \quad \text{kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 453,19 + 8.875,06$$

$$= 9.328,26 \quad \text{kN}$$

$$\phi V_n = 9.328,26 \quad \text{kN} > V_u - x = 88,4916 \quad \text{kN} \quad \text{OK}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g}\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{3.090,8776}{14.722.500}\right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 850.779 : 1.000$$

$$= 453,19 \quad \text{kN}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 56 D10 – 100

$$A_v = 50 \times 3,14 \times 12^2 : 4$$

$$= 6.333,45 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_s = \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot d \cdot x}{s}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{6.333,45 \cdot 240 \cdot 779}{100} : 1.000$$

$$= 8.875,06 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 435,19 + 8.875,06$$

$$= 9.328,26 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 9.328,26 \text{ kN} > V_u - y = 201,1663 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– Pengekangan Kolom (confinement)

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 778,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \text{ mm}$$

$$b = 850 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 850 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton (s)} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom (A}_g\text{)} = 722500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (b}_c\text{)} = 738 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (h}_c\text{)} = 738 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (A}_c\text{)} = 544644 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\text{Ash1/sx} = 0,3 \times \left(\frac{738 \cdot 30}{420} \right) \times (722.500 : 544.644 - 1)$$

$$= 5,16 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ash2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{738 \cdot 30}{420} \right)$$

$$= 4,74 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 5 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$A_v/S_x = 5 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100$$

$$= 5,65 \text{ mm}^2 > 4,74 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} V_s &= (5 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (778,50:100) : 1.000 \\ &= 1848,97 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 2416,28 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkan Arah Y :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{738 \cdot 30}{420}\right) \times (722.500 : 544.644 - 1) \\ &= 5,16 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{738 \cdot 30}{420}\right) \\ &= 4,74 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 5 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 5 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}\right) : 100 \\ &= 5,65 \text{ mm}^2 > 4,74 \text{ mm}^2 \\ V_s &= (5 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (778,50:100) : 1.000 \\ &= 1848,97 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 2416,28 \text{ Kn} \end{aligned}$$

- **Kolom Tepi LT. 1-3 Dimensi 120 cm x 80 cm**

- **Penulangan**

$$b = 1200 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$P_u = 3791,9971 \text{ kN}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkan} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 16 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 14 \text{ BUAH}$$

$$d' = 50 + 12 + 19 / 2$$

$$= 71,50 \text{ mm}$$

$$d_x = 800 - 71,50$$

$$= 729 \text{ mm}$$

$$dy = 1200 - 71,50$$

$$= 1129 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah X} = (800 - 2 \times 71,50) : (16 - 1)$$

$$= 44$$

$$\text{Min Spasi} = 44 - 19 = 25 \quad \mathbf{OK}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah Y} = (1200 - 2 \times 71,50) : (14 - 1)$$

$$= 81$$

$$\text{Min Spasi} = 81 - 19 = 62 \quad \mathbf{OK}$$

$$\Sigma \text{ Tulangan} = 2 \times (16 - 2) + (14 - 2) + 4$$

$$= 56 \text{ Buah}$$

$$A_{st} = \frac{56.3.14.19^2}{4}$$

$$= 15.877,6 \text{ mm}^2$$

$$= \left(\frac{15.877,6}{1200.800} \right) \% = 1,65 \%$$

$$0,1.A_g.f_c = \frac{0,1 \times 1200 \times 800 \times 30}{1.000}$$

$$= 2880,0 \quad \text{kN} < P_u 3791,9971 \quad \text{kN}$$

– Diagram Interaksi Kolom Arah X

Tabel 4.32 Diagram Kolom Arah x

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	15934,612	0	207,4799	3791,9971	15866	868	0,239
2	15934,612	421,789					
3	15934,612	845,092					
4	14238,069	1287,06					
5	11052,521	1639,53					
6	7066,9477	1800,11					
7	4417,5155	1975,25					
8	1297,4037	1873,91					
9	-2019,5365	1197,39					
10	-4674,8131	420,199					
11	-5911,529	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.33 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	15934,612	0	124,1715	3791,9971	15866	520	0,239
2	15934,612	426,416					
3	15934,612	854,364					
4	14238,069	1301,18					
5	11052,521	1657,52					
6	7066,9477	1819,86					
7	4417,5155	1996,92					
8	1297,4037	1894,47					
9	-2019,5365	1210,53					
10	-4674,8131	424,809					
11	-5911,529	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 1200 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$d_x = 729 \text{ mm}$$

$$d_y = 1129 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton}(s) = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom}(A_g) = b \times h$$

$$= 1200 \times 800$$

$$= 960000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 3.791,9971 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 126,5118 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 205,3076 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g}\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{3.791,9971}{14.960.000}\right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 1200.729 : 1.000$$

$$= 598,6927 \text{ kN}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 56D10 – 100

$$A_v = 56 \times 3,14 \times 12^2 : 4$$

$$= 6.333,45 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_s = \phi \cdot \frac{A_v f_y dx}{s}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{6.333,45 \cdot 240.729}{100} : 1.000$$

$$= 8.305,05 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 598,6927 + 8.305,05$$

$$= 8.903,75 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 8.903,75 \text{ kN} > V_u - x = 126,5118 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g}\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dy$$

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{3.791,9971}{14.960.000}\right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 1200.729 : 1.000$$

$$= 927,42 \text{ kN}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 56D10 – 100

$$A_v = 56 \times 3,14 \times 12^2 : 4$$

$$= 6.333,45 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_s = \phi \cdot \frac{A_v f_y d_y}{s}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{6.333,45 \cdot 240 \cdot 1129}{100} : 1.000$$

$$= 12.865,14 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 368,5937 + 4.501,05$$

$$= 13.792,56 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 13.792,56 \text{ kN} > V_u - y = 205,3076 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– Pengekangan Kolom (*confinement*)

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 728,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \text{ mm}$$

$$b = 1200 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton (s)} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom (A}_g\text{)} = 960000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (b}_c\text{)} = 1088 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (h}_c\text{)} = 688 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (A}_c\text{)} = 748544 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$A_{sh1/sx} = 0,3 \times \left(\frac{688 \cdot 30}{420} \right) \times (960.000 : 748.544 - 1)$$

$$= 4,16 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{688 \cdot 30}{420} \right)$$

$$= 4,42 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Geser} = 4 \text{ D12} - 100 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}\right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 4,42 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (728,50:100) : 1.000$$

$$= 1.384,18 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 3192,13 \text{ kN}$$

Tulangan Senggang Arah Y :

$$A_{sh1/sx} = 0,3 \times \left(\frac{1088 \cdot 30}{420}\right) \times (960.000 : 748544 - 1)$$

$$= 6,59 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{1088 \cdot 30}{420}\right)$$

$$= 6,99 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 7 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$A_v/S_x = 7 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}\right) : 100$$

$$= 7,92 \text{ mm}^2 > 6,99 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (7 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (728,50:100) : 1.000$$

$$= 2422,31 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 3192,13 \text{ kN}$$

- **Kolom Sudut LT. 4-6 Dimensi 700 x 700 mm**

– Penulangan

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$P_u = 2090,5413 \text{ kN}$$

Selimut beton = 50 mm

$$\text{Senggang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 13 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 11 \text{ BUAH}$$

$$d' = 50 + 12 + 19 / 2$$

$$= 71,50 \quad \text{mm}$$

$$dx = 700 - 71,50$$

$$= 629 \text{ mm}$$

$$dy = 700 - 71,50$$

$$= 629 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah X} = (700 - 2 \times 71,50) : (13 - 1)$$

$$= 46,4$$

$$\text{Min Spasi} = 46,4 - 19 = 27,4 \quad \text{OK}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah Y} = (700 - 2 \times 71,50) : (11 - 1)$$

$$= 55,7$$

$$\text{Min Spasi} = 55,7 - 19 = 36,7 \quad \text{OK}$$

$$\Sigma \text{ Tulangan} = 2 \times (13 - 2) + (11 - 2) + 4$$

$$= 44 \text{ Buah}$$

$$A_{st} = \frac{44 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4}$$

$$= 12.475,3 \quad \text{mm}^2$$

$$= \left(\frac{12.475,3}{700 \cdot 700} \right) \% = 2,5 \quad \%$$

$$0,1 \cdot A_g \cdot f_c = \frac{0,1 \times 700 \times 700 \times 25}{1.000}$$

$$= 1470 \text{ kN} > P_u 2090,5413 \quad \text{kN}$$

– Diagram Interaksi Kolom Arah X

Tabel 4.34 Diagram Kolom Arah x

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	9015,624	0	89,6755	89,6755	385	385	0,233
2	9015,624	331,89					
3	8840,761	591,38					
4	7463,28	827,97					
5	5703,418	1017					
6	3568,967	1132,6					
7	2101,019	1275,6					
8	397,4884	1257,5					
9	-1473,52	874,22					
10	-3490,76	340,46					
11	-4644,77	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.35 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	9015,624	0	32,3259	89,6755	385	139	0,233
2	9015,624	104,14					
3	8840,761	185,56					
4	7463,28	259,8					
5	5703,418	319,13					
6	3568,967	355,39					
7	2101,019	400,28					
8	397,4884	394,59					
9	-1473,52	274,32					
10	-3490,76	106,83					
11	-4644,77	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$d_x = 629 \text{ mm}$$

$$d_y = 629 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton}(s) = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom}(A_g) = b \times h$$

$$= 700 \times 700$$

$$= 490000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 2.090,5413 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 131,6322 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 105,0002 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{V_u}{14.A_g}\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2.090,5413}{14.490.000}\right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 700.629 : 1.000$$

$$= 301,3050 \quad \text{kN}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 44D10 - 100$$

$$A_v = 44 \times 3,14 \times 12^2 : 4$$

$$= 4.976,28 \quad \text{mm}^2$$

$$\phi V_s = \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{4.976,28 \cdot 420.629}{100} : 1.000$$

$$= 9.851,92 \quad \text{kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 4301,3050 + 9.851,92$$

$$= 10.153,2252 \quad \text{kN}$$

$$\phi V_n = 10.153,2252 \quad \text{kN} > V_u - x = 131,6322 \quad \text{kN} \quad \text{Ok}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{N_u}{14.A_g}\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dy$$

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{2.090,5413}{14.490.000}\right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 700.629 : 1.000$$

$$= 301,3050 \quad \text{kN}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 44D10 - 100$$

$$A_v = 44 \times 3,14 \times 12^2 : 4$$

$$= 4.976,28 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_s = \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_y}{s}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{3.392,92 \cdot 420 \cdot 737}{100} : 1.000$$

$$= 9.851,92 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 301,3050 + 9.851,28$$

$$= 10.153,225 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 10.153,225 \text{ kN} > V_u - y = 105,0002 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– Pengengkangan Kolom (*Confinement*)

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 628,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \text{ mm}$$

$$b = 700 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton(s)} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Kolom}(A_g) = 490000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti}(b_c) = 700 - (2 \times 50 + 12)$$

$$= 588 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi inti}(h_c) = 700 - (2 \times 50 + 12)$$

$$= 588 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti}(A_{ch}) = 588 \times 588$$

$$= 345744 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\text{Ash1/sx} = 0,3 \times \left(\frac{588 \cdot 30}{420} \right) \times (490.000 : 345744 - 1)$$

$$= 5,26 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ash2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{588 \cdot 30}{420} \right)$$

$$= 3,78 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,78 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (628,50 : 100) : 1.000$$

$$= 1194,17 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1606,47 \text{ kN}$$

Tulangan Senggang Arah Y :

$$A_{sh1/s_x} = 0,3 \times \left(\frac{588 \cdot 30}{420} \right) \times (490.000 : 345744 - 1)$$

$$= 5,26 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2/s_x} = 0,09 \times \left(\frac{588 \cdot 30}{420} \right)$$

$$= 3,78 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,78 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (628,50 : 100) : 1.000$$

$$= 1194,17 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1606,47 \text{ kN}$$

- **Kolom Tengah LT. 4-6 Dimensi 800 x 800 mm**

– Penulangan

$$b = 800 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$P_u = 2865,1433 \text{ kN}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Senggang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 14 \quad \text{BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 14 \quad \text{BUAH}$$

$$d' = 50 + 12 + 19 / 2$$

$$= 71,50 \quad \text{mm}$$

$$dx = 700 - 71,50$$

$$= 729 \quad \text{mm}$$

$$dy = 700 - 71,50$$

$$= 729 \quad \text{mm}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah X} = (700 - 2 \times 71,50) : (14 - 1)$$

$$= 51$$

$$\text{Min Spasi} = 51 - 19 = 31,54 \quad \text{OK}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah Y} = (700 - 2 \times 71,50) : (14 - 1)$$

$$= 51$$

$$\text{Min Spasi} = 51 - 19 = 31,54 \quad \text{OK}$$

$$\sum \text{Tulangan} = 2 \times (14 - 2) + (14 - 2) + 4$$

$$= 52 \text{ Buah}$$

$$A_{st} = \frac{40 \cdot 3,14 \cdot 22^2}{4}$$

$$= 14.743,5 \quad \text{mm}^2$$

$$= \left(\frac{14.743,5}{700 \cdot 700} \right) \% = 2,30\%$$

$$0,1 \cdot A_g \cdot f_c = \frac{0,1 \times 700 \times 700 \times 30}{1.000}$$

$$= 1920,0 \quad \text{kN} > P_u 2865,1433 \quad \text{Kn}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.36 Diagram Kolom Arah X

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	11462,48	0	112,4282	2865,1433	11062	434	0,259
2	11462,48	206,8					
3	11431,2	384,58					
4	9963,885	573,58					
5	7576,724	724,69					
6	4679,839	803,53					
7	2573,81	898,7					
8	137,8673	857,26					
9	-2263,55	563,54					
10	-4356,98	217,67					
11	-5489,28	0					

Tabel 4.37 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	11462,48	0	199,512	2865,1433	11062	770	0,259
2	11462,48	366,99					
3	11431,2	682,46					
4	9963,885	1017,9					
5	7576,724	1286					
6	4679,839	1425,9					
7	2573,81	1594,8					
8	137,8673	1521,3					
9	-2263,55	1000					
10	-4356,98	386,28					
11	-5489,28	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 800 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$dx = 729 \text{ mm}$$

$$dy = 729 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton(s)} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 800 \times 800 \\ &= 640000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 2.865,1433 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 188,9067 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 163,2451 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{2.865,1433}{14 \cdot 640000} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 800 \cdot 729 : 1.000 \\ &= 399,14 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 52 \text{ D10} - 100$$

$$A_v = 50 \times 3,14 \times 12^2 : 4$$

$$= 5.881,06 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_s = \phi \cdot \frac{A_v f_y dx}{s}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{5.881,06}{100} : 1.000$$

$$= 7.711,84 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 399,14 + 7.711,84$$

$$= 8.110,98 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 8.110,98 \text{ kN} > V_u - x = 188,9067 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

– **Geser Arah Y** Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{Nu}{14.A_g}\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot d_y$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{2.865,1433}{14.640000}\right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 800.729 : 1.000 \\ &= 399,14 \quad \text{kN}\end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 52 D10 – 100

$$\begin{aligned}A_v &= 50 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 5.881,06 \quad \text{mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_y}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{5.881,06 \cdot 420 \cdot 729}{100} : 1.000 \\ &= 7.711,84 \quad \text{kN}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 399,14 + 7.711,84 \\ &= 8.110,98 \quad \text{kN}\end{aligned}$$

$$\phi V_n = 8.110,98 \quad \text{kN} > V_u - y = 163,2451 \quad \text{kN} \quad \text{Ok}$$

– Pengekangan Kolom (*confinement*)

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 728,50 \quad \text{mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \quad \text{mm}$$

$$b = 800 \quad \text{mm} \quad d_s = 12 \quad \text{mm}$$

$$h = 800 \quad \text{mm} \quad d_t = 19 \quad \text{mm}$$

$$\text{Selimut Beton (s)} = 50 \quad \text{mm}$$

$$\text{Luas kolom (A}_g\text{)} = 640000 \quad \text{mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (b}_c\text{)} = 688 \quad \text{mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (h}_c\text{)} = 688 \quad \text{mm}$$

$$\text{Luas inti (A}_c\text{)} = 473344 \quad \text{mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned}\text{Ash1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{688 \cdot 30}{420}\right) \times (640000 : 473344 - 1) \\ &= 5,19 \quad \text{mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{688 \cdot 30}{420} \right) \\ &= 4,42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 5 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 5 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 5,65 \text{ mm}^2 > 4,42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \left(5 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (688:100) \right) : 1.000 \\ &= 1730,22 \text{ kN} < V_{maks} = 2128,08 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{688 \cdot 30}{420} \right) \times (640000 : 473344 - 1) \\ &= 5,19 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{688 \cdot 30}{420} \right) \\ &= 4,42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 5 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 5 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 5,65 \text{ mm}^2 > 4,42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \left(5 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (688:100) \right) : 1.000 \\ &= 1730,22 \text{ kN} < V_{maks} = 2128,08 \text{ kN} \end{aligned}$$

- **Kolom Tepi LT. 4-6 Dimensi 85 cm x 65 cm**

- **Penulangan**

$$b = 850 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$P_u = 722,4521 \text{ kN}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\Sigma \text{ Tulangan arah X} = 12 \text{ BUAH}$$

$$\Sigma \text{ Tulangan arah Y} = 15 \text{ BUAH}$$

$$\begin{aligned} d' &= 50 + 12 + 15 / 2 \\ &= 71,50 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= 650 - 71,50 \\ &= 579 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 850 - 71,50 \\ &= 779 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah X} &= (650 - 2 \times 71,50) : (12 - 1) \\ &= 46 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 46 - 19 = 27 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (850 - 2 \times 71,50) : (15 - 1) \\ &= 51 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 51 - 19 = 32 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ Tulangan} &= 2 \times (12 - 2) + (15 - 2) + 4 \\ &= 50 \text{ Buah} \end{aligned}$$

$$A_{st} = \frac{50.3,14.19^2}{4}$$

$$= 14.176,4 \text{ mm}^2$$

$$= \left(\frac{14.176,4}{850.650} \right) \% = 2,57 \%$$

$$0,1.A_g.f_c = \frac{0,1 \times 850 \times 650 \times 30}{1.000}$$

$$= 1657,5 \quad \text{kN} < P_u 722,4521 \quad \text{kN}$$

- Diagram Interaksi Kolom Arah X

Tabel 4.38 Diagram Kolom Arah x

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	9015,624	0	92,54	722,4521	3225	413	0,224
2	9015,624	119					
3	8891,56	215,4					
4	7545,112	307,97					
5	5741,938	381,79					

6	3541,813	422,63					
7	1999,587	473,67					
8	141,5158	460,17					
9	-1799,41	311,19					
10	-3687,7	113,11					
11	-4644,77	0					

- **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.39 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	9015,624	0	29,0370	722,4521	3225	130	0,224
2	9015,624	297,51					
3	8891,56	538,5					
4	7545,112	769,93					
5	5741,938	954,49					
6	3541,813	1056,6					
7	1999,587	1184,2					
8	141,5158	1150,5					
9	-1799,41	777,99					
10	-3687,7	282,78					
11	-4644,77	0					

- **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 850 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$d_x = 579 \text{ mm}$$

$$d_y = 779 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton}(s) = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom}(A_g) = b \times h$$

$$= 850 \times 650$$

$$= 552500 \quad \text{mm}^2$$

Tulangan Sengkang = 12 mm

$$P_u = 722,4521 \quad \text{kN}$$

$$V_u - x = 131,6322 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 108,9532 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot d$$

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{722,4521}{14 \cdot 552500} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 850 \cdot 579 : 1.000$$

$$= 336,6925 \text{ kN}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 58D10 – 100

$$A_v = 58 \times 3,14 \times 12^2 : 4$$

$$= 6.559,65 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_s = \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{s}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{5.559,65 \cdot 240 \cdot 579}{100} : 1.000$$

$$= 6.830,56 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 336,6925 + 6.559,65$$

$$= 7.167,25 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 7.167,25 \text{ kN} > V_u - x = 131,6322 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot d$$

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{722,4521}{14 \cdot 552500} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 850 \cdot 779 : 1.000$$

$$= 453,09 \text{ kN}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 58\text{D}10 - 100$$

$$A_v = 58 \times 3,14 \times 12^2 : 4$$

$$= 6.559,65 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_s = \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_y}{s}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{6.559,65 \cdot 240 \cdot 779}{100} : 1.000$$

$$= 9.192,03 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 453,09 + 9.192,03$$

$$= 9.645,13 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 9.645,13 \text{ kN} > V_u - y = 108,9532 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– Pengekangan Kolom (confinement)

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 575,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 74,50 \text{ mm}$$

$$b = 850 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm} \quad d_t = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton (s)} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom (A}_g) = 552500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (b}_c) = 738 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (h}_c) = 538 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (A}_c) = 397044 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\text{Ash1/sx} = 0,3 \times \left(\frac{538 \cdot 30}{420} \right) \times (552.500 : 397.044 - 1)$$

$$= 4,51 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ash2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{538 \cdot 30}{420} \right)$$

$$= 3,46 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Geser} = 5 \text{ D}12 - 100 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 A_v/S_x &= 5 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\
 &= 5,65 \text{ mm}^2 > 3,46 \text{ mm}^2 \\
 V_s &= (5 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (575,50 : 100)) : 1.000 \\
 &= 1366,84 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1786,21 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tulangan Senggang Arah Y :

$$\begin{aligned}
 A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{738 \cdot 25}{420} \right) \times (552.500 : 397.044 - 1) \\
 &= 6,19 \text{ mm}^2 \\
 A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{738 \cdot 30}{420} \right) \\
 &= 4,74 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 5 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 A_v/S_x &= 5 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\
 &= 5,65 \text{ mm}^2 > 4,74 \text{ mm}^2 \\
 V_s &= (5 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (575,50 : 100)) : 1.000 \\
 &= 1366,84 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1786,21 \text{ Kn}
 \end{aligned}$$

- **Kolom Sudut LT. 7-9 Dimensi 650 mm x 650 mm**

- Penulangan

$$b = 650 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$P_u = 1.112,5797 \text{ kN}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Senggang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 12 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 10 \text{ BUAH}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= 50 + 12 + 19 / 2 \\
 &= 71,50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dx &= 650 - 71,50 \\
 &= 579 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= 650 - 71,50 \\
 &= 579 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spasi Tulangan arah X} &= (650 - 2 \times 71,50) : (12 - 1) \\
 &= 46,1 \\
 \text{Min Spasi} &= 46,1 - 19 = 27,1 \quad \mathbf{OK} \\
 \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (650 - 2 \times 71,50) : (10 - 1) \\
 &= 56,3 \\
 \text{Min Spasi} &= 56,3 - 19 = 37,3 \quad \mathbf{OK} \\
 \Sigma \text{ Tulangan} &= 2 \times (12 - 2) + (10 - 2) + 4 \\
 &= 40 \text{ Buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{40 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4} \\
 &= 11.341,1 \quad \text{mm}^2 \\
 &= \left(\frac{11.341,1}{650 \cdot 650} \right) \% = 2,7 \% \\
 0,1 \cdot A_g \cdot f_c &= \frac{0,1 \times 650 \times 650 \times 30}{1.000} \\
 &= 1.268,0 \quad \text{kN} > P_u \text{ 1.112,5797 kN}
 \end{aligned}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.40 Diagram Kolom Arah x

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	7891,644	0	27,1	1112,5797	6583	160	0,169
2	7891,644	90,926					
3	7761,455	163,15					
4	6572,53	230,51					
5	4959,36	283,77					
6	2986,746	314,13					
7	1587,28	351,8					
8	-20,8211	342,5					
9	-1664,317	230,39					
10	-3413,109	79,298					
11	-4222,521	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.41 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	7891,644	0	107,1976	1112,5797	6583	634	0,169
2	7891,644	252,18					
3	7761,455	452,49					
4	6572,53	639,31					
5	4959,36	787,03					
6	2986,746	871,24					
7	1587,28	975,69					
8	-20,8211	949,91					
9	-1664,317	638,99					
10	-3413,109	219,93					
11	-4222,521	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 650 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$dx = 579 \text{ mm}$$

$$dy = 579 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton(s)} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 650 \times 650 \\ &= 422.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 1.112,5797 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 72,1204 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 94,0546 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{1.112,5797}{14.422.500} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 650 \cdot 579 : 1.000 \\ &= 257,4951 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 40D10 - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 40 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 4.523,89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{4.523,89 \cdot 420 \cdot 579}{100} : 1.000 \\ &= 8.243,78 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 257,4951 + 8.243,78$$

$$= 8.504,2730 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 8.504,2730 \text{ kN} > V_u - x = 72,1204 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot d_y$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{1.112,5797}{14.422.500} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 650 \cdot 579 : 1.000 \\ &= 257,4951 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 40D10 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 40 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 4.523,89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_y}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{4.523,89 \cdot 420 \cdot 579}{100} : 1.000 \\ &= 8.243,78 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 257,4951 + 8.243,78$$

$$= 8.504,2730 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 8.504,2730 \text{ kN} > V_u - y = 94,0546 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengengkangan Kolom (*Confinement*)**

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 578,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \text{ mm}$$

$$b = 650 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton}(s) = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Kolom}(A_g) = 422.500 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar inti}(b_c) &= 650 - (2 \times 50 + 12) \\ &= 538 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi inti}(h_c) &= 650 - (2 \times 50 + 12) \\ &= 538 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Luas inti}(A_c) &= 538 \times 538 \\ &= 289.444 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned}A_{sh1}/s_x &= 0,3 \times \left(\frac{538 \cdot 30}{420}\right) \times (422.500 : 289.444 - 1) \\ &= 5,30 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{sh2}/s_x &= 0,09 \times \left(\frac{538 \cdot 30}{420}\right) \\ &= 3,46 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned}A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}\right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,46 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (578,50:100) : 1.000 \\ &= 1.099,17 \text{ kN} < V_{maks} = 1.373,05 \text{ kN}\end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$\begin{aligned}A_{sh1}/s_x &= 0,3 \times \left(\frac{538 \cdot 30}{420}\right) \times (422.500 : 289.444 - 1) \\ &= 5,30 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{sh2}/s_x &= 0,09 \times \left(\frac{538 \cdot 30}{420}\right) \\ &= 3,46 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned}A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}\right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,46 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (578,50:100) : 1.000 \\ &= 1.099,17 \text{ kN} < V_{maks} = 1.373,05 \text{ kN}\end{aligned}$$

• **Kolom Tengah LT. 7-9 Dimensi 750 mm x 750 mm**

– Penulangan

$$b = 750 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$P_u = 2.202,1141 \text{ kN}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 12 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 12 \text{ BUAH}$$

$$\begin{aligned} d' &= 50 + 12 + 19 / 2 \\ &= 71,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= 750 - 71,50 \\ &= 679 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 750 - 71,50 \\ &= 679 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah X} &= (750 - 2 \times 71,50) : (12 - 1) \\ &= 55 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 55 - 19 = 36,18 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (750 - 2 \times 71,50) : (12 - 1) \\ &= 55 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 55 - 19 = 36,18 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{Tulangan} &= 2 \times (12 - 2) + (12 - 2) + 4 \\ &= 44 \text{ Buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{44 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4} \\ &= 12.475,3 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$= \left(\frac{12.475,3}{750 \cdot 750} \right) \% = 2,22\%$$

$$\begin{aligned} 0,1 \cdot A_g \cdot f_c &= \frac{0,1 \times 750 \times 750 \times 30}{1.000} \\ &= 1.687,5 \text{ kN} > P_u 2.202,1141 \text{ kN} \end{aligned}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.42 Diagram Kolom Arah x

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	9976,974	0	83,1078	2202,1141	9658	365	0,228
2	9976,974	171,82					
3	9965,417	326,68					
4	8709,826	492,7					
5	6595,412	622,6					
6	4014,817	685,92					
7	2181,942	760,05					
8	13,2004	717,3					
9	-2049,338	459,02					
10	-3774,354	170,97					
11	-4644,773	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.43 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	9976,974	0	134,7845	2202,1141	9658	591	0,228
2	9976,974	278,66					
3	9965,417	529,81					
4	8709,826	799,06					
5	6595,412	1009,7					
6	4014,817	1112,4					
7	2181,942	1232,6					
8	13,2004	1163,3					
9	-2049,338	744,44					
10	-3774,354	277,28					
11	-4644,773	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 750 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$d_x = 679 \text{ mm}$$

$$dy = 679 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton(s)} = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 750 \times 750 \\ &= 562.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 2.202,1141 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 173,2839 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 126,9879 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– Geser Arah X

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{2.202,1141}{14.562.500} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 750 \cdot 679 : 1.000 \\ &= 348,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 52 \text{ D10} - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 52 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 5.881,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{5.881,06 \cdot 240 \cdot 679}{100} : 1.000 \\ &= 7.182,54 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 348,50 + 7.182,54 \\ &= 7.531,04 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 7.531,04 \text{ kN} > V_u - x = 173,2839 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

– Geser Arah Y

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dy$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{2.202,1141}{14.562.500} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 750 \cdot 679 : 1.000 \\ &= 348,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 52 \text{ D10} - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 52 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 5.881,06 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dy}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{5.881,06 \cdot 240 \cdot 679}{100} : 1.000 \end{aligned}$$

$$= 7.182,54 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 348,50 + 7.182,54 \\ &= 7.531,04 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\phi V_n = 7.531,04 \text{ kN} > V_u - y = 173,2839 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

– **Pengekangan Kolom (*confinement*)**

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 688,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 61,50 \text{ mm}$$

$$b = 750 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton (s)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom (A}_g\text{)} = 562.500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (b}_c\text{)} = 658 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (h}_c\text{)} = 658 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (A}_c\text{)} = 432.964 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned}\text{Ash1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{658 \cdot 30}{240}\right) \times (562.500 : 432.964 - 1) \\ &= 4,22 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ash2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{658 \cdot 30}{240}\right) \\ &= 4,23 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Tulangan Geser} = 4 \text{ D12} - 100 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\text{A}_v/\text{S}_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}\right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 4,23 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 240 \times (688,50 : 100) : 1.000 \\ &= 1.308,17 \text{ kN} < V_{maks} = 1.885,53 \text{ kN}\end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$\begin{aligned}\text{Ash1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{658 \cdot 30}{240}\right) \times (562.500 : 432.964 - 1) \\ &= 4,22 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\text{Ash2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{658 \cdot 30}{240}\right)$$

$$= 4,23 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Geser} = 4 \text{ D12} - 100 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 4,23 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 240 \times (688,50 : 100) : 1.000$$

$$= 1.308,17 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1.885,53 \text{ kN}$$

• **Kolom Tepi LT. 7-9 Dimensi 750 x 750 mm**

– **Penulangan**

$$b = 750 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$P_u = 1785,3166 \text{ kN}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 9 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 9 \text{ BUAH}$$

$$d' = 50 + 12 + 19 / 2$$

$$= 71,50 \text{ mm}$$

$$d_x = 750 - 71,50$$

$$= 679 \text{ mm}$$

$$d_y = 750 - 71,50$$

$$= 679 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah X} = (750 - 2 \times 71,50) : (9 - 1)$$

$$= 76$$

$$\text{Min Spasi} = 76 - 19 = 57 \quad \mathbf{OK}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah Y} = (750 - 2 \times 71,50) : (9 - 1)$$

$$= 76$$

$$\text{Min Spasi} = 76 - 19 = 57 \quad \mathbf{OK}$$

$$\sum \text{Tulangan} = 2 \times (9 - 2) + (9 - 2) + 4$$

$$= 32 \text{ Buah}$$

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{32.3,14 \cdot 19^2}{4} \\
 &= 9.072,9 \text{ mm}^2 \\
 &= \left(\frac{9.072,9}{750.750} \right) \% = 1,61 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 0,1 \cdot A_g \cdot f_c &= \frac{0,1 \times 750 \times 750 \times 30}{1.000} \\
 &= 1687,5 \text{ kN} < P_u 1785,3166 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

• **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.44 Diagram Kolom Arah x

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	9111,9532	0	177,76	1785,3166	7347	732	0,243
2	9111,9532	298,652					
3	8818,0086	514,83					
4	7410,9147	725,18					
5	5630,5175	887,044					
6	3442,0675	988,205					
7	1925,3205	1116,15					
8	175,2335	1090,8					
9	-1820,5837	741,133					
10	-4070,0259	247,926					

- **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.45 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	9111,9532	0	70,0558	1785,3166	7347	288	0,243
2	9111,9532	117,698					
3	8818,0086	202,893					
4	7410,9147	285,792					
5	5630,5175	349,582					
6	3442,0675	389,449					
7	1925,3205	439,872					
8	175,2335	429,88					
9	-1820,5837	292,079					
10	-4070,0259	97,7068					
11	-5067,0249	0					

- **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 750 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$dx = 679 \text{ mm}$$

$$dy = 679 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton}(s) = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 750 \times 750 \\ &= 562500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 1.785,3166 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 185,9120 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 182,2096 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

- **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{1.785,3166}{14 \cdot 562500} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 750 \cdot 679 : 1.000 \\ &= 348,4819 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 32D10 - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 50 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.619,11 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.619,11 \cdot 240 \cdot 679}{100} : 1.000 \\ &= 4.420,02 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 3.619,11 + 4.420,02 \\ &= 4.768,51 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 4.768,51 \text{ kN} > V_u - x = 185,9120 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

- **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{Nu}{14.Ag}\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx \\ \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{1.785,3166}{14.562500}\right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 750 \cdot 679 : 1.000 \\ &= 348,48 \text{ kN}\end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 32D10 – 100

$$\begin{aligned}A_v &= 32 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.619,11 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.619,11 \cdot 240 \cdot 679}{100} : 1.000 \\ &= 4.420,02 \text{ kN}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 348,48 + 4.420,02 \\ &= 4.768,51 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\phi V_n = 4.768,51 \text{ kN} > V_u - y = 182,2096 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengekangan Kolom (*confinement*)**

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 688,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 61,50 \text{ mm}$$

$$b = 750 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton (s)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom (Ag)} = 562500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (bc)} = 658 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (hc)} = 658 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (Ach)} = 432964 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned}Ash1/sx &= 0,3 \times \left(\frac{658 \cdot 30}{420}\right) \times (562500 : 432964 - 1) \\ &= 4,22 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$Ash2/sx = 0,09 \times \left(\frac{658 \cdot 30}{420}\right)$$

$$= 4,23 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 4,23 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (688,50 : 100)) : 1.000$$

$$= 1308,17 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1885,53 \text{ kN}$$

Tulangan Sengkan Arah Y :

$$A_{sh1/sx} = 0,3 \times \left(\frac{658 \cdot 25}{420} \right) \times (562500 : 432964 - 1)$$

$$= 4,22 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{658 \cdot 25}{420} \right)$$

$$= 4,23 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 4,23 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (688,50 : 100)) : 1.000$$

$$= 1308,17 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1885,53 \text{ Kn}$$

- **Kolom Sudut LT. 10-12 Dimensi 600 mm x 600 mm**

– Penulangan

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$P_u = 321,5069 \text{ Kn}$$

$$\text{Selimut beton} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkan} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 10 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 9 \text{ BUAH}$$

$$d' = 50 + 12 + 19 / 2$$

$$= 71,50 \text{ mm}$$

$$dx = 600 - 71,50$$

$$= 529 \text{ mm}$$

$$dy = 600 - 71,50$$

$$= 529 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah X} = (600 - 2 \times 71,50) : (10 - 1)$$

$$= 50,8$$

$$\text{Min Spasi} = 50,8 - 19 = 31,8 \quad \mathbf{OK}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah Y} = (600 - 2 \times 71,50) : (9 - 1)$$

$$= 57,1$$

$$\text{Min Spasi} = 57,1 - 19 = 38,1 \quad \mathbf{OK}$$

$$\Sigma \text{ Tulangan} = 2 \times (10 - 2) + (9 - 2) + 4$$

$$= 34 \text{ Buah}$$

$$A_{st} = \frac{34 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4}$$

$$= 9.640,0 \text{ mm}^2$$

$$= \left(\frac{9.640,0}{600 \cdot 600} \right) \% = 2,7 \quad \%$$

$$0,1 \cdot A_g \cdot f_c = \frac{0,1 \times 600 \times 600 \times 30}{1.000}$$

$$= 1080 \text{ kN} > P_u 321,5069 \text{ kN}$$

– Diagram Interaksi Kolom Arah X

Tabel 4.46 Diagram Kolom Arah x

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	6833,965	0	25,4045	321,5069	2702	213	0,119
2	6833,965	65,529					
3	6626,829	114,64					
4	5552,486	159,19					
5	4189,662	194,09					
6	2522,447	215,36					
7	1369,974	241,26					
8	-7,1791	235,58					
9	-1460,671	159,94					
10	-3091,985	52,822					
11	-3800,269	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.47 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	6833,965	0	85,5328	321,5069	2702	719	0,119
2	6833,965	220,62					
3	6626,829	385,98					
4	5552,486	535,97					
5	4189,662	653,46					
6	2522,447	725,08					
7	1369,974	812,28					
8	-7,1791	793,15					
9	-1460,671	538,48					
10	-3091,985	177,84					
11	-3800,269	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$dx = 529 \text{ mm}$$

$$dy = 529 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton(s)} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom}(A_g) = b \times h$$

$$= 600 \times 600$$

$$= 360.000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 321,5069 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 0,2448 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 0,2541 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{321,5069}{14.360.000} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 360.00.529 : 1.000 \\ &= 217,1174 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 34D10 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 34 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.845,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{S} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.845,31 \cdot 420.529}{100} : 1.000 \\ &= 6.401,57 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 217,1174 + 6.401,57 \\ &= 6.618,6923 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 6.618,6923 \text{ kN} > V_u - x = 0,2448 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dy$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{321,5069}{14.360.000} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 360.00.529 : 1.000 \\ &= 217,1174 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 34D10 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 34 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.845,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dy}{S} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.845,31 \cdot 420.529}{100} : 1.000 \\ &= 6.401,57 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 217,1174 + 6.401,57 \\ &= 6.618,6923 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 6.618,6923 \text{ kN} > V_u - y = 0,2448 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengengkangan Kolom (Confinement)**

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 528,50 \text{ mm}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \text{ mm}$$

$$b = 600 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton}(s) = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Kolom}(A_g) = 360000 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar inti}(b_c) &= 600 - (2 \times 50 + 12) \\ &= 488 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi inti}(h_c) &= 600 - (2 \times 50 + 12) \\ &= 488 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas inti}(A_{ch}) &= 488 \times 488 \\ &= 238.144 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned} A_{sh1}/s_x &= 0,3 \times \left(\frac{488 \cdot 30}{420} \right) \times (360.000 : 238.144 - 1) \\ &= 5,35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2}/s_x &= 0,09 \times \left(\frac{488 \cdot 30}{420} \right) \\ &= 3,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 3 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 3,39 \text{ mm}^2 > 3,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (528,50 : 100) : 1.000 \\ &= 753,13 \text{ kN} < V_{maks} = 1157,89 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$\begin{aligned} A_{sh1}/s_x &= 0,3 \times \left(\frac{488 \cdot 30}{420} \right) \times (360.000 : 238.144 - 1) \\ &= 5,35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2}/s_x &= 0,09 \times \left(\frac{488 \cdot 30}{420} \right) \\ &= 3,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 3 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100$$

$$= 3,39 \text{ mm}^2 > 3,14 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (528,50 : 100) : 1.000$$

$$= 753,13 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1157,89 \text{ kN}$$

• **Kolom Tengah LT. 10 - 12 Dimensi 700 mm x 700 mm**

– Penulangan

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$P_u = 530,0658 \text{ kN}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 11 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 11 \text{ BUAH}$$

$$d' = 50 + 12 + 19 / 2$$

$$= 71,50 \text{ mm}$$

$$d_x = 700 - 71,50$$

$$= 629 \text{ mm}$$

$$d_y = 700 - 71,50$$

$$= 629 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah X} &= (700 - 2 \times 71,50) : (11 - 1) \\ &= 56 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 56 - 19 = 36,70 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (700 - 2 \times 71,50) : (11 - 1) \\ &= 56 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 56 - 19 = 36,70 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{Tulangan} &= 2 \times (11 - 2) + (11 - 2) + 4 \\ &= 40 \text{ Buah} \end{aligned}$$

$$A_{st} = \frac{40 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4}$$

$$= 11.341,1 \text{ mm}^2$$

$$= \left(\frac{11.341,1}{700 \cdot 700} \right) \% = 2,31\%$$

$$0,1.A_g.f_c = \frac{0,1 \times 700 \times 700 \times 30}{1.000}$$

$$= 1470,0 \quad \text{kN} > P_u 530,0658 \quad \text{kN}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.48 Diagram Kolom Arah x

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	7662,715	0	18,4145	530,0658	7682	267	0,069
2	7662,715	197,19					
3	7627,256	371,01					
4	6567,316	551,98					
5	4920,534	692,64					
6	2920,901	760,2					
7	1477,751	838,23					
8	-163,3291	787,18					
9	-1767,022	503,2					
10	-3207,265	163,45					
11	-3800,269	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.49 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	7662,715	0	10,1627	530,0658	7682	147	0,069
2	7662,715	108,83					
3	7627,256	204,75					
4	6567,316	304,63					
5	4920,534	382,26					
6	2920,901	419,54					
7	1477,751	462,61					
8	-163,3291	434,43					
9	-1767,022	277,71					
10	-3207,265	90,205					
11	-3800,269	0					

- **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$dx = 629 \text{ mm}$$

$$dy = 629 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton(s)} = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 700 \times 700 \\ &= 490.000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 530,0658 \text{ kN}$$

$$V_{u-x} = 77,2910 \text{ kN}$$

$$V_{u-y} = 128,7856 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– Geser Arah X

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{530,0658}{14.490.000} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 700 \cdot 629 : 1.000 \\ &= 301,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 40 \text{ D10} - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 40 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 4.523,89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{4.523,89 \cdot 240 \cdot 629}{100} : 1.000 \\ &= 301,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 301,24 + 301,24 \\ &= 5.419,12 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 5.419,12 \text{ kN} > V_{u-x} = 77,2910 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

– Geser Arah Y

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{Pu}{14.A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dy$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{530,0658}{14.490.000} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 700.629 : 1.000 \\ &= 301,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung Vs :

Tulangan Geser Terpasang = 40 D10 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 40 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 4.523,89 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dy}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{4.523,89 \cdot 240 \cdot 629}{100} : 1.000 \\ &= 301,24 \text{ kN} \end{aligned}$$

– Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 301,24 + 301,24 \\ &= 5.419,12 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 5.419,12 \text{ kN} > V_u - y = 77,2910 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

– **Pengekangan Kolom (*confinement*)**

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 638,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 61,50 \text{ mm}$$

$$b = 700 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton (s)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom (A}_g\text{)} = 490.000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (b}_c\text{)} = 608 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (h}_c\text{)} = 608 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (A}_c\text{)} = 369.664 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{608 \cdot 30}{420} \right) \times (490.000 : 369.664 - 1) \\ &= 4,24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{608 \cdot 30}{420} \right) \\ &= 3,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (638,50:100) : 1.000 \\ &= 1.213,17 \text{ kN} < V_{maks} = 1.632,03 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$\begin{aligned} A_{sh1}/s_x &= 0,3 \times \left(\frac{608,30}{420} \right) \times (490.000 : 369.664 - 1) \\ &= 4,24 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2}/s_x &= 0,09 \times \left(\frac{608,30}{420} \right) \\ &= 3,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (638,50:100) : 1.000 \\ &= 1.213,17 \text{ kN} < V_{maks} = 1.632,03 \text{ kN} \end{aligned}$$

- **Kolom Tepi LT. 10-13 Dimensi 600 mm x 750 mm**

- Penulangan

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$P_u = 783,1192 \text{ kN}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 14 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 11 \text{ BUAH}$$

$$\begin{aligned} d' &= 40 + 12 + 19 / 2 \\ &= 71,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d_x = 750 - 71,50$$

$$= 679 \text{ mm}$$

$$dy = 600 - 71,50$$

$$= 529 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah X} = (750 - 2 \times 71,50) : (14 - 1)$$

$$= 47$$

$$\text{Min Spasi} = 47 - 19 = 28 \quad \mathbf{OK}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah Y} = (600 - 2 \times 71,50) : (11 - 1)$$

$$= 46$$

$$\text{Min Spasi} = 46 - 19 = 27 \quad \mathbf{OK}$$

$$\Sigma \text{ Tulangan} = 2 \times (14 - 2) + (11 - 2) + 4$$

$$= 46 \text{ Buah}$$

$$A_{st} = \frac{46 \cdot 3,14 \cdot 19}{4}$$

$$= 13.042,3 \text{ mm}^2$$

$$= \left(\frac{13.042,3}{600 \cdot 750} \right) \% = 2,90 \%$$

$$0,1 \cdot A_g \cdot f_c = \frac{0,1 \times 600 \times 750 \times 30}{1.000}$$

$$= 1.350,0 \text{ kN} < P_u 783,1192 \text{ kN}$$

– Diagram Interaksi Kolom Arah X

Tabel 4.50 Diagram Kolom Arah x

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	8599,689	0	48,3513	783,1192	4375	270	0,179
2	8599,689	86,258					
3	8364,749	147,49					
4	7054,977	206,86					
5	5368,288	254,94					
6	3291,917	286,63					
7	1829,193	325,53					
8	174,9169	322,2					
9	-1643,981	228,51					
10	-3543,608	98,78					
11	-4855,899	0					

- **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.51 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	8599,689	0	203,5402	783,1192	4375	1137	0,179
2	8599,689	363,11					
3	8364,749	620,88					
4	7054,977	870,8					
5	5368,288	1073,2					
6	3291,917	1206,6					
7	1829,193	1370,3					
8	174,9169	1356,3					
9	-1643,981	961,94					
10	-3543,608	415,82					
11	-4855,899	0					

- **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$dx = 679 \text{ mm}$$

$$dy = 529 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton(s)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom}(A_g) = b \times h$$

$$= 600 \times 750$$

$$= 450.000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 783,1192 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 182,5986 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 76,7168 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

- **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{Pu}{14.A_g}\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{783,1192}{14.450.000}\right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 750.679 : 1.000 \\ &= 278,7570 \text{ kN}\end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 46 D10 – 100

$$\begin{aligned}A_v &= 46 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 5.202,48 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{5.202,48 \cdot 240.679}{100} : 1.000 \\ &= 6.353,79 \text{ kN}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 278,7570 + 6.353,79 \\ &= 6.632,54 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\phi V_n = 6.632,54 \text{ kN} > V_u - x = 182,5986 \text{ kN} \quad \mathbf{Ok}$$

– Geser Arah Y

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{Pu}{14.A_g}\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{783,1192}{14.450.000}\right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 600.529 : 1.000 \\ &= 217,13 \text{ kN}\end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 46 D10 – 100

$$\begin{aligned}A_v &= 46 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 5.202,48 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{5.202,48 \cdot 240.529}{100} : 1.000 \\ &= 4.949,12 \text{ kN}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 217,13 + 4.949,12$$

$$= 5.166,25 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 5.166,25 \text{ kN} > V_u - y = 76,7168 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengekangan Kolom (*confinement*)**

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 688,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 61,50 \text{ mm}$$

$$b = 600 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton (s)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom (A}_g\text{)} = 450.000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (b}_c\text{)} = 508 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (h}_c\text{)} = 608 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (A}_c\text{)} = 334.264 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{658 \cdot 30}{420} \right) \times (450.000 : 334.264 - 1) \\ &= 4,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{658 \cdot 30}{420} \right) \\ &= 4,23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan Geser} = 4 \text{ D12} - 100 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 4,23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (688,50 : 100) : 1.000 \\ &= 1.308,17 \text{ kN} < V_{maks} = 1.508,43 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{508 \cdot 30}{420} \right) \times (450.000 : 334.264 - 1) \\ &= 3,77 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{508 \cdot 30}{420} \right) \\ &= 3,27 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,27 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (688,50:100) : 1.000$$

$$= 1.308,17 \text{ kN} < V_{maks} = 1.508,43 \text{ kN}$$

Kolom Sudut LT. 13 - 15 Dimensi 600 mm x 600 mm

– Penulangan

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 10 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 10 \text{ BUAH}$$

$$d' = 50 + 12 + 19 / 2$$

$$= 71,50 \text{ mm}$$

$$dx = 600 - 71,50$$

$$= 529 \text{ mm}$$

$$dy = 600 - 71,50$$

$$= 529 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah X} = (600 - 2 \times 71,50) : (10 - 1)$$

$$= 50,8$$

$$\text{Min Spasi} = 50,8 - 19 = 31,8 \quad \mathbf{OK}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah Y} = (600 - 2 \times 71,50) : (10 - 1)$$

$$= 50,8$$

$$\text{Min Spasi} = 50,8 - 19 = 31,8 \quad \mathbf{OK}$$

$$\sum \text{Tulangan} = 2 \times (10 - 2) + (9 - 2) + 4$$

$$= 36 \text{ Buah}$$

$$A_{st} = \frac{36 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4}$$

$$= 10.207,0 \text{ mm}^2$$

$$= \left(\frac{10.207,0}{600.600} \right) \% = 2,7 \%$$

$$0,1.A_g.f_c = \frac{0,1 \times 600 \times 600 \times 30}{1.000}$$

$$= 1080 \text{ kN} > P_u \text{ 321,5069 kN}$$

- **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.52 Diagram Kolom Arah X

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	6833,965	0	25,4045	321,5069	2702	213	0,119
2	6833,965	65,529					
3	6626,829	114,64					
4	5552,486	159,19					
5	4189,662	194,09					
6	2522,447	215,36					
7	1369,974	241,26					
8	-7,1791	235,58					
9	-1460,671	159,94					
10	-3091,985	52,822					
11	-3800,269	0					

Diagram Interaksi Kolom Arah X

Tabel 4.53 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	6833,965	0	25,4045	321,5069	2702	719	0,119
2	6833,965	220,62					
3	6626,829	385,98					
4	5552,486	535,97					
5	4189,662	653,46					
6	2522,447	725,08					
7	1369,974	812,28					
8	-7,1791	793,15					
9	-1460,671	538,48					
10	-3091,985	167,06					
11	-3800,269	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 600 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm}$$

$$dx = 529 \text{ mm}$$

$$dy = 529 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton(s)} = 50 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 600 \times 600 \\ &= 360000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 321,5069 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 64,3928 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 65,2126 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{321,5069}{14 \cdot 360000} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 600 \cdot 529 : 1.000 \\ &= 217,1174 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 36 \text{ D10} - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 36 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 4.071,50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{4.071,50 \cdot 420 \cdot 529}{100} : 1.000 \\ &= 6.778,14 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 217,1174 + 6.778,14 \\ &= 6.995,256 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\phi V_n = 6.995,256 \text{ kN} > V_u - x = 64,3928 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g}\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot d_y \\ \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{321,5069}{14.360000}\right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 600.529 : 1.000 \\ &= 217,1174 \text{ kN}\end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 36 D10 – 100

$$\begin{aligned}A_v &= 36 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 4.071,50 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot d_y}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{4.071,50 \cdot 420 \cdot 529}{100} : 1.000 \\ &= 6.778,14 \text{ kN}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 217,1174 + 6.778,14 \\ &= 6.995,256 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\phi V_n = 6.995,256 \text{ kN} > V_u - y = 65,2126 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

– **Pengekangan Kolom (*confinement*)**

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 528,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \text{ mm}$$

$$b = 600 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

Selimut Beton (s) = 50 mm

Luas kolom (A_g) = 360000 mm²

Lebar inti (bc) = 488 mm

$$\text{Tinggi Inti (hc)} = 488 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (Ach)} = 238144 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned} \text{Ash1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{488.30}{420} \right) \times (360.000 : 238.144 - 1) \\ &= 5,35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{488.30}{420} \right) \\ &= 3,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan Geser} = 4 \text{ D12} - 100 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{Av/Sx} &= 4 \times \left(\frac{3,14.12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vs} &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (582,50:100)) : 1.000 \\ &= 1.004,17 \text{ kN} < \text{Vmaks} = 1.157,89 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$\begin{aligned} \text{Ash1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{488.30}{420} \right) \times (360.000 : 238.144 - 1) \\ &= 5,35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{488.30}{420} \right) \\ &= 3,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan Geser} = 4 \text{ D12} - 100 \text{ mm}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{Av/Sx} &= 4 \times \left(\frac{3,14.12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vs} &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (582,50:100)) : 1.000 \\ &= 1.004,17 \text{ kN} < \text{Vmaks} = 1.157,89 \text{ kN} \end{aligned}$$

• **Kolom Tengah LT. 13 - 15 Dimensi 650 mm x 650 mm**

– Penulangan

$$b = 650 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 10 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 10 \text{ BUAH}$$

$$\begin{aligned} d' &= 50 + 12 + 19 / 2 \\ &= 71,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= 650 - 71,50 \\ &= 579 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 650 - 71,50 \\ &= 579 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah X} &= (650 - 2 \times 71,50) : (10 - 1) \\ &= 56 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 56 - 19 = 37,33 \text{ OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (650 - 2 \times 71,50) : (10 - 1) \\ &= 56 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 56 - 19 = 37,33 \text{ OK}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{Tulangan} &= 2 \times (10 - 2) + (9 - 2) + 4 \\ &= 36 \text{ Buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{36 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4} \\ &= 10.207,0 \text{ mm}^2 \\ &= \left(\frac{10.207,0}{650 \cdot 650} \right) \% = 2,42 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,1 \cdot A_g \cdot f_c &= \frac{0,1 \times 650 \times 650 \times 30}{1.000} \\ &= 1267,5 \text{ kN} > P_u 336,6496 \text{ kN} \end{aligned}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.54 Diagram Kolom Arah x

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	7662,715	0	88,9313	336,6496	3300	872	0,102
2	7662,715	262,5					
3	7482,685	470,29					
4	6299,718	656,64					
5	4813,331	799,05					
6	3029,055	882,37					
7	1834,329	988,1					
8	411,4105	971,74					
9	-1158,808	668,85					
10	-2911,6	243,97					
11	-3800,269	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.55 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	7662,715	0	25,0753	336,6496	3300	246	0,102
2	7662,715	74,015					
3	7482,685	132,6					
4	6299,718	185,15					
5	4813,331	225,3					
6	3029,055	248,8					
7	1834,329	278,61					
8	411,4105	273,99					
9	-1158,808	188,59					
10	-2911,6	68,789					
11	-3800,269	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 650 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$dx = 579 \text{ mm}$$

$$dy = 579 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton}(s) = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\
 &= 650 \times 650 \\
 &= 422.500 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 336,6496 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 160,4333 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 228,5213 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– Geser Arah X

Hitung ϕV_c :

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx \\
 \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{336,6496}{14.422.500} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 650 \cdot 579 : 1.000 \\
 &= 257,46 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 34 \text{ D10} - 100$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= 34 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\
 &= 3.845,31 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\
 &= 0,75 \cdot \frac{3.845,31 \cdot 240 \cdot 579}{100} : 1.000 \\
 &= 4.004,12 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= V_c + V_s \\
 &= 257,46 + 4.004,12 \\
 &= 4.261,58 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 4.261,58 \text{ kN} > V_u - x = 160,4333 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

– Geser Arah Y

Hitung ϕV_c :

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dy \\
 \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{336,6496}{14.422.500} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 650 \cdot 579 : 1.000 \\
 &= 257,46 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 34 D10 – 100

$$A_v = 34 \times 3,14 \times 12^2 : 4$$

$$= 3.845,31 \text{ mm}^2$$

$$\phi V_s = \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot d \cdot x}{s}$$

$$= 0,75 \cdot \frac{3.845,31 \cdot 240 \cdot 579}{100} : 1.000$$

$$= 4.004,12 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 257,46 + 4.004,12$$

$$= 4.261,58 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 4.261,58 \text{ kN} > V_u - x = 228,5213 \text{ kN} \quad \mathbf{OK}$$

– **Pengekangan Kolom (*confinement*)**

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 588,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 61,50 \text{ mm}$$

$$b = 650 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton (s)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom (A}_g\text{)} = 422.500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (b}_c\text{)} = 558 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (h}_c\text{)} = 558 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (A}_c\text{)} = 311.364 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkan Arah X :

$$A_{sh1/sx} = 0,3 \times \left(\frac{558 \cdot 30}{420} \right) \times (422.500 : 311.364 - 1)$$

$$= 4,27 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{558 \cdot 30}{420} \right)$$

$$= 3,59 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,59 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (558,50:100) : 1.000 \\
 &= 1118,17 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1396,78 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$\begin{aligned}
 A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{558.30}{420}\right) \times (422.500 : 311.364 - 1) \\
 &= 4,27 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{558.30}{420}\right) \\
 &= 3,59 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}\right) : 100 \\
 &= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,59 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (558,50:100) : 1.000 \\
 &= 1118,17 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1396,78 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

• **Kolom Tepi LT. 10-13 Dimensi 750 mm x 750 mm**

– Penulangan

$$b = 750 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ mm}$$

$$\text{Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$\text{Tulangan} = 19 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 9 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 9 \text{ BUAH}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= 50 + 12 + 19 / 2 \\
 &= 71,50 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dx &= 750 - 71,50 \\
 &= 679 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 dy &= 750 - 71,50 \\
 &= 679 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spasi Tulangan arah X} &= (750 - 2 \times 71,50) : (9 - 1) \\
 &= 76
 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 76 - 19 = 57 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (750 - 2 \times 71,50) : (9 - 1) \\ &= 76 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 76 - 19 = 57 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} \Sigma \text{ Tulangan} &= 2 \times (9 - 2) + (9 - 2) + 4 \\ &= 32 \text{ Buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{32 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4} \\ &= 9.072,9 \text{ mm}^2 \\ &= \left(\frac{9.072,9}{750 \cdot 750} \right) \% = 1,61 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,1 \cdot A_g \cdot f_c &= \frac{0,1 \times 750 \times 750 \times 30}{1.000} \\ &= 1687,5 \text{ kN} > P_u \quad 441,9178 \text{ kN} \end{aligned}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.56 Diagram Kolom Arah x

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	6930,294	0	40,3378	441,9178	2042	219	0,184
2	6930,294	64,252					
3	6756,455	111,02					
4	5664,245	157,83					
5	4235,637	194,17					
6	2468,023	217,16					
7	1159,022	245,39					
8	-379,5061	238,07					
9	-1940,294	159,46					
10	-3400,315	62,271					
11	-4222,521	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.57 Diagram Kolom Arah y

Point	Diagram Interaksi		Beban terfaktor		kapasitas		
	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	M3 kN/m	Pu kN/m	ϕP_n kN	ϕM_n Kn/m	Rasio
1	6930,294	0	157,2132	441,9178	2042	854	0,184
2	6930,294	250,42					
3	6756,455	432,69					
4	5664,245	615,13					
5	4235,637	756,75					
6	2468,023	846,35					
7	1159,022	956,4					
8	-379,5061	927,86					
9	-1940,294	621,48					
10	-3400,315	242,7					
11	-4222,521	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 30 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 240 \text{ Mpa}$$

$$b = 750 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm}$$

$$dx = 679 \text{ mm}$$

$$dy = 679 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut beton(s)} = 40 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 750 \times 750 \\ &= 562.500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Tulangan Sengkang} = 12 \text{ mm}$$

$$P_u = 441,9178 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 126,3138 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 72,4419 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14 A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{441,9178}{14 \cdot 562.500} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 750 \cdot 679 : 1.000 \\ &= 348,4224 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 34D10 - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 34 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.845,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.845,31 \cdot 240 \cdot 679}{100} : 1.000 \\ &= 4.696,28 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 348,4224 + 4.696,28 \end{aligned}$$

$$= 5.044,70 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 5.044,70 \text{ kN} > V_u - x = 126,3138 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{P_u}{14.A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx$$

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{441,9178}{14.562.500} \right) \cdot \frac{\sqrt{30}}{6} \cdot 750.679 : 1.000 \\ &= 348,4224 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 34D10 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 34 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.845,31 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dy}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.845,31 \cdot 240.679}{100} : 1.000 \\ &= 4.696,28 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 348,4224 + 4.696,28 \\ &= 5.044,70 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 5.044,70 \text{ kN} > V_u - x = 126,3138 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengekangan Kolom (*confinement*)**

$$f_c = 30 \text{ Mpa} \quad d = 685,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 64,50 \text{ mm}$$

$$b = 750 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 750 \text{ mm} \quad d_t = 25 \text{ mm}$$

$$\text{Selimut Beton (s)} = 40 \text{ mm}$$

$$\text{Luas kolom (A}_g\text{)} = 562.500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (b}_c\text{)} = 658 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (h}_c\text{)} = 658 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (A}_c\text{)} = 439.264 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{658 \cdot 30}{420} \right) \times (562.500 : 439.264 - 1) \\ &= 4,22 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{658 \cdot 30}{420} \right) \\ &= 4,23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 4,23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (685,50 : 100) : 1.000 \\ &= 1302,47 \text{ kN} < V_{maks} = 1.877,32 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{658 \cdot 30}{420} \right) \times (562.500 : 439.264 - 1) \\ &= 4,22 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{658 \cdot 30}{420} \right) \\ &= 4,23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

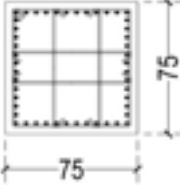
Tulangan Geser = 4 D12 – 100

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 4,23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

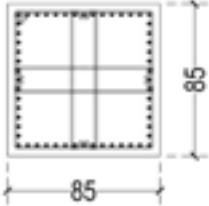
$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (685,50 : 100) : 1.000 \\ &= 1302,47 \text{ kN} < V_{maks} = 1.877,32 \text{ kN} \end{aligned}$$

- Detail Penulangan Kolom Sudut Lt 1-3 750 x 750 mm

DETAIL KOLOM	
K. SUDUT LT 1-3	
	
TUL POKOK	4Ø19
TUL PINGGANG	-
BEGEL TUMPUAN	Ø12 - 100
BEGEL LAPANGAN	Ø12 - 150
SELIMUT BETON	50

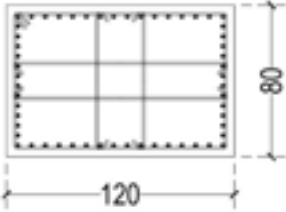
Gambar 4. 29 Penulangan Kolom Sudut Lt 1-3

- Detail Penulangan Kolom Tengah Lt 1 – 3 850 x 850 mm

DETAIL KOLOM	
K. TENGAH LT 1-3	
	
TUL POKOK	5Ø19
TUL PINGGANG	
BEGEL TUMPUAN	Ø12 - 100
BEGEL LAPANGAN	Ø12 - 150
SELIMUT BETON	50

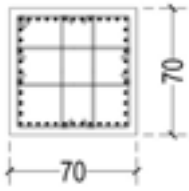
Gambar 4. 30 Penulangan Kolom Tengah Lt 1-3

- Detail Penulangan Kolom Tepi Lt 1-3 800 x 1200 mm

DETAIL KOLOM	
K. TEPI LT 1-3	
	
TUL POKOK	5 ϕ 19
TUL PINGGANG	
BEGEL TUMPUAN	ϕ 12 - 100
BEGEL LAPANGAN	ϕ 12 - 150
SELIMUT BETON	50

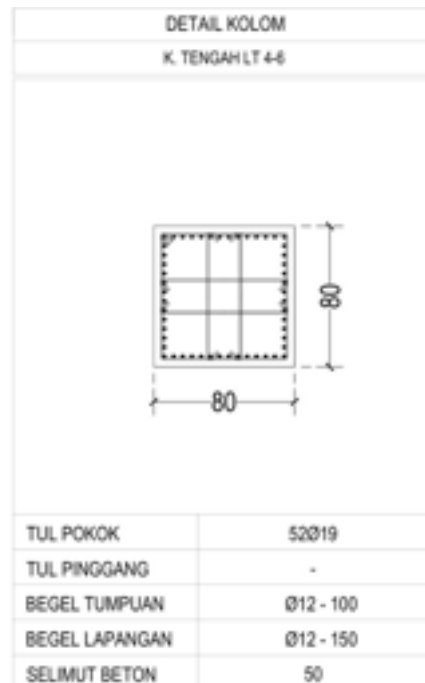
Gambar 4. 31 Detail Penulangan Kolom Tepi Lt 1-3

- Detail Penulangan Kolom Sudut Lt 4-6 700 x 700 mm

DETAIL KOLOM	
K. SUDUT LT 4-6	
	
TUL POKOK	4 ϕ 19
TUL PINGGANG	-
BEGEL TUMPUAN	ϕ 12 - 100
BEGEL LAPANGAN	ϕ 12 - 150
SELIMUT BETON	50

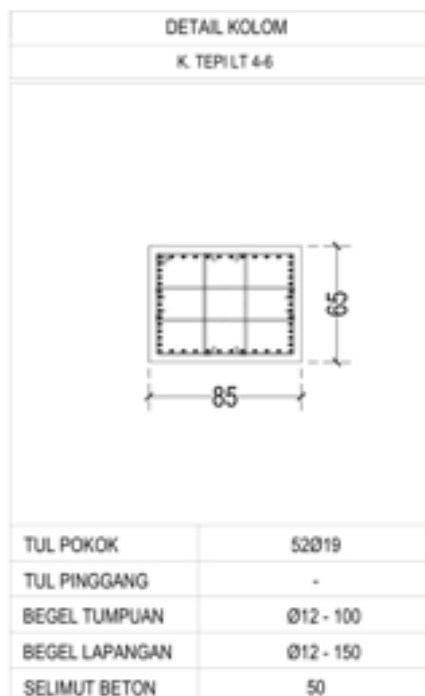
Gambar 4. 32 Detail Penulangan Kolom Sudut Lt 4-6

- Detail Penulangan Kolom Tengah Lt 4-6 800 x 800 mm



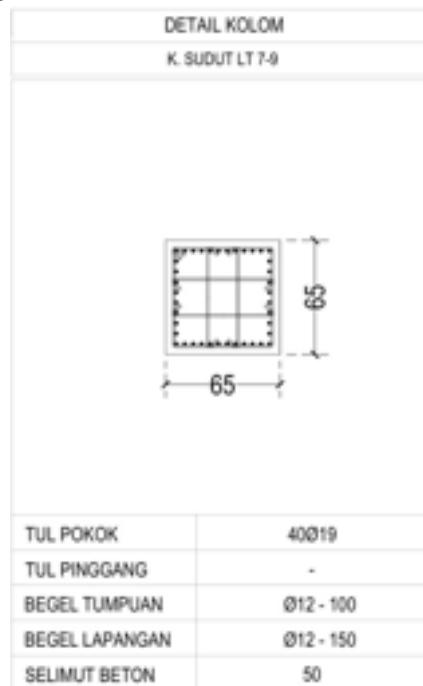
Gambar 4. 33 Detail Penulangan Kolom Tengah Lt 4-6

- Detail Penulangan Kolom Tepi Lt 4-6 650 x 850 mm



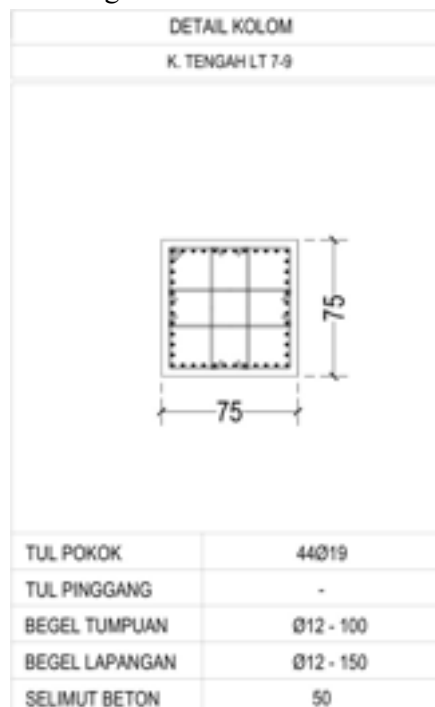
Gambar 4. 34 Detail Penulangan Kolom Tepi Lt 4-6

- Detail Penulangan Kolom Sudut Lt 7-9 650 x 650 mm



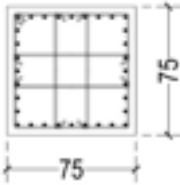
Gambar 4. 35 Detail Penulangan Kolom Sudut Lt 7-9

- Penulangan Kolom Tengah Lt 7-9 750 x 750 mm



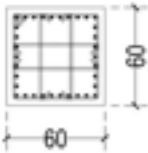
Gambar 4. 36 Detail Penulangan Kolom Tengah Lt 7-9

- Penulangan Kolom Tepi Lt 7-9 750 x 750 mm

DETAIL KOLOM	
K. TEPI LT 7-9	
	
TUL POKOK	32Ø19
TUL PINGGANG	-
BEGEL TUMPUAN	Ø12 - 100
BEGEL LAPANGAN	Ø12 - 150
SELIMUT BETON	50

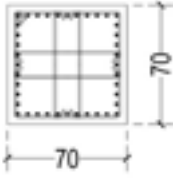
Gambar 4. 37 Detail Penulangan Kolom Tepi Lt 7-9

- Penulangan Kolom Sudut Lt 10-12 600 x 600 mm

DETAIL KOLOM	
K. SUDUT LT 10-12	
	
TUL POKOK	32Ø19
TUL PINGGANG	-
BEGEL TUMPUAN	Ø12 - 100
BEGEL LAPANGAN	Ø12 - 150
SELIMUT BETON	50

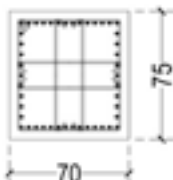
Gambar 4. 38 Detail Penulangan Kolom 10-12

- Penulangan Kolom Tengah Lt 10-12 700 x 700 mm

DETAIL KOLOM	
K. TENGAH LT 10-12	
	
TUL POKOK	4Ø19
TUL PINGGANG	-
BEGEL TUMPUAN	Ø12 - 100
BEGEL LAPANGAN	Ø12 - 150
SELIMUT BETON	50

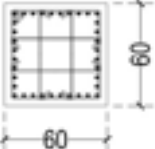
Gambar 4. 39 Detail Penulangan Kolom Tengah Lt 10-12

- Penulangan Kolom Tepi Lt 10-12 750 x 700 mm

DETAIL KOLOM	
K. TEPI LT 10-12	
	
TUL POKOK	4Ø19
TUL PINGGANG	-
BEGEL TUMPUAN	Ø12 - 100
BEGEL LAPANGAN	Ø12 - 150
SELIMUT BETON	50

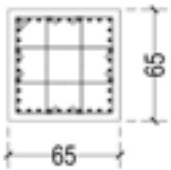
Gambar 4. 40 Detail Penulangan Kolom Tepi Lt 10-12

- Penulangan Kolom Sudut Lt 13-15 600 x 600 mm

DETAIL KOLOM	
K. SUDUT LT 13-15	
	
TUL POKOK	36Ø19
TUL PINGGANG	-
BEGEL TUMPUAN	Ø12 - 100
BEGEL LAPANGAN	Ø12 - 150
SELIMUT BETON	50

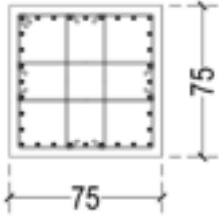
Gambar 4. 41 Detail Penulangan Kolom Sudut Lt 13-15

- Penulangan Kolom Tengah Lt 13-15 650x 650 mm

DETAIL KOLOM	
K. TENGAH LT 13-15	
	
TUL POKOK	36Ø19
TUL PINGGANG	-
BEGEL TUMPUAN	Ø12 - 100
BEGEL LAPANGAN	Ø12 - 150
SELIMUT BETON	50

Gambar 4. 42 Detail Penulangan Kolom Tengah Lt 13-15

- Penulangan Kolom Tepi Lt 13-15 750 x 750 mm

DETAIL KOLOM	
K. TEPI LT 13-15	
	
TUL POKOK	32Ø19
TUL PINGGANG	-
BEGEL TUMPUAN	Ø12 - 100
BEGEL LAPANGAN	Ø12 - 150
SELIMUT BETON	50

Gambar 4. 43 Detail Penulangan Kolom Tepi Lt 13-15

4.7 Pembahasan

Dalam proses perancangan struktur, SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung digunakan sebagai acuan utama. Standar ini memberikan ketentuan mengenai prosedur perencanaan struktur tahan gempa, meliputi penentuan klasifikasi wilayah gempa, kategori risiko bangunan, serta pemilihan sistem struktur yang sesuai berdasarkan tingkat bahaya gempa yang ditinjau. Dengan mengacu pada ketentuan dalam SNI 1726:2019, dilakukan analisis untuk memperoleh parameter-parameter perencanaan yang diperlukan. Hasil analisis tersebut selanjutnya menjadi dasar dalam pembahasan yang diuraikan sebagai berikut:

1. Pada Hasil Analisis (T) mengenai perioda ragam getar dan frekuensi dalam kondisi un-crack, hasil Analisa getar bebas yang diperoleh adalah T_{cx} sebesar 1,16 sec. dan T_{cy} sebesar 1,39 sec. dengan nilai maksimum $C_u.T_a$ yang dihasilkan sebesar 2,046 dan menggunakan $T_x = 1,4617$ sec. dan $T_y = 1,4617$ sec. Berdasarkan ketentuan SNI 1726-2019 pasal 7.8.2 tidak boleh melewati hasil perkalian koefisien untuk batasa atas periode yang dihitung.

Tabel 4. 58 Periode Ragam Getar

Periode Ragam Getar (T)	T_{cx}	T_{cy}
Un-crack	1,16sec	1,39sec
Crack	1,4617sec	1,4617sec

Sumber : Hasil Analisa

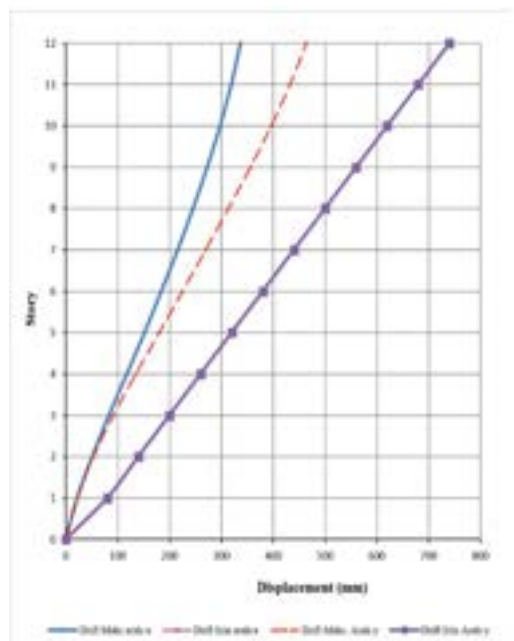
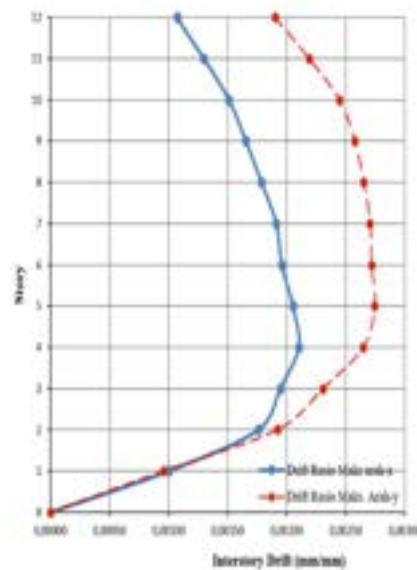
2. Pada Hasil Analisis Base shear setelah terkoreksi nilai V_{nx} dan V_{ny} sudah sesuai 100% sama dengan Berdasarkan SNI 1726:2019 Ps 7.9.4.1 bila digunakan Analisa Respon Spektrum maka besar geser dasar Harus $\geq 100\%$ V_n untuk arah X dan Y.

Tabel 4. 59 Base Shear Terkoreksi 100%

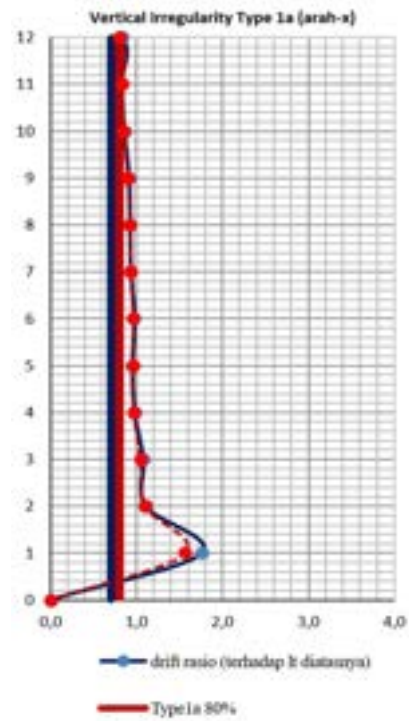
Base Shear (Kn)	Statik	100 %	Kontrol
Vnx	5390,3212	100	Memenuhi
Respom Spektrum	5390,1664		
Vny	5390,3212	100	Memenuhi
Respon Spektrum	5290,1996		

Sumber: Hasil Analisis

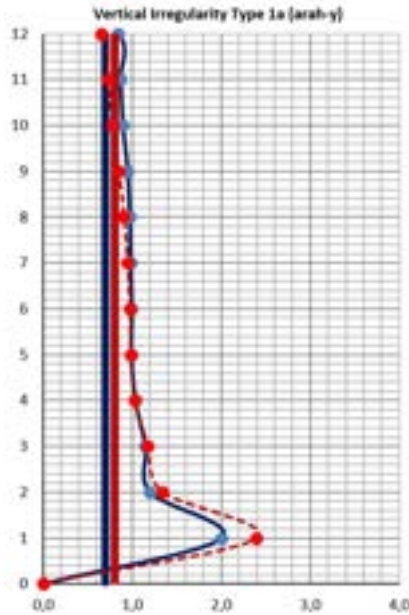
3. Sesuai ketentuan Story drift ini telah memenuhi Dimana didapat drift arah X dan Y tidak boleh melebihi drift izin maksimal F

**Gambar 4. 44** Grafik Simpangan atau Displacement antar tingkat**Gambar 4. 45** Grafik Interstory Drift antar tingkat

4. Pada hasil Analisis Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak 1a 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 yang telah sesuai Berdasarkan SNI 1726:2019 Ps 7.8.6

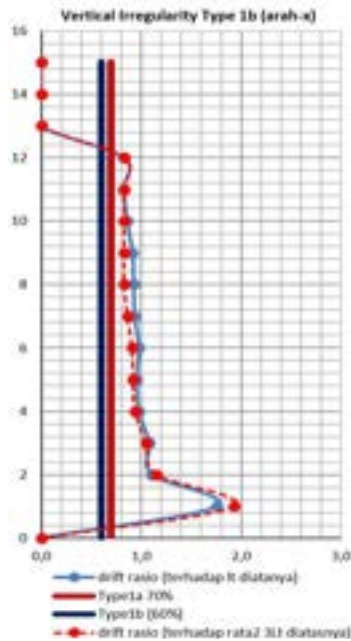


Gambar 4. 46 Grafik Analisis Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a (arah-x)

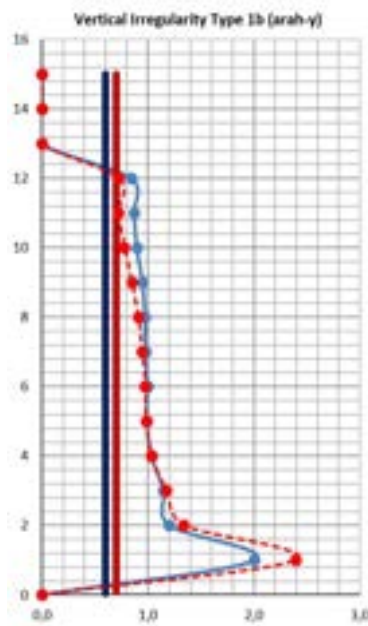


Gambar 4. 47 Grafik Analisis Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1a (arah-y)

5. Pada hasil Analisis Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak 1a 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 yang telah sesuai Berdasarkan SNI 1726:2019 Ps 7.8.6

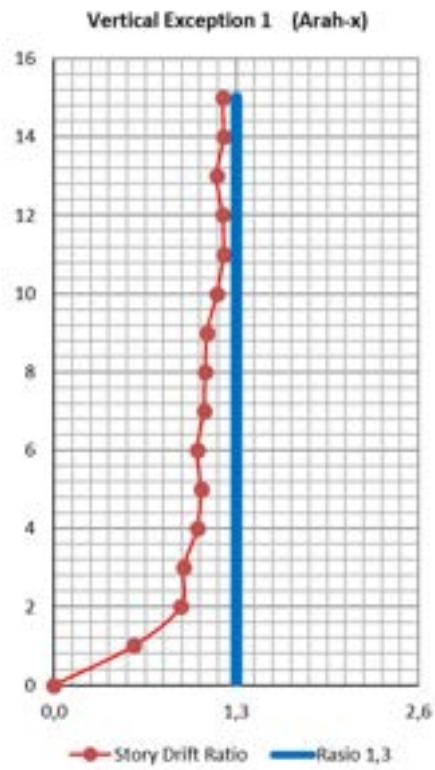


Gambar 4. 49 Grafik Analisis Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b (arah-x)

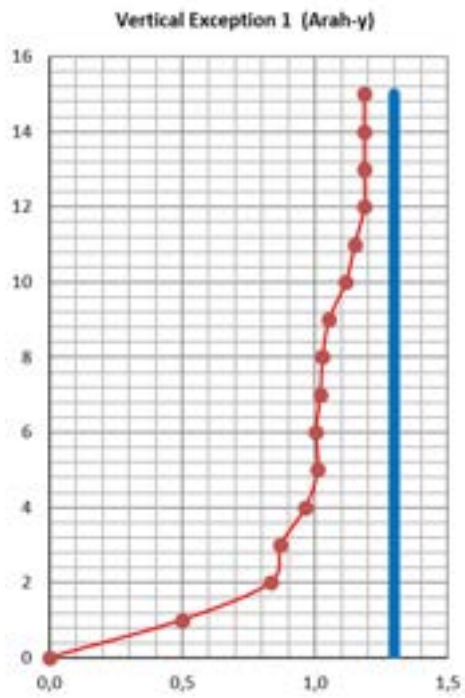


Gambar 4. 48 Grafik Analisis Ketidakberaturan Vertikal Tipe 1b (arah-y)

6. Pada Hasil Analisis Pengaruh P-delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang diakibatkannya tidak perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari 0,10, sesuai dengan ketentuan pada SNI 1727:2019 Ps 7.8.7.
7. Pada Hasil Analisis menunjukkan bahwa struktur memiliki ketidakberaturan vertical 1a dan 1b, Berdasarkan SNI 1726:2019 Ps 7.3.2 Tabel 16 Ketidakberaturan Vertikal didefinisikan ada jika dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130 % dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismic tingkat didekatnya.



Gambar 4. 50 Grafik Analisis Vertical Exception (arah-x)



Gambar 4. 51 Grafik Analisis Vertical Exception (arah-y)

Untuk desain elemen struktural seperti Pelat Lantai, Balok , dan Kolom digunakan pedoman dari SNI 2847:2019 yang mengatur tata cara perencanaan struktur beton untuk bangunan gedung. Standar ini digunakan dalam menentukan ukuran elemen, jumlah dan penempatan tulangan, serta detailing struktur agar memenuhi syarat kekuatan dan kelenturan, berdasarkan hasil analisis yang mengacu pada SNI 2847:2019 dapat ditarik pembahasanya sebagai berikut :

Tabel 4. 60 Analisis Komponen Struktur Pelat Lantai

Pelat Lantai			
Keterangan	Hasil Analisa	Hasil Output (Etabs)	Syarat
	ϕM_n (kN.m)	M_u (kN.m)	$\phi M_n \geq M_u$
Tumpuan	16,37	3	Memenuhi
Lapangan	16,33	4	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa nilai $M_n > M_u$, yang berarti pelat lantai tersebut telah memiliki kapasitas lentur yang cukup untuk menahan momen akibat beban rencana. Nilai M_n menggambarkan kemampuan maksimum elemen pelat untuk menahan momen sebelum mengalami keruntuhan, sedangkan M_u adalah nilai momen yang bekerja akibat kombinasi beban faktorial yang ditentukan dalam peraturan pembebanan.

Tabel 4. 61 Analisis Komponen Struktur Balok B1

Balok B1			
	ϕM_n (kN.m)	M_u (kN.m)	$\phi M_n \geq M_u$
Tumpuan	221,84	160,49	Memenuhi
Lapangan	113,14	52,16	Memenuhi
Geser	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
	336,85	37,25	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa nilai $M_n > M_u$, dimana Balok tersebut terbukti telah memiliki kapasitas lentur yang cukup untuk menahan momen akibat beban rencana. Untuk Kapasitas Geseer juga telah diperoleh bahwa nilai $V_n > V_u$, yang menunjukkan bahwa kapasitas geser penampang telah memenuhi syarat keamanan struktural sesuai dengan ketentuan SNI 2847:2019.

Tabel 4. 42 Analisis Komponen Struktur Balok B2

Balok B2			
	ϕM_n (kN.m)	M_u (kN.m)	$\phi M_n \geq M_u$
Tumpuan	220,73	156,60	Memenuhi
Lapangan	220,73	146,44	Memenuhi
Geser	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
	512,24	42,94	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa nilai $M_n > M_u$, yang berarti Balok tersebut telah memiliki kapasitas lentur yang cukup untuk menahan momen akibat beban rencana. Untuk Kapasitas Geseer diperoleh bahwa nilai $V_n > V_u$, yang menunjukkan bahwa kapasitas geser penampang telah memenuhi syarat keamanan struktural sesuai dengan ketentuan SNI 2847:2019.

Tabel 4. 62 Analisis Komponen Struktur Balok B3

Balok B3			
	ϕM_n (kN.m)	M_u (kN.m)	$\phi M_n \geq M_u$
Tumpuan	219,30	194,22	Memenuhi
Lapangan	219,30	52,20	Memenuhi
Geser	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
	495,65	33,63	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

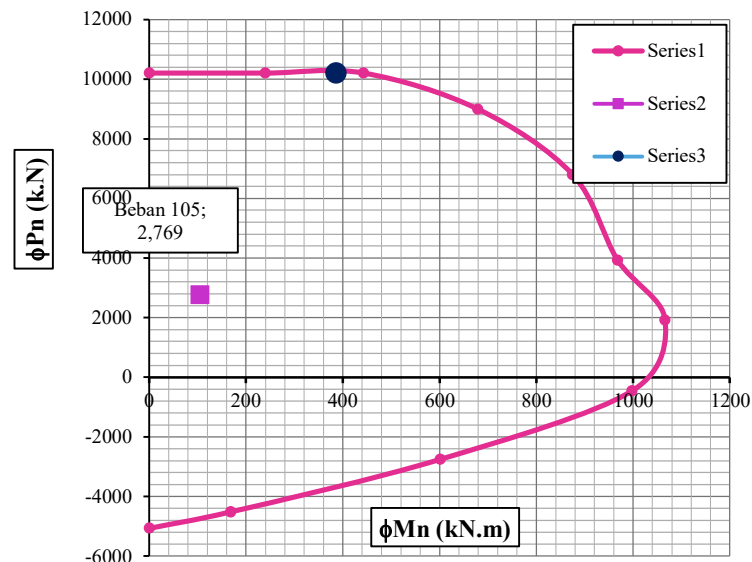
Berdasarkan hasil analisis, diperoleh bahwa nilai $M_n > M_u$, yang berarti Balok tersebut telah memiliki kapasitas lentur yang cukup untuk menahan momen akibat beban rencana. Untuk Kapasitas Geseer diperoleh bahwa nilai $V_n > V_u$, kapasitas geser penampang telah memenuhi syarat keamanan struktural sesuai dengan ketentuan SNI

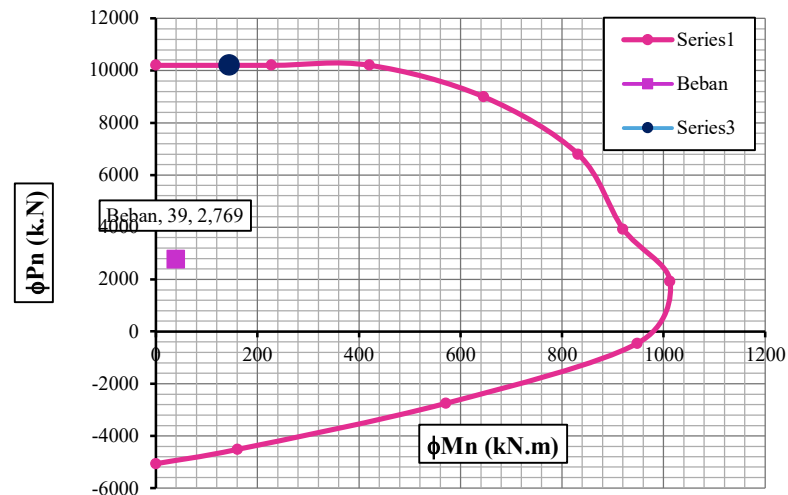
Tabel 4. 63 Analisa Kolom Sudut 1-3 750 x 750 mm

K1			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	1.687,5	2.769,31	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	11.951,09	114,5752	Memenuhi
Y	11.951,09	73,4167	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1289,17	1858,15	Memenuhi
Y	1289,17	1858,15	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019

**Gambar 4. 52** Diagram interaksi pada kolom Arah X



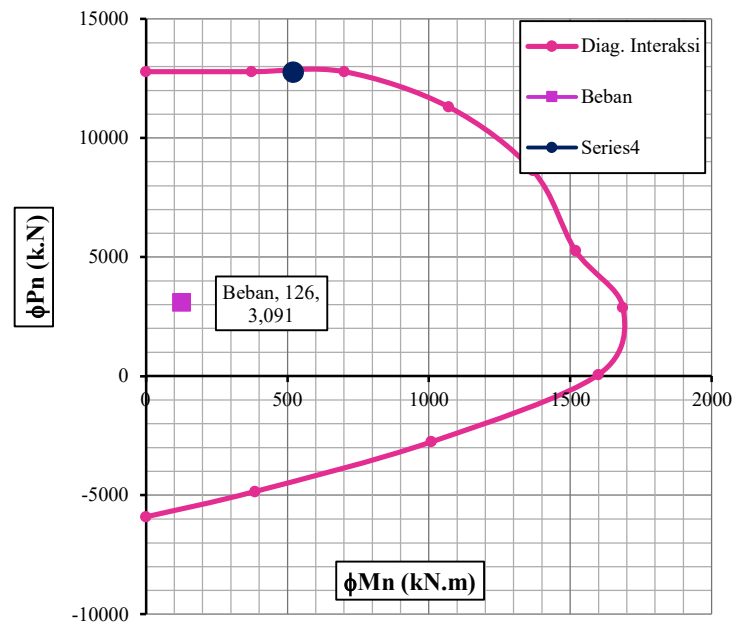
Gambar 4. 53 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

Tabel 4. 64 Analisa Kolom Tengah 1-3 850 x 850 mm

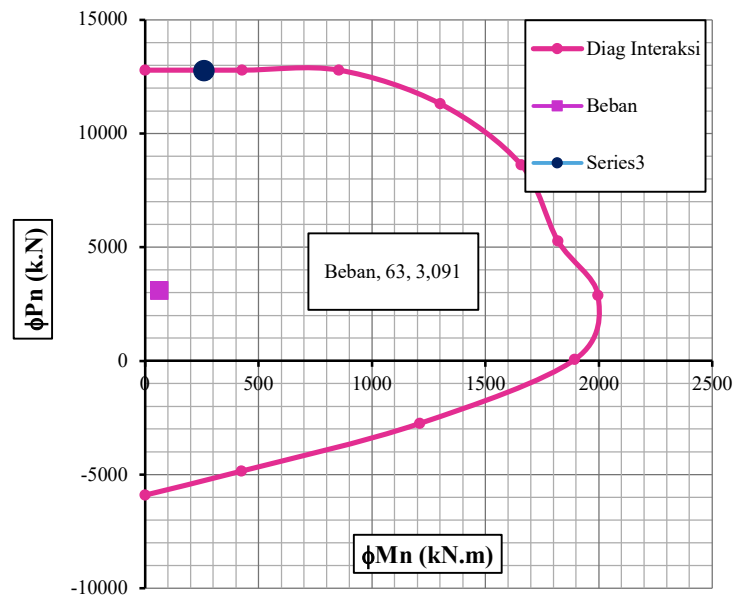
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	2167,5	3090,87	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	9.328,26	88,4916	Memenuhi
Y	9.328,26	201,1663	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1848,97	2416,28	Memenuhi
Y	1848,97	2416,28	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.



Gambar 4. 54 Diagram interaksi pada kolom Arah X



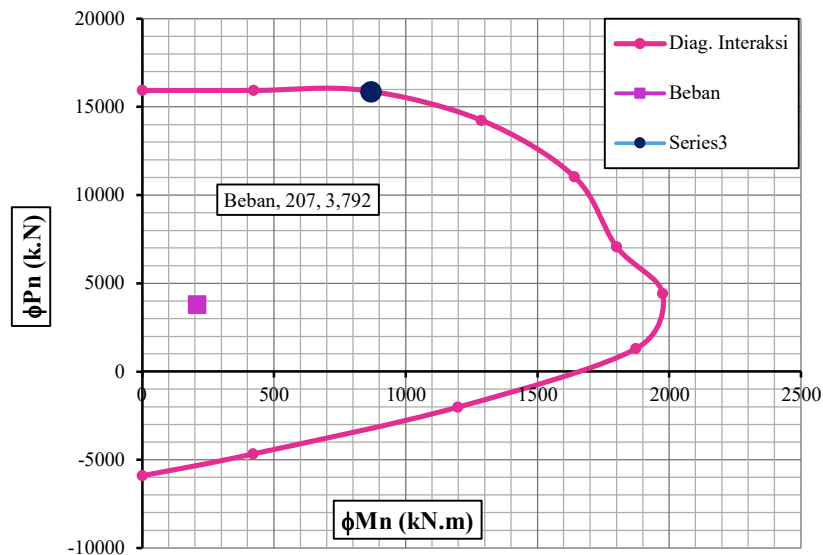
Gambar 4. 55 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

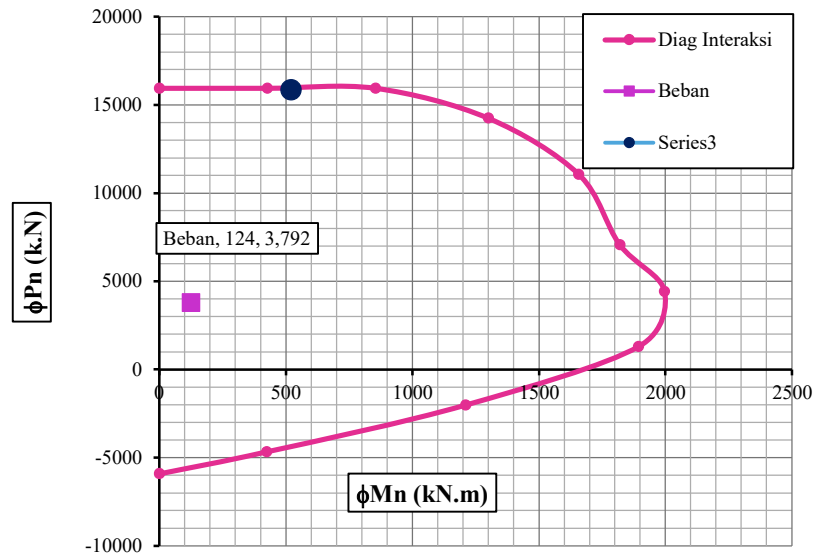
Tabel 4. 65 Analisa Kolom Tepi 1-3 800 x 1200 cm

K1			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	2880	3791	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	8.903,75	126,5118	Memenuhi
Y	13.792,56	205,3076	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1384,18	3192,13	Memenuhi
Y	2422,31	3192,13	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.

**Gambar 4. 56** Diagram interaksi pada kolom Arah X



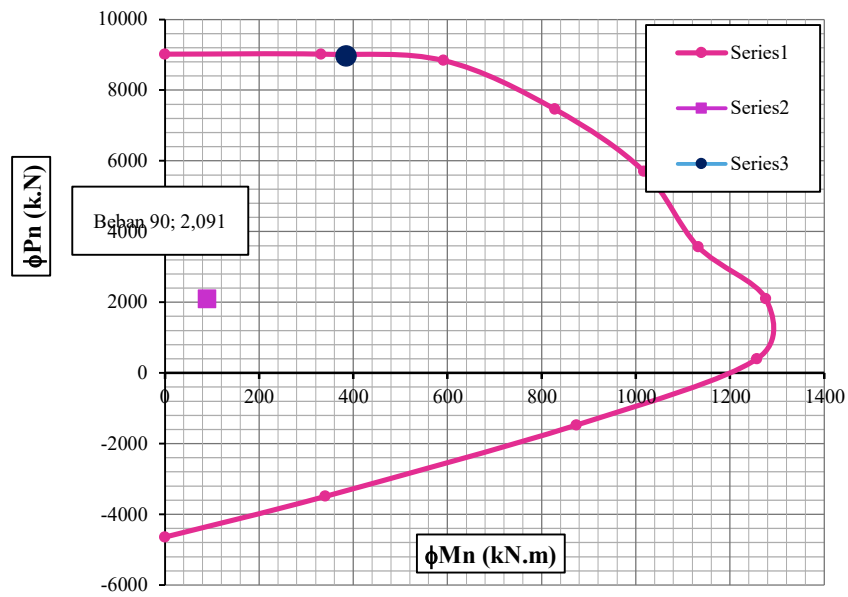
Gambar 4. 57 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

Tabel 4. 66 Analisa Kolom Sudut 4-6 700 x 700 mm

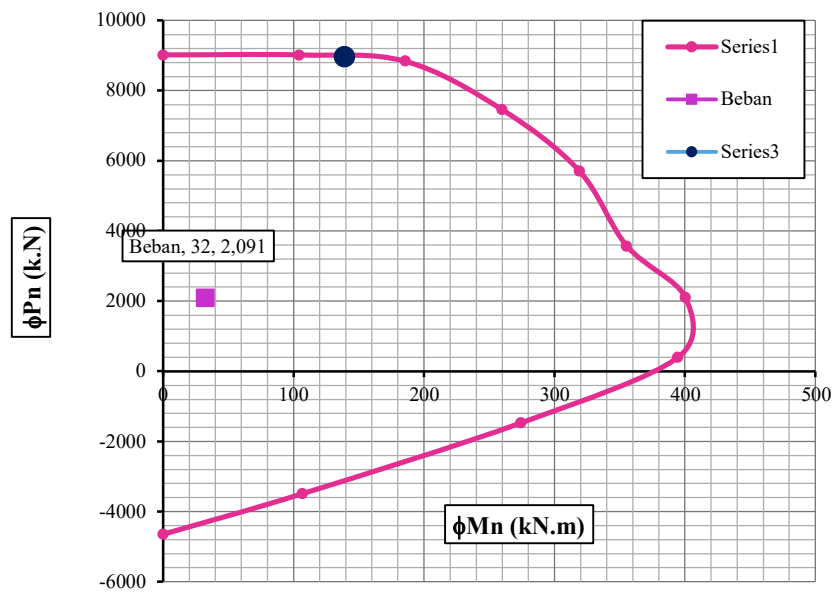
K1			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	1470	2090,54	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	10.153,22	131,6233	Memenuhi
Y	10.153,22	105,0002	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1194,17	1606,47	Memenuhi
Y	1194,17	1606,47	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.



Gambar 4. 58 Diagram interaksi pada kolom Arah X



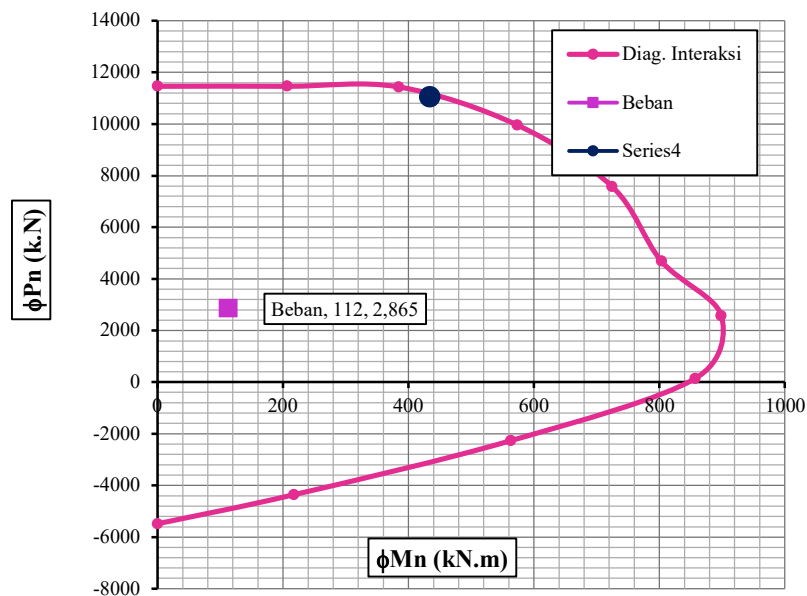
Gambar 4. 59 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

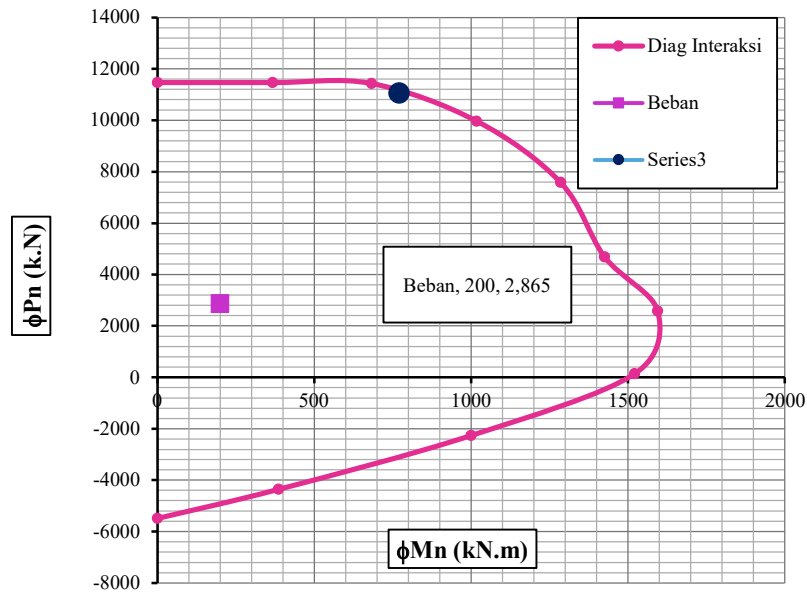
Tabel 4. 67 Analisa Kolom Tengah 4-6 800 x 800 mm

K1			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	1920	2865,14	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	8.110,98	188,9067	Memenuhi
Y	8.110,98	163,2451	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1394,18	2128,08	Memenuhi
Y	1394,18	2128,08	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.

**Gambar 4. 60** Diagram interaksi pada kolom Arah X



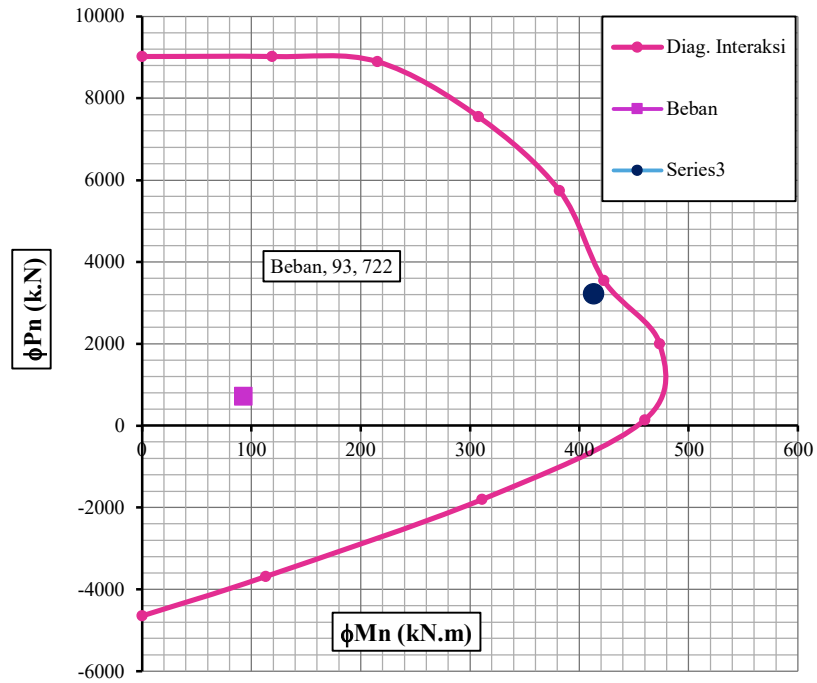
Gambar 4. 61 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

Tabel 4. 68 Analisa Kolom Tepi 4-6 650 x 850 mm

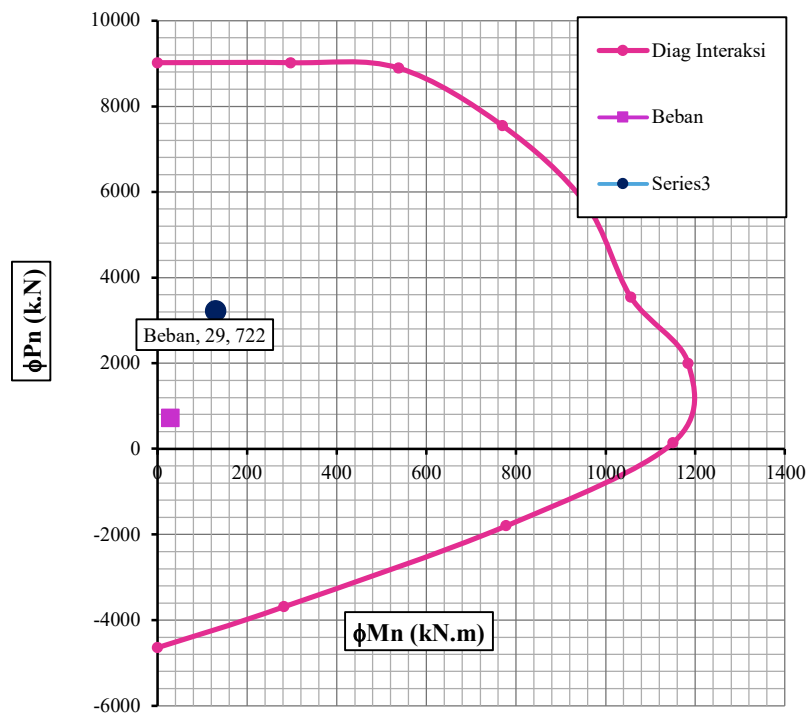
K1			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	1657,5	2358,62	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	7.167,25	131,6322	Memenuhi
Y	9.645,13	163,2451	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1366,84	1786,21	Memenuhi
Y	1394,18	1786,21	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.



Gambar 4. 62 Diagram interaksi pada kolom Arah X



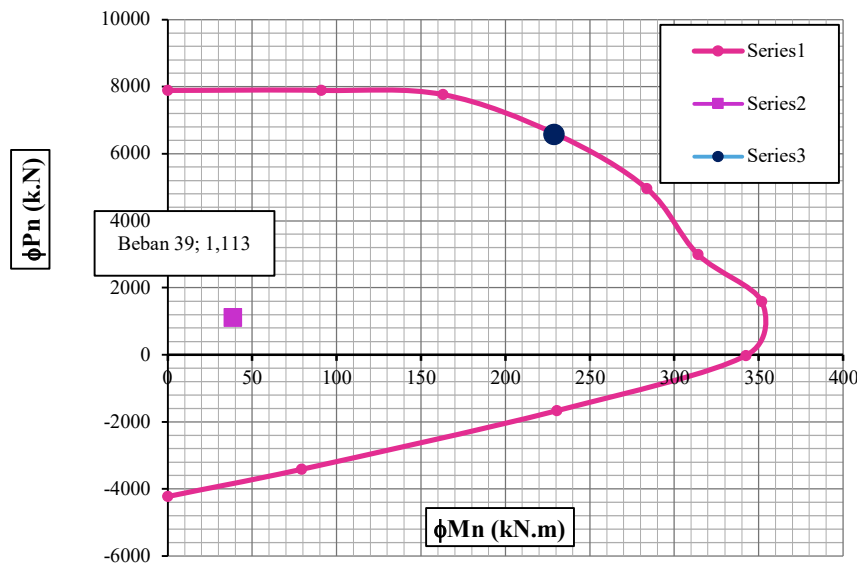
Gambar 4. 63 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

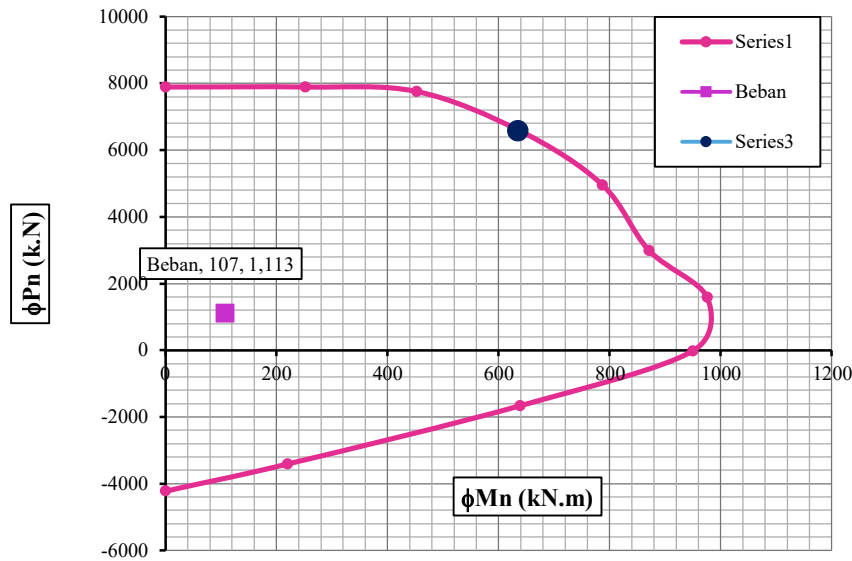
Tabel 4. 69 Analisa Kolom Sudut 7-9 650 x 650 mm

K1			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	1268	1112,57	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	8.501,27	72,1204	Memenuhi
Y	8.501,27	94,0546	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1099,17	1373,05	Memenuhi
Y	1099,17	1373,05	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.

**Gambar 4. 64** Diagram interaksi pada kolom Arah X



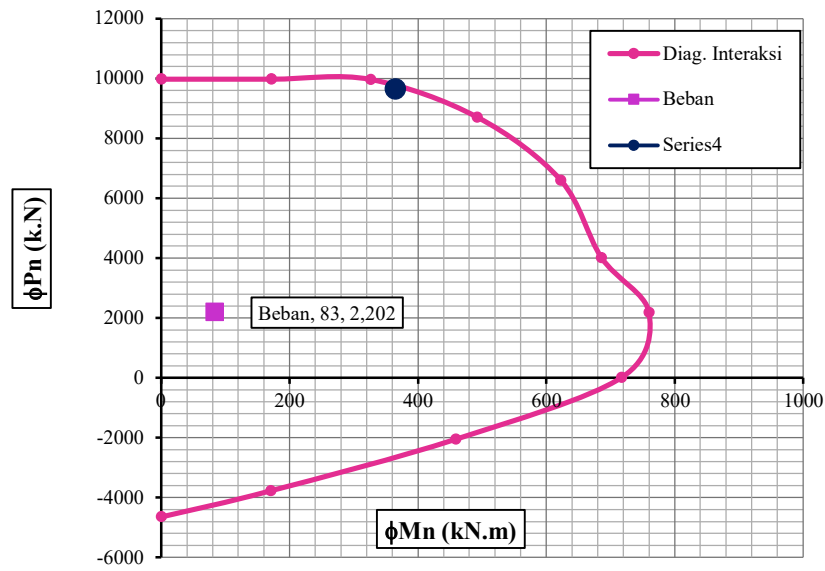
Gambar 4. 65 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

Tabel 4. 70 Analisa Kolom Tengah 7-9 750 x 750 mm

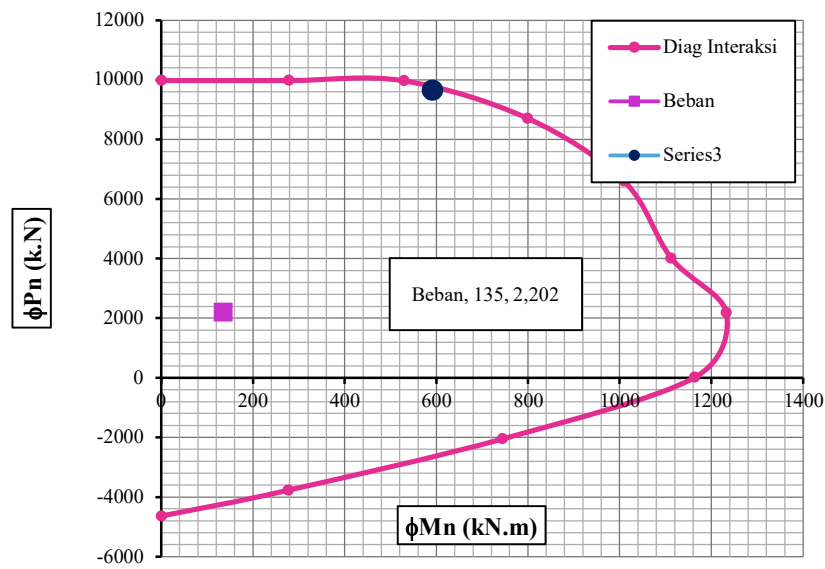
K1			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	1687,5	2202,11	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	7.531,04	173,28	Memenuhi
Y	7.531,04	126,98	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1308,17	1885,53	Memenuhi
Y	1308,17	1885,53	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.



Gambar 4. 66 Diagram interaksi pada kolom Arah X



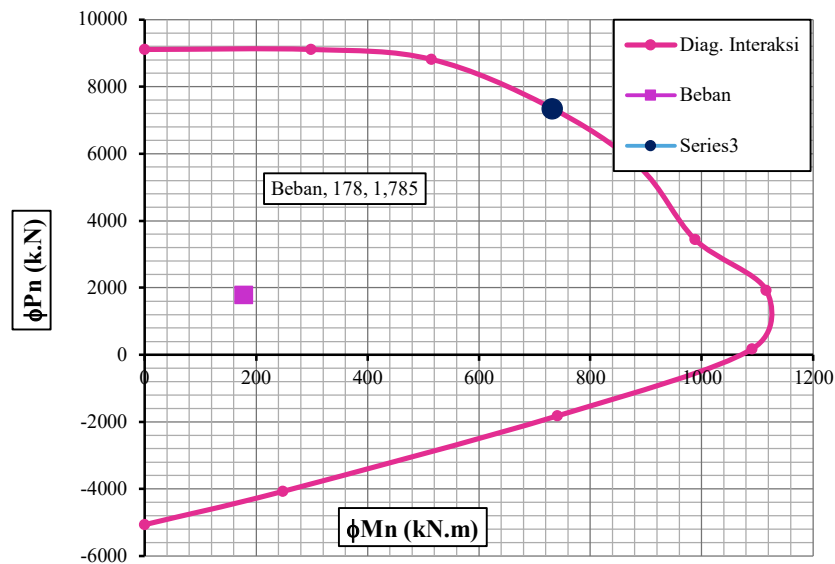
Gambar 4. 67 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

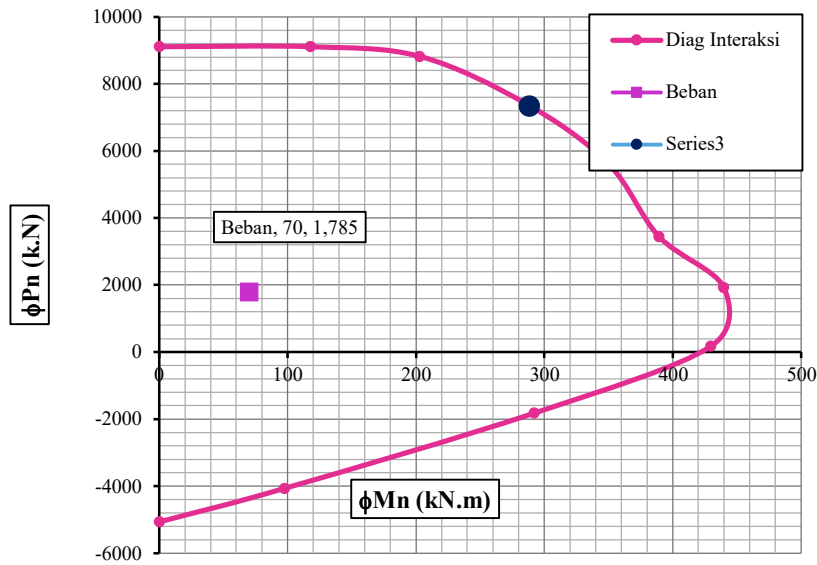
Tabel 4. 71 Analisa Kolom Tepi 7-9 600 x 800 mm

K1			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	1685,5	1785,31	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	5.045,09	185,91	Memenuhi
Y	3.442,86	182,20	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1308,17	1508,43	Memenuhi
Y	1308,17	1508,43	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.

**Gambar 4. 68** Diagram interaksi pada kolom Arah X



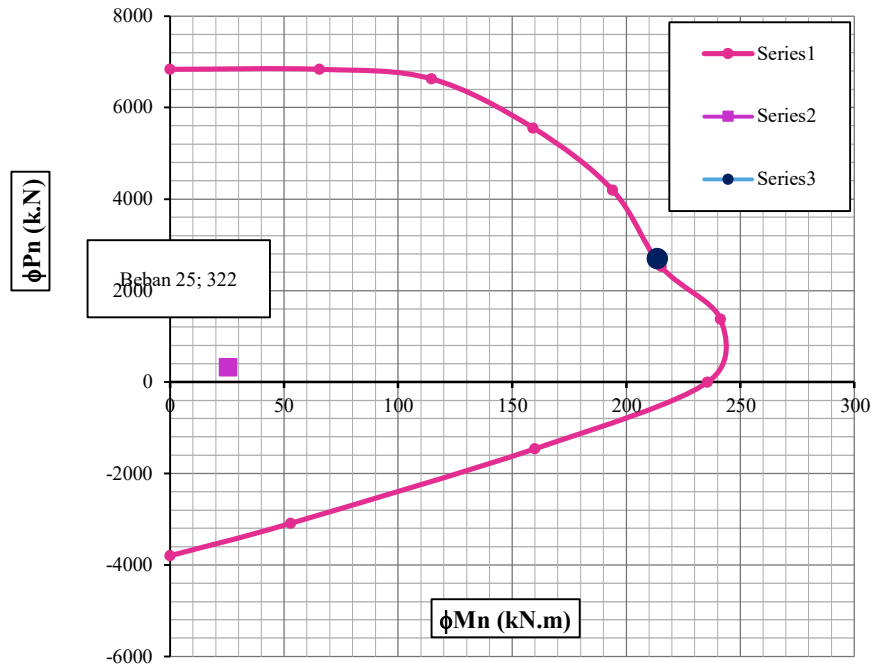
Gambar 4. 69 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

Tabel 4. 72 Analisa Kolom Sudut 10-12 600 x 600 mm

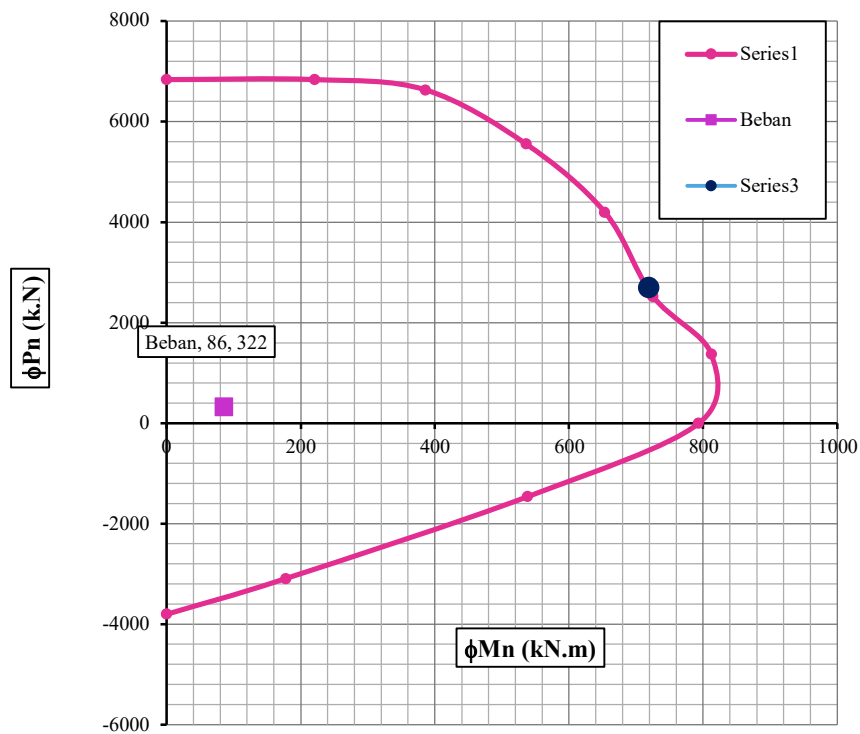
K1			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	1080	321,50	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	6.618,69	0,2448	Memenuhi
Y	6.618,69	0,2541	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	753,13	1157,89	Memenuhi
Y	753,13	1157,89	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.



Gambar 4. 70 Diagram interaksi pada kolom Arah X



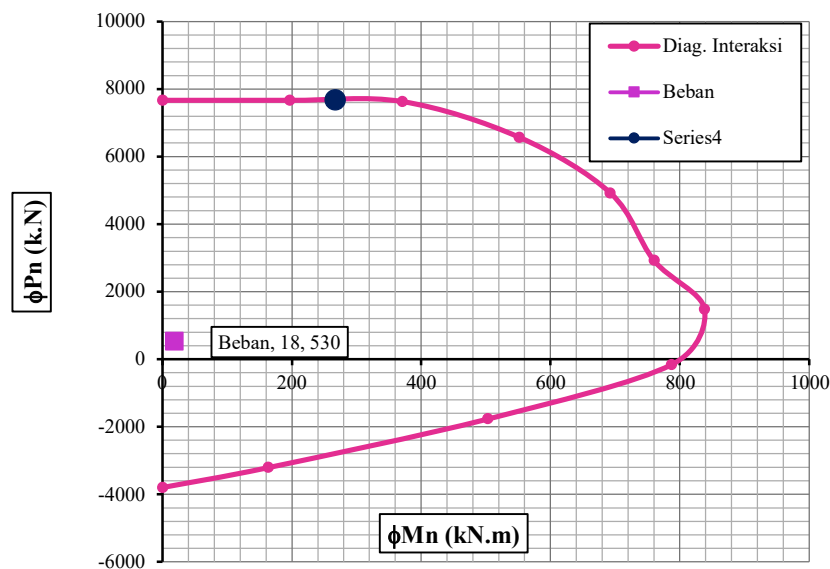
Gambar 4. 71 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

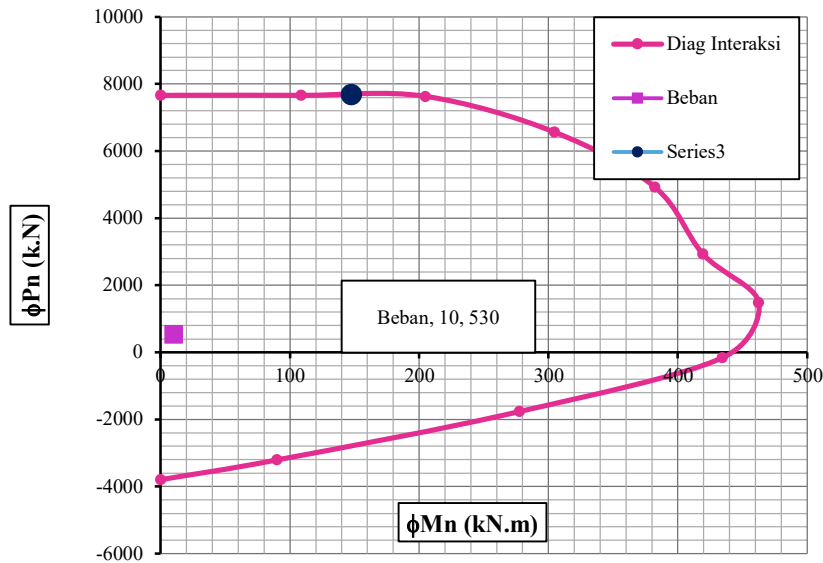
Tabel 4. 73 Analisa Kolom Tengah 10-12 700 x 700 mm

	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	1470,0	530,06	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	6.618,69	77,29	Memenuhi
Y	6.618,69	128,78	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1213,17	1632,03	Memenuhi
Y	1213,17	1632,03	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.

**Gambar 4. 72** Diagram interaksi pada kolom Arah X



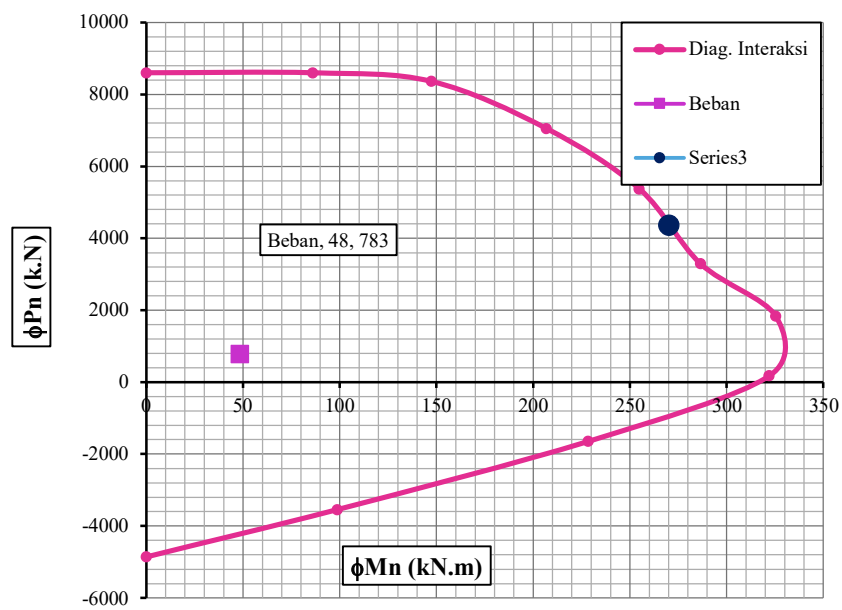
Gambar 4. 73 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

Tabel 4. 74 Analisa Kolom tepi 10-12 600 x 750 mm

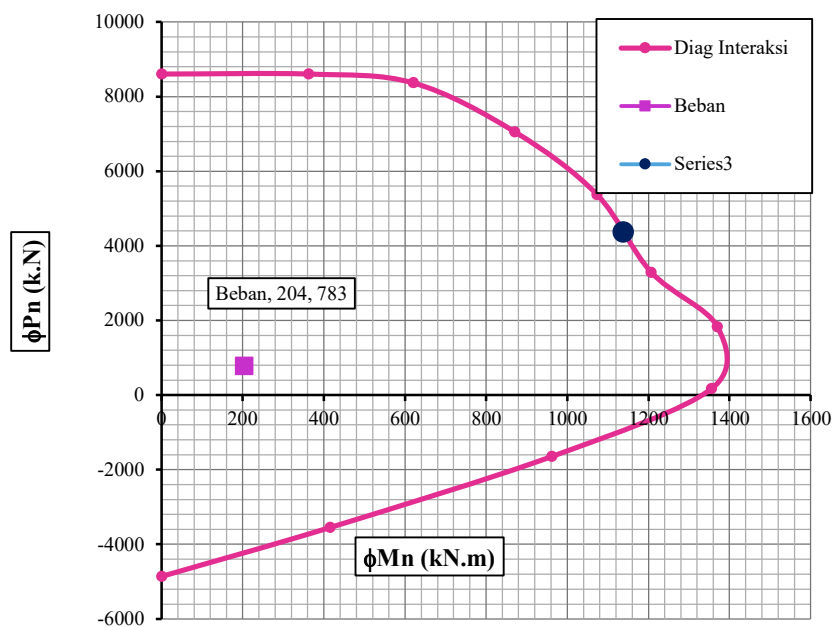
K1			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	1350,0	783,11	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	6.632,54	182,59	Memenuhi
Y	5.166,25	76,71	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1308,17	1508,43	Memenuhi
Y	1308,17	1508,43	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.



Gambar 4. 74 Diagram interaksi pada kolom Arah X



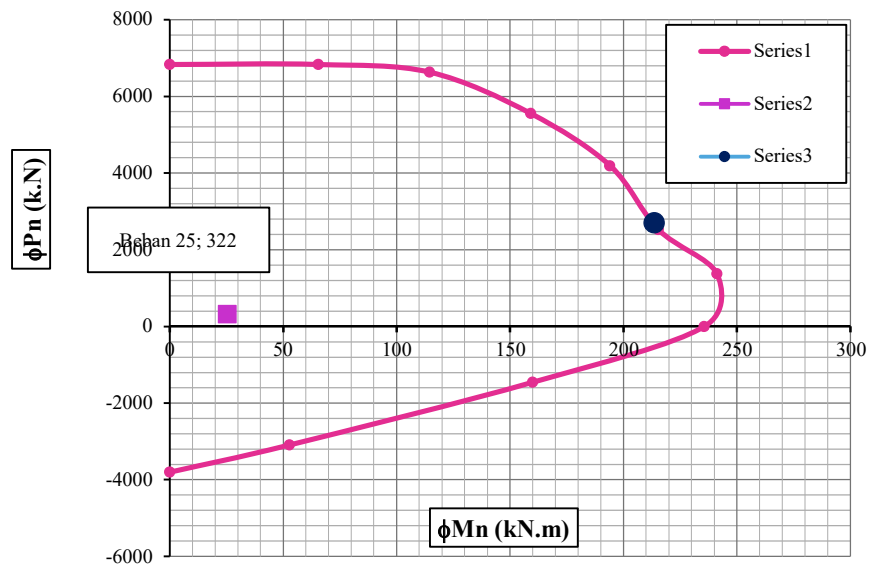
Gambar 4. 75 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

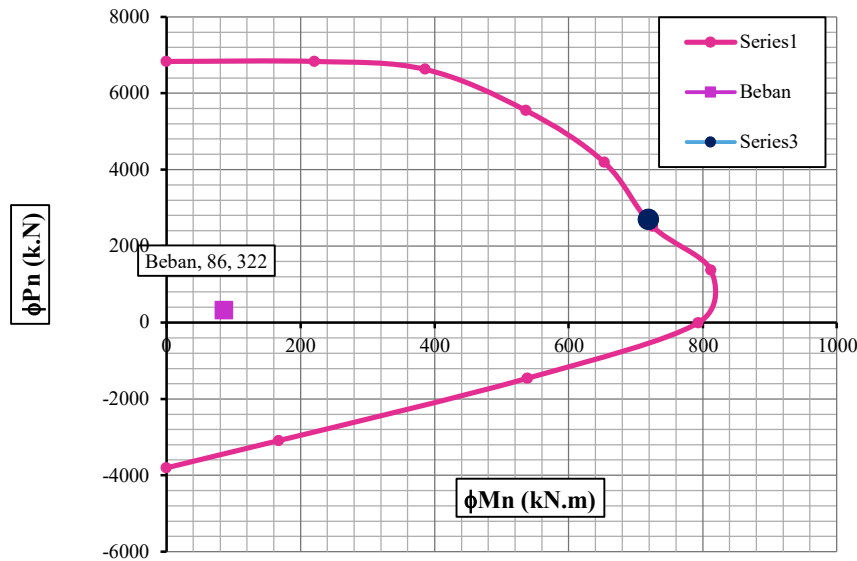
Tabel 4. 75 Analisa Kolom Tepi 13-15 600 x 600 mm

K1			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	1080	321,50	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	6.995,25	64,39	Memenuhi
Y	6.995,25	64,21	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1004,17	1157,89	Memenuhi
Y	1004,17	1157,89	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.

**Gambar 4. 76** Diagram interaksi pada kolom Arah X



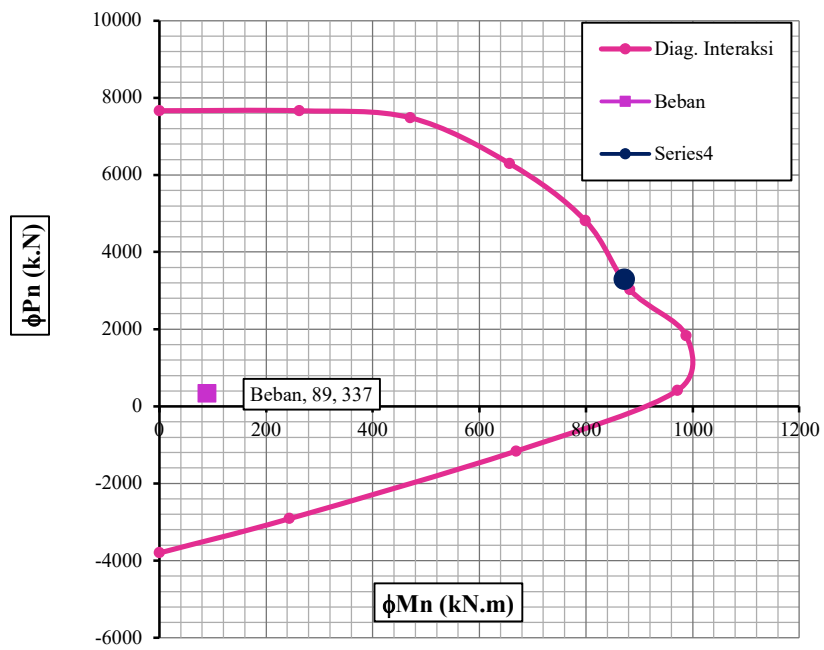
Gambar 4. 77 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

Tabel 4. 76 Analisa Kolom Tengah 13-15 650 x 650 mm

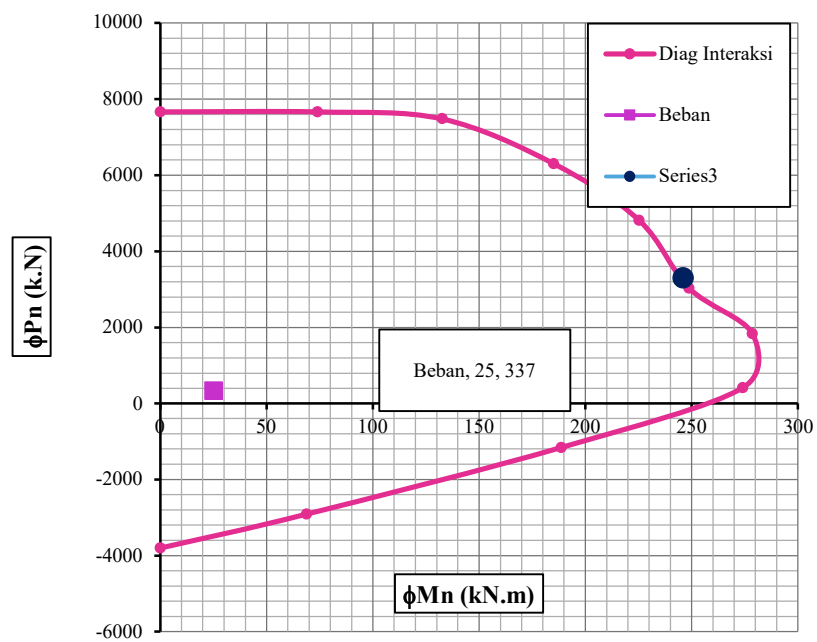
K1			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	1267,5	336,64	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	4.261,58	160,43	Memenuhi
Y	4.261,58	228,52	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1118,17	1396,78	Memenuhi
Y	1118,17	1396,78	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.



Gambar 4. 78 Diagram interaksi pada kolom Arah X



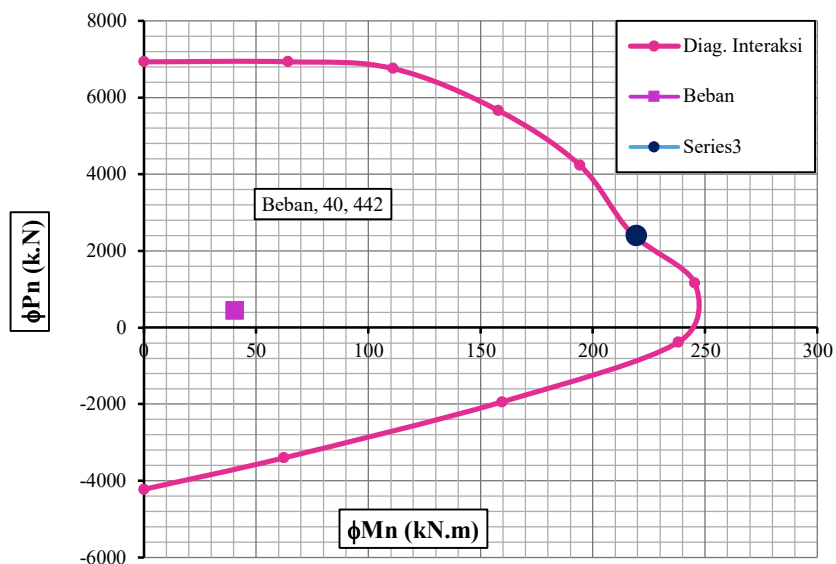
Gambar 4. 79 Diagram interaksi pada kolom Arah Y

Tabel 4. 77 Analisa Kolom Tepi 13-15 750 x 750 mm

K1			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
Penulangan Kolom			
	1687,5	441,91	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	5.044,70	126,31	Memenuhi
Y	5.044,70	72,44	Memenuhi
Confinement			
Arah	V_s (kN)	V_{maks} (kN)	$V_s < V_{maks}$
X	1302,47	1877,32	Memenuhi
Y	1302,47	1877,32	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis

Pada hasil analisis Penulangan Kolom didapat Nilai $0,1x A_g x f'_c$ lebih kecil dari nilai P_u , begitu juga dengan kapasitas Geser Kolom Nilai V_n yang harus lebih besar dari Nilai V_u , dan pada desain *confinement* nilai V_s harus lebih Kecil dari V_s Maks yang sudah sesuai dengan ketentuan peraturan desain kolom pada SNI 2847:2019.

**Gambar 4. 80** Diagram interaksi pada kolom Arah Y

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis struktur beton bertulang Hotel 15 Lantai dengan mengacu pada SNI 1726:2019 dan SNI 2847:19, dapat ditarik Kesimpulan sebagai berikut:

1. Permodelan Struktur Beton bertulang Hotel 15 Lantai telah memenuhi syarat dalam perancangan struktur berdasarkan SNI 1726:2019
2. Desain struktur Balok dan Kolom pada perancangan struktur Beton bertulang Hotel 15 Lantai telah sesuai dan memenuhi standar yang tertulis pada SNI 2847:19

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

1. Perencanaan struktur beton bertulang sebaiknya tetap mengacu pada ketentuan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 agar memenuhi persyaratan keamanan dan kinerja struktur.
2. Penelitian selanjutnya disarankan membandingkan metode analisis atau sistem struktur yang berbeda untuk memperoleh desain yang lebih optimal dan efisien.
3. Hasil perencanaan sebaiknya ditinjau kembali melalui pengecekan perhitungan atau validasi menggunakan perangkat lunak lain guna memastikan keakuratan hasil.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.
- Dan, P., Infrastruktur, P., & Gempa, T. (2010). PETA HAZARD GEMPA INDONESIA 2010 KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
- Farlianti, S. (2012). Respon spektra gempa desain berdasarkan sni 03-1726-2012 untuk wilayah kota Palembang.
- Pradana, R., Santosa, B., & Wijayanti, A. (2020). Analisis Perilaku Struktur Bangunan Bertingkat dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus terhadap Beban Gempa. *Jurnal Teknik Sipil Indonesia*, 12(2), 115–124.
- Sapta (2012). Tesis Perancangan berbasis kinerja pada struktur bangunan gedung beton bertulang akibat beban gempa. Universitas Sriwijaya Palembang.
- Sapta, S., & Farlianti, S. (2022). Evaluasi Kinerja Struktur Bangunan Tahan Gempa Pada Tanah Sedang Dan Tanah Lunak Di Kota Palembang. *TEKNIKA: Jurnal Teknik*.
- Sugiyono. (2019). Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D. Alfabeta. Bandung
- SNI 1726_2019 Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan Gedung dan Non Gedung
- SNI 1727_2020 Beban desain minimum dan kriteria terkait untuk bangunan Gedung dan Struktur lain
- SNI 2847_2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan Gedung