

**PERANCANGAN STRUKTUR BETON BERTULANG
BANGUNAN GEDUNG APARTEMEN 13 LANTAI TAHAN
GEMPA DI KOTA PALEMBANG 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 :
ALYA INDRIAWATI
NPM. 22310002**

**FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
UNIVERSITAS IBA PALEMBANG
2026**

HALAMAN PENGESAHAN

**PERANCANGAN STRUKTUR BETON BERTULANG BANGUNAN
GEDUNG APARTEMEN 13 LANTAI TAHAN GEMPA DI KOTA
PALEMBANG 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 APARTEMEN 13 LANTAI TAHAN GEMPA DI KOTA
PALEMBANG 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 : Alya Indriawati
NPM : 22310002
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Perancangan Struktur Beton Bertulang Bangunan
Gedung Apartemen 13 Lantai Tahan Gempa di Kota
Palembang 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 BEBAS PLAGIAT

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Alya Indriawati

NPM : 22310002

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Perancangan Struktur Beton Bertulang Bangunan Gedung
Apartemen 13 Lantai Tahan Gempa di Kota Palembang
Berdasarkan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019.

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, September 2026

Yang Membuat Pernyataan,



(Alya Indriawati)
NPM. 22310002

ABSTRAK

PERANCANGAN STRUKTUR BETON BERTULANG BANGUNAN GEDUNG APARTEMEN 13 LANTAI TAHAN GEMPA DI KOTA PALEMBANG BERDASARKAN SNI 1726:2019 DAN SNI 2847:2019

Alya Indriawati*, Sapta**, Sari Farlianti**

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

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

Indonesia merupakan negara yang berada pada pertemuan beberapa lempeng tektonik aktif sehingga memiliki tingkat aktivitas gempa yang tinggi. Kondisi tersebut mengharuskan setiap bangunan gedung dirancang sesuai dengan ketentuan struktur tahan gempa untuk menjamin keamanan, kenyamanan, dan kinerja struktur selama masa layan. Penelitian ini bertujuan merancang struktur beton bertulang bangunan Apartemen 13 lantai di Kota Palembang berdasarkan 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. Analisis struktur dilakukan menggunakan perangkat lunak ETABS dengan memperhitungkan beban mati, beban mati tambahan, beban hidup, dan beban gempa menggunakan metode respons spektrum. Tahapan analisis meliputi pemodelan struktur, penentuan respons spektrum, pemeriksaan periode getar, base shear, translasi dan rotasi struktur, simpangan antar lantai (*story drift*), stabilitas struktur, pengaruh P-Delta, serta perencanaan elemen struktur berupa pelat, balok, dan kolom. Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh parameter struktur telah memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019. Dengan demikian, struktur beton bertulang Apartemen 13 lantai yang dirancang dinyatakan aman, stabil, dan layak diterapkan sebagai bangunan tahan gempa di Kota Palembang.

Kata Kunci : Apartemen, SRPMK, SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, Analisis.

ABSTRACT

REINFORCED CONCRETE STRUCTURES DESIGN OF 13-STOREY EARTHQUAKE RESISTANT APARTMENT BUILDING IN PALEMBANG CITY BASED ON SNI 1726:2019 AND SNI 2847:2019

Alya Indriawati*, Sapta, Sari Farlianti****

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

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

Indonesia is a country located at the confluence of several active tectonic plates, thus having a high level of earthquake activity. This condition requires every building to be designed in accordance with earthquake-resistant structural provisions to ensure safety, comfort, and structural performance during its service life. This study aims to design a reinforced concrete structure for a 13-story apartment building in Palembang City based on SNI 1726:2019 concerning Earthquake Resistance Planning Procedures for Building and Non-Building Structures and SNI 2847:2019 concerning Structural Concrete Requirements for Buildings. Structural analysis was carried out using ETABS software by calculating dead loads, additional dead loads, live loads, and earthquake loads using the response spectrum method. The analysis stages include structural modeling, determining the response spectrum, examining the vibration period, base shear, translation and rotation of the structure, story drift, structural stability, the effect of P-Delta, and planning structural elements in the form of plates, beams, and columns. The results of the analysis show that all structural parameters have met the requirements stipulated in SNI 1726:2019 and SNI 2847:2019. Thus, the reinforced concrete structure of the 13-story apartment designed is declared safe, stable, and suitable for use as an earthquake-resistant building in Palembang City.

Keywords : Apartment, SRPMK, SNI 1726:2019, SNI 2847:2019, Analysis

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”

(Al Baqarah 286)

“Sebab tuhan tlah berjanji, setelah sempit ada kemudahan” **(Raim Laode)**

“Berbagai cobaan dan hal yang buat kau ragu, jadikan percikan tuk menempa tekadmu, jalan hidupmu hanya milikmu sendiri, rasakan nikmatnya hidupmu hari ini”

(Baskara Putra – Hindia)

“Allah memang tidak menjanjikan hidupmu akan selalu mudah, tapi dua kali

Allah berjanji bahwa : Fa inna ma'al usri yusro innama'al usri yusro”

(QS. Al- Insyirah 94;5-6)

“Ikhlash dan kesabaran membawamu pada kebahagiaan yang sesungguhnya”

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan Alhamdulillahiraabbil'alamin puji syukur kepada Allah SWT, yang telah memberikan nikmat yang sangat luar biasa, memberi saya kekuatan, membekali dengan ilmu pengetahuan serta memperkenalkan saya dengan cinta. Atas karunia dan kemudahan yang engkau berikan, akhirnya skripsi ini dapat diselesaikan tepat waktu. Sholawat serta salam semoga tercurah limpahkan kepada baginda Rasulullah SAW.

Tiada lembar yang paling indah dalam laporan skripsi ini kecuali lembar persembahkan, berikut skripsi ini penulis persembahkan untuk orang-orang terkasih dan tersayang yaitu :

1. Kepada kedua orang tua tercinta, Ayahanda Hendri Tri Putra dan Ibunda Yanti Susanti yang senantiasa memberikan dukungan moral, doa, serta pengorbanan yang tiada henti dalam setiap proses kehidupan penulis. Terima kasih atas segala bentuk kasih sayang, kesabaran, dan keikhlasan yang telah diberikan. Penulis memahami dan merasakan bahwa dukungan yang kalian berikan selama ini hadir dalam bentuk yang berbeda, kalian mungkin tidak selalu mengucapkannya, tetapi tindakan dan keberadaan kalian adalah bukti kasih sayang yang tak terhingga. Skripsi ini merupakan wujud sederhana dari upaya penulis membalas kepercayaan dan harapan yang selalu kalian nantikan.
2. Kepada adik kandung ku Aldy Indriyanto dan Afiqah Indriyanti yang senantiasa menjadi pelengkap dinamika dalam hidup penulis. Di balik segala kekeraskepalaan dan tingkah laku yang sangat menguji kesabaran, kalian adalah sosok yang mengajari penulis banyak hal tentang arti menerima dan menyayangi. Sebagai seorang kakak, kalian amanah yang akan selalu penulis jaga. Kehadiran kalian adalah motivasi tersendiri dalam setiap langkah perjuangan ini, termasuk dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Kepada dosen pembimbing penulis, Bapak Ir. Sapta, S.T., M.T., IPU Asean Eng. dan Ibu Sari Farlianti, S.T., M.T. Saya mengucapkan terima kasih yang

sebesar – besarnya atas segala ilmu, bimbingan, arahan, kesabaran, serta motivasi yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena senantiasa meluangkan waktu untuk memberikan masukan dan solusi di setiap kesulitan yang saya hadapi. Setiap saran dan pengalaman yang Bapak dan Ibu berikan menjadi bekal yang sangat berharga, tidak hanya dalam menyelesaikan skripsi ini, tetapi juga sebagai pembelajaran untuk masa depan. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, keberkahan, serta membalas segala kebaikan Bapak dan Ibu dengan pahala yang berlipat ganda.

4. Kepada sahabat tercinta ku Kanaya Az Zahrah, teman seperjuangan selama masa perkuliahan 4 tahun, kamu bukan hanya sekedar teman seperjuangan, melainkan keluarga yang tumbuh bersama dalam suka dan duka proses akademik maupun kehidupan pribadi. Terima kasih telah menjadi pelangi di setiap langkah perjalanan ini. Tawa, tangis, dan perjuangan kita bersama akan selalu menjadi cerita dan kenangan terindah. Kehadiranmu selalu menjadi tempat berbagi cerita, pendengar setia, serta penopang semangat yang mampu menerima penulis apa adanya tanpa menghakimi. Semoga kamu selalu dilimpahkan kebahagiaan, kesehatan, dan kesuksesan.
5. Teruntuk Himpunan ku IMS (Ikatan Mahasiswa Sipil), yang telah menjadi rumah kedua selama perjalanan saya di dunia perkuliahan. Terima kasih atas setiap pelajaran, kebersamaan, tawa, perjuangan, dan pengalaman yang tidak ternilai. Semoga persaudaraan ini tidak pernah pudar dan IMS senantiasa menjadi wadah yang membawa manfaat, menginspirasi, serta melahirkan pemimpin-pemimpin masa depan.
6. Teruntuk kakak pembimbing “ Rahmadi Valdis, S.T.”, terima kasih atas segala waktu, kesabaran, ilmu, serta perhatian yang telah kakak berikan selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena selalu bersedia membimbing setiap kali penulis menghadapi kesulitan, kebingungan, maupun berbagai tantangan dalam proses penyelesaian skripsi ini. Setiap masukan, motivasi, dan dukungan yang kakak berikan menjadi bekal yang sangat berarti bagi penulis. Semoga segala kebaikan yang telah kakak

berikan dibalas dengan keberkahan, kesehatan, dan kesuksesan dalam setiap langkah kehidupan. Terima kasih telah menjadi bagian penting dalam perjalanan ini.

7. Teruntuk rekan – rekan “KopkenKenangan” (Mejas, Madon, dan Denta) terima kasih telah menjadi penyemangat di setiap proses, selalu siap membantu ketika penulis mengalami kesulitan dan tidak pernah lelah memberikan dukungan. Skripsi ini juga menyimpan jejak kebersamaan dan kepedulian kalian. Semoga kita semua dipertemukan kembali dalam cerita – cerita terbaik di masa depan.
8. Teruntuk “ Ridho, Rifki, dan Rico”, terima kasih atas segala bantuan, waktu yang telah kalian berikan selama proses penyusunan skripsi ini. Terima kasih karena telah bersedia membantu, baik dalam hal-hal kecil maupun besar. Tetap semangat dalam mengejar impian dan menyelesaikan perjalanan akademik kalian.
9. Teman seperjuangan selama mengikuti FKMTSI Wilayah IV “Devi Permata Sari”. Terima kasih telah menjadi bagian dari perjalanan berhargaku selama berproses bersama di FKMTSI Wilayah IV. Terima kasih atas setiap doa, dukungan, semangat, serta kebersamaan yang telah kita lalui. Kehadiranmu menjadi salah satu alasan perjalanan ini terasa lebih ringan dan penuh makna.
10. Teruntuk diriku sendiri “Alya Indriawati”, terima kasih karena telah memilih untuk tetap bertahan, meski pernah terluka oleh seseorang yang begitu sulit untuk dilupakan. Terima kasih karena tidak menyerah pada rasa sakit yang sempat menguras tenaga, pikiran, dan harapan. Perlahan, penulis belajar bahwa tidak semua kehilangan adalah akhir dan tidak semua luka harus menjadi alasan untuk berhenti melangkah. Justru dari itu, penulis menemukan kekuatan untuk bangkit, menjadikannya sebagai motivasi untuk membuktikan bahwa penulis mampu tumbuh menjadi pribadi yang lebih kuat, lebih bijaksana, dan lebih menghargai diri sendiri. Skripsi ini bukan hanya tentang gelar yang berhasil di raih, tetapi juga menjadi saksi bahwa penulis berhasil melewati salah satu fase tersulit dalam hidup.

Teruslah melangkah, karena segala hal yang memang ditakdirkan untukmu akan datang pada waktu yang tepat.

11. Dan yang terakhir untuk seseorang yang namanya telah Allah SWT tuliskan di Lauhul Mahfuz sebagai pendamping hidupku. Kita mungkin belum pernah saling menyapa, belum pernah bertukar cerita, bahkan mungkin belum saling mengetahui keberadaan satu sama lain. Skripsi ini menjadi saksi bahwa sebelum bertemu denganmu, ada banyak doa, air mata, lelah, dan usaha yang berhasil kulewati. Kelak, semoga penulis dapat menceritakan bahwa salah satu mimpi yang berhasil kuraih sebelum menggenggam tanganmu adalah menyelesaikan pendidikan ini. Hingga saat itu tiba, semoga Allah SWT senantiasa menjaga hatimu, langkahmu, dan menguatkan kita dalam doa yang belum saling diketahui. Semoga kelak kita dipertemukan dalam sebaik-baiknya waktu dan dengan sebaik-baiknya cara.

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 Apartemen 13 Lantai Tahan Gempa di Kota Palembang 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, September 2026

Penulis

Alya Indriawati

DAFTAR ISI

JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRAK	vi
MOTTO	vii
PERSEMBAHAN.....	viii
KATA PENGANTAR.....	xii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL	xix
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
2.2.1 Beban Mati atau <i>Dead Load</i> (DL).....	5
2.2.2 Beban Mati Tambahan atau <i>Super Imposed Dead load</i> (SIDL)	7
2.2.3 Beban Hidup atau <i>Live Load</i> (LL).....	7
2.2.4 Beban Gempa	13
2.3 Kombinasi Beban	14
2.4 Metode Analisis Gaya Gempa.....	14
2.5 Penentuan Gempa Rencana dan Kategori Gedung.....	15
2.5.1 Kategori Risiko Struktur Bangunan	16
2.5.2 Faktor Keutamaan Gempa.....	17

2.5.3 Wilayah Gempa	18
2.5.4 Klasifikasi Kelas Situs.....	19
2.6 Menentukan Respon Spektra.....	19
2.6 Parameter Respon Spektral Percepatan Desain.....	21
2.7 Respon Spektral Desain.....	21
2.8 Kategori Desain Seismik	22
2.9 Faktor R, Ω_0 , dan C_d	23
2.10 Analisa Statik Ekuivalen.....	24
2.11 Periode Fundamental Pendekatan.....	25
2.12 Distribusi Vertikal Gaya Seismik.....	27
2.13 Distribusi Horizontal Gaya Seismik.....	28
2.14 Pembesaran Momen Torsi Tak Terduga.....	28
2.15 Simpangan Antar Tingkat	29
2.16 Efek P-Delta	31
2.17 Parameter Respon Ragam.....	32
2.18 Stabilitas Struktur	32
2.19 Struktur Beton Bertulang.....	33
2.20 Sistem Rangka Pemikul Momen	33
2.20.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa	34
2.20.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah	34
2.20.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus	35
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	36
3.1 Metodologi Penelitian	36
3.2 Alur Penelitian.....	36
3.3 Metode Pelaksanaan	37
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Data Perencanaan Struktur	39
4.1.1 Pemodelan Struktur	40
4.2 Data Material dan Dimensi Elemen Struktur	44
4.2.1 Material Propertis	44
4.2.2 Section properties	44
4.3 Beban Gravitasi	45

4.3.1 Beban hidup.....	45
4.3.2 Beban Mati Tambahan SIDL	45
4.3.3 Rekap Beban.....	46
4.4 Data Beban Gempa.....	46
4.4.1 Data Respon Spektera Desain	47
4.5 Analisis Struktur.....	47
4.5.1 Pembebanan Struktur.....	47
4.5.2 Periode Getar	48
4.5.3 Base Shear	50
4.5.4 Analisa Modul Respon Spektrum.....	50
4.5.5 Translasi dan Rotasi Struktur Atas	51
4.5.6 Simpangan <i>displacement</i> Akibat Gempa dan Pemesiksaan <i>Story Drifts</i>	52
4.5.7 Beban Geser Dasar Gempa.....	53
4.5.8 Stabilitas Guling	55
4.5.9 Pengaruh $P-\Delta$	55
4.5.10 Ketidak Beraturan Struktur Vertikal (Iregularitas Vertikal)	57
4.5.11 Iregularitas Vertikal Tipe 2	62
4.5.12 Iregularitas Vertikal Tipe 3	63
4.6 Analisa struktur atas	64
4.6.1 Respon Struktur	64
4.6.2 Desain Pelat Lantai.....	66
4.6.3 Desain Balok	69
4.6.4 Desain Kolom.....	85
4.7 Pembahasan	147
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	172
5.1 Kesimpulan.....	172
5.2 Saran.....	172
DAFTAR PUSTAKA.....	173

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 S1 gempa maksimum yang di pertimbangkan resiko tertarget (MCER).....	18
Gambar 2. 2 Ss gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (MCER)	18
Gambar 2. 3 Spektrum Respons Desain.....	22
Gambar 2. 4 Faktor Pembesaran Torsi, A_x	29
Gambar 2. 5 Penentuan Simpangan Antar Tingkat	30
Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian.....	37
Gambar 3. 2 Perancangan Struktur Beton Bertulang	38
Gambar 4. 1 Lokasi Perencanaan	39
Gambar 4. 2 Perspektif Struktur Bangunan Rencana	40
Gambar 4. 3 Denah Lantai 1 – 12.....	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 1	43
Gambar 4. 10 Potongan Grid 2	43
Gambar 4. 11 Potongan Grid 3	44
Gambar 4. 12 Potongan Grid 4.....	44
Gambar 4. 13 Kurva Respon Spektrum Gempa Desain	47
Gambar 4. 14 Translasi Arah Sumbu Y	51
Gambar 4. 15 Translasi Arah Sumbu X.....	51
Gambar 4. 16 Rotasi	51
Gambar 4. 17 Diagram Momen Pelat Lantai Arah X.....	64
Gambar 4. 18 Diagram Momen Pelat Lantai Arah Y	64
Gambar 4. 19 Diagram Momen Balok dan Kolom	65
Gambar 4. 20 Diagram Geser Balok dan Kolom.....	65
Gambar 4. 21 Grafik Displacement Pemeriksaan story drift arah sumbu x dan sumbu y	148
Gambar 4. 22 Grafik vertical irregularity type 1b arah sumbu X dan sumbu Y	149
Gambar 4. 23 Grafik vertical exception 1 arah X dan arah Y	150
Gambar 4. 24 Diagram Interaksi pada kolom Arah X.....	154
Gambar 4. 25 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y	154
Gambar 4. 26 Diagram Interaksi pada kolom Arah X.....	155
Gambar 4. 27 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y	156
Gambar 4. 28 Diagram Interaksi pada kolom Arah X.....	157
Gambar 4. 29 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y	157
Gambar 4. 30 Diagram Interaksi pada kolom Arah X.....	158
Gambar 4. 31 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y	159
Gambar 4. 32 Diagram Interaksi pada kolom Arah X.....	160
Gambar 4. 33 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y	160

Gambar 4. 34	Diagram Interaksi pada kolom Arah X.....	161
Gambar 4. 35	Diagram Interaksi pada kolom Arah Y	162
Gambar 4. 36	Diagram Interaksi pada kolom Arah X.....	163
Gambar 4. 37	Diagram Interaksi pada kolom Arah Y	163
Gambar 4. 38	Diagram Interaksi pada kolom Arah X.....	164
Gambar 4. 39	Diagram Interaksi pada kolom Arah Y	165
Gambar 4. 40	Diagram Interaksi pada kolom Arah X.....	166
Gambar 4. 41	Diagram Interaksi pada kolom Arah Y	166
Gambar 4. 42	Diagram Interaksi pada kolom Arah X.....	167
Gambar 4. 43	Diagram Interaksi pada kolom Arah Y	168
Gambar 4. 44	Diagram Interaksi pada kolom Arah X.....	169
Gambar 4. 45	Diagram Interaksi pada kolom Arah Y	169
Gambar 4. 46	Diagram Interaksi pada kolom Arah X.....	170
Gambar 4. 47	Diagram Interaksi pada kolom Arah Y	171

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Beban mati berdasarkan bahan bangunan	6
Tabel 2. 2 Berat beban mati berdasarkan komponen gedung.....	6
Tabel 2. 3 Beban hidup terdistribusi merata minimum, L_0 dan beban hidup terpusat minimum	8
Tabel 2. 4 Prosedur Analisis Gempa	15
Tabel 2. 5 Kategori resiko bangunan gedung dan non gedung untuk beban gempa	16
Tabel 2. 6 Faktor keutamaan gempa	17
Tabel 2. 7 Klasifikasi Situs.....	19
Tabel 2. 8 Koefisien Situs, F_a	20
Tabel 2. 9 Koefisien Situs, F_v	20
Tabel 2. 10 Kategori desain seismik parameter respons percepatan periode pendek	22
Tabel 2. 11 Kategori desain seismik parameter respons percepatan periode 1 detik	23
Tabel 2. 12 Faktor R , Ω_0 dan C_d untuk Sistem pemikul gaya seismik	23
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 Data Respon Spektra Desain	47
Tabel 4.2 periode Ragam Getar dan Frekuensi (UN – Crack)	49
Tabel 4. 3 Periode Ragam Getar dan Frekuensi (Crack).....	49
Tabel 4. 4 Rangkuman Beban mati dan Beban Hidup (SNI 1726-2019, Ps. 7.7.2)	50
Tabel 4. 5 Base shear sebelum terkoreksi (Crack)	50
Tabel 4. 6 Base Shear setelah terkoreksi (Crack).....	50
Tabel 4. 7 Rasio Modal Patisipasi Massa.....	50
Tabel 4. 8 Data Peralihan Lantai Akibat Beban Lateral.....	52
Tabel 4. 9 <i>Story Drift</i> Arah Sumbu x	52
Tabel 4. 10 <i>Story Drift</i> Arah Sumbu Y	53
Tabel 4. 11 Rangkuman Berat Struktur per Lantai Akibat Beban Mati	53
Tabel 4. 12 Distribusi Gaya Gempa Perlantai Arah Sumbu X	54
Tabel 4. 13 Distribusi Gaya Gempa Perlantai Arah Sumbu Y	54
Tabel 4. 14 Pemeriksaan $P - \Delta$ Arah Sumbu x	55
Tabel 4. 15 Pemeriksaan $P - \Delta$ Arah Sumbu y	56
Tabel 4. 16 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal tipe 1a ratio 70% tipe arah X	57
Tabel 4. 17 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal tipe 1a ratio 80% tipe arah X	58
Tabel 4. 18 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal tipe 1a ratio 70% tipe arah Y	58

Tabel 4. 19 Pemeriksaan ketidak beraturan vertikal tipe 1a arah y 80%.....	59
Tabel 4. 20 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 60% tipe arah	59
Tabel 4. 21 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 70% tipe arah X	60
Tabel 4. 22 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 60% tipe arah Y	61
Tabel 4. 23 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 70% tipe arah Y	61
Tabel 4. 24 Pemeriksaan iregularitas Tipe 2	62
Tabel 4. 25 Pemeriksaan story drift ratio (exception) arah X	62
Tabel 4. 26 Pemeriksaan story drift ratio (exception) arah Y	63
Tabel 4. 27 Dimensi Balok 1	73
Tabel 4. 28 Dimensi Balok 2	77
Tabel 4. 29 Dimensi Balok 3	80
Tabel 4. 30 Dimensi Balok Kantilever	83
Tabel 4. 31 Dimensi Balok Anak	85
Tabel 4. 32 Dimensi K1 Sudut 1-3	86
Tabel 4.33 Diagram Kolom Arah x	87
Tabel 4.34 Diagram Kolom Arah y	88
Tabel 4. 35 Confinement K1 SUDUT	91
Tabel 4. 36 Detail K1 Tengah	91
Tabel 4.37 Diagram Kolom Arah y	93
Tabel 4.38 Diagram Kolom Arah y	93
Tabel 4. 39 Confinement K1 Tengah	96
Tabel 4. 40 Detail K1 Tepi	97
Tabel 4.41 Diagram Kolom Arah x	98
Tabel 4.42 Diagram Kolom Arah y	98
Tabel 4. 43 Confinement K1 Tepi	101
Tabel 4. 44 Detail K2 Sudut	102
Tabel 4.45 Diagram Kolom Arah x	103
Tabel 4.46 Diagram Kolom Arah y	103
Tabel 4. 47 Confinement K2 Sudut	106
Tabel 4. 48 Detail K2 Tengah	107
Tabel 4.49 Diagram Kolom Arah y	108
Tabel 4.50 Diagram Kolom Arah y	108
Tabel 4. 51 Confinement K2 Tengah	111
Tabel 4. 52 Detail K2 Tepi	112
Tabel 4.53 Diagram Kolom Arah x	113
Tabel 4.54 Diagram Kolom Arah y	113
Tabel 4. 55 Confinement K2 Tepi	116
Tabel 4. 56 Detail K3 Sudut	117
Tabel 4.57 Diagram Kolom Arah x	118
Tabel 4.58 Diagram Kolom Arah y	118
Tabel 4. 59 Confinement K3 Sudut	121
Tabel 4. 60 Detail K3 Tengah	122

Tabel 4.61 Diagram Kolom Arah y	123
Tabel 4.62 Diagram Kolom Arah y	123
Tabel 4. 63 Confinement K3 Tengah	126
Tabel 4. 64 Detail K3 Tepi	127
Tabel 4.65 Diagram Kolom Arah x	128
Tabel 4.66 Diagram Kolom Arah y	128
Tabel 4. 67 Confinement K3 Tepi	131
Tabel 4. 68 Detail K4 Sudut.....	132
Tabel 4.69 Diagram Kolom Arah x	133
Tabel 4.70 Diagram Kolom Arah y	133
Tabel 4. 71 Confinement K4 Sudut.....	137
Tabel 4. 72 Detail K4 Tengah.....	137
Tabel 4.73 Diagram Kolom Arah y	138
Tabel 4.74 Diagram Kolom Arah y	139
Tabel 4. 75 Confinement K4 Tengah	142
Tabel 4. 76 Detail K4 Tepi	142
Tabel 4.77 Diagram Kolom Arah x	143
Tabel 4.78 Diagram Kolom Arah y	144
Tabel 4. 79 Confinement K4 Tepi.....	147
Tabel 4.80 analisis penulangan M11	151
Tabel 4.81 analisa penulangan M22.....	151
Tabel 4.82 hasil Analisis Balok 1 Dimensi 450 x 650 mm	151
Tabel 4. 83 hasil Analisis Balok 2 Dimensi 400 x 600 mm	152
Tabel 4.84 hasil Analisis Balok 3 Dimensi 350 x 600 mm	152
Tabel 4.85 hasil Analisis Balok Kantilever Dimensi 250 x 400 mm	152
Tabel 4.86 hasil Analisis Balok Anak Dimensi 200 x 300 mm.....	153
Tabel 4.87 hasil Analisis kolom 850 x 850 mm	153
Tabel 4.88 hasil Analisis kolom 900 x 900 mm	155
Tabel 4. 89 hasil Analisis kolom 1000 x 800 mm	156
Tabel 4.90 hasil Analisis kolom 700 x 700 mm	158
Tabel 4.91 hasil Analisis kolom 800 x 800 mm	159
Tabel 4. 92 hasil Analisis kolom 800 x 650 mm	161
Tabel 4.93 hasil Analisis kolom 650 x 600 mm	162
Tabel 4.94 hasil Analisis kolom 700 x 700 mm	164
Tabel 4. 95 hasil Analisis kolom 750 x 600 mm	165
Tabel 4.96 hasil Analisis kolom 600 x 600 mm	167
Tabel 4.97 hasil Analisis kolom 650 x 650 mm	168
Tabel 4. 98 hasil Analisis kolom 650 x 500 mm	170

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat aktivitas gempa yang tinggi karena berada pada pertemuan beberapa lempeng tektonik yang masih aktif bergerak. Kondisi geografis tersebut membuat aspek perancangan bangunan tahan gempa menjadi sangat penting, terutama untuk menekan potensi kerusakan struktur serta mengurangi risiko jatuhnya korban jiwa akibat peristiwa gempa bumi. Dalam praktik perencanaan struktur, Indonesia sebelumnya berpedoman pada SNI 1726:2012 sebagai standar acuan ketahanan gempa. Namun, seiring bertambahnya data kegempaan serta munculnya sejumlah kejadian gempa besar setelah tahun 2012, standar tersebut dinilai perlu diperbarui agar lebih sesuai dengan karakteristik seismik terkini. Sebagai tindak lanjut, diterbitkan SNI 1726:2019 sebagai revisi dan pembaruan standar perencanaan ketahanan gempa pada bangunan gedung. Dengan adanya pembaruan ini, diperlukan analisis perbandingan desain respons spektrum antara SNI 1726:2012 dan SNI 1726:2019 untuk melihat perbedaan parameter gempa sekaligus dampaknya terhadap perencanaan struktur bangunan tahan gempa.

Sebagai pusat administrasi Provinsi Sumatera Selatan, Kota Palembang menunjukkan pertumbuhan yang pesat, khususnya pada sektor pariwisata dan pembangunan infrastruktur. Keberhasilan kota ini dalam menyelenggarakan Asian Games 2018 turut memperkuat perannya sebagai salah satu tujuan wisata unggulan di Indonesia. Berdasarkan laporan Dinas Pariwisata Kota Palembang tahun 2024, jumlah kunjungan wisatawan mencapai sekitar 2,1 juta orang, dengan kenaikan sebesar 32,1% dibandingkan tahun sebelumnya. Peningkatan aktivitas pariwisata tersebut kemudian mendorong meningkatnya kebutuhan fasilitas penunjang, terutama sarana akomodasi dan hunian bertingkat seperti apartemen. Seiring dengan semakin banyaknya pembangunan gedung bertingkat, aspek keamanan dan kinerja struktur menjadi hal yang sangat krusial untuk diperhatikan. Di samping itu, karena Kota Palembang berada pada wilayah yang memiliki potensi kegempaan,

maka perencanaan dan perancangan bangunan wajib mengikuti ketentuan struktur tahan gempa yang berlaku (Badan Standardisasi Nasional, 2019).

Dengan demikian, penelitian ini difokuskan pada perencanaan struktur beton bertulang untuk bangunan Apartemen 13 lantai tahan gempa yang berlokasi di Kota Palembang, dengan memanfaatkan perangkat lunak ETABS sebagai alat bantu analisis dan desain struktur.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Apakah Permodelan Struktur Beton Bertulang Apartemen 13 Lantai yang direncanakan memenuhi SNI 1726:2019 ?
2. Apakah Desain Struktur Balok dan Kolom yang direncanakan memenuhi SNI 2847:2019 ?

1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Membuat Permodelan Struktur Beton Bertulang Apartemen 13 Lantai yang memenuhi SNI 1726:2019
2. Membuat Desain Struktur Balok dan Kolom yang memenuhi SNI 2847:2019

1.4 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka penulis membatasi dalam skripsi ini adalah :

1. Permodelan struktur bangunan apartemen 13 lantai dengan menggunakan software ETABS
2. Analisis ketahanan struktur atas terhadap beban gempa menggunakan 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 ini Berada Di kota Palembang dengan koordinat $2^{\circ}55'52.24''\text{S } 104^{\circ}41'21.66''\text{E}$
4. Analisis dan desain struktur atas dengan perletakan jepit pada Tie Beam
5. Bangunan ini berjumlah 13 Lantai

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

Saat ini, perkembangan pembangunan gedung bertingkat di Indonesia berlangsung sangat pesat seiring meningkatnya kebutuhan ruang untuk berbagai aktivitas masyarakat. Fungsi bangunan bertingkat tidak hanya terbatas sebagai sarana pelayanan publik seperti perkantoran dan fasilitas kesehatan, tetapi juga berkembang untuk tujuan investasi dan kegiatan usaha, contohnya apartemen, hotel, pusat perbelanjaan, serta bangunan komersial lainnya. Keterbatasan ketersediaan lahan di wilayah perkotaan mendorong arah pembangunan ke model vertikal, sehingga bentuk serta konfigurasi bangunan menjadi semakin beragam dan cenderung tidak seragam. Pada tahap perencanaan, setiap gedung wajib dirancang dengan mengedepankan aspek keselamatan serta kemampuan struktur agar dapat berfungsi secara optimal selama umur layanan yang direncanakan. Secara umum, sistem struktur yang paling banyak digunakan di Indonesia adalah sistem rangka beton bertulang konvensional yang diaplikasikan pada berbagai jenis bangunan, seperti rumah tinggal, perkantoran, apartemen, rumah susun, ruko, dan bangunan lainnya. Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan serta pembaruan data kegempaan nasional, pemerintah menetapkan SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung sebagai pengganti SNI 1726:2012. Penerapan standar terbaru ini menunjukkan bahwa perencanaan struktur tahan gempa harus mengacu pada ketentuan yang lebih mutakhir dan sesuai dengan kondisi seismik terkini di Indonesia. Untuk menjamin keamanan gedung bertingkat terhadap pengaruh gempa bumi, struktur harus dirancang agar memiliki kapasitas yang cukup dalam menahan berbagai kombinasi beban, terutama beban gempa yang menjadi faktor paling dominan dalam perencanaan struktur. Saat gempa terjadi, bangunan akan mengalami respons berupa gaya inersia akibat pergerakan tanah. Besarnya respons struktur dipengaruhi oleh karakteristiknya, seperti massa, kekakuan, serta kemampuan dalam mendisipasikan energi. Faktor-faktor tersebut menentukan kinerja struktur dalam

menghadapi gempa hingga mencapai kondisi kerusakan bahkan potensi keruntuhan.

Setiap struktur bangunan dituntut untuk memiliki kemampuan dalam menahan berbagai macam beban yang dapat bekerja padanya. Kekeliruan dalam proses perhitungan dan analisis pembebanan sering menjadi faktor utama terjadinya kegagalan struktur. Karena itu, sebelum masuk ke tahap analisis maupun perancangan, pemahaman yang mendalam mengenai perilaku struktur, besar beban yang bekerja, serta karakteristik masing-masing beban menjadi hal yang sangat penting untuk diperhatikan, (Rizkiyawan et al., 2023).

Analisis beban pada struktur umumnya mencakup empat kategori utama, yaitu: (1) beban mati (*dead load*) yang berasal dari berat sendiri elemen-elemen struktur bangunan; (2) beban mati tambahan atau *Superimposed Dead Load* (SIDL) yang bersifat permanen dan bekerja pada struktur, tetapi tidak termasuk bagian dari berat elemen struktur utama; (3) beban hidup (*live load*) yang merupakan beban sementara dan dapat berubah selama masa penggunaan bangunan; serta (4) beban gempa dinamis yang dihitung menggunakan metode respons spektrum berdasarkan zona kegempaan pada lokasi perencanaan.

2.2.1 Beban Mati atau *Dead Load* (DL)

Beban mati (*dead load*) adalah jenis beban yang bersifat tetap dan bekerja secara berkelanjutan pada struktur selama masa penggunaan bangunan. Beban ini berasal dari seluruh komponen permanen penyusun struktur, seperti balok, kolom, pelat lantai, dinding, atap, tangga, serta elemen konstruksi lain yang terpasang secara tetap. Dalam perancangan struktur, beban mati menjadi salah satu aspek utama yang wajib diperhitungkan karena memberikan pengaruh langsung terhadap kekuatan, kestabilan, dan keamanan bangunan secara keseluruhan. Besarnya beban mati ditentukan oleh massa jenis material yang digunakan dalam konstruksi, seperti beton bertulang, baja, pasangan bata, serta berbagai elemen finishing atau penyelesaian akhir bangunan

Menurut SNI 1727:2020 tentang Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur lain, 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 portlant, 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 (*Superimposed Dead Load*/SIDL) merupakan beban yang bersifat permanen dan timbul akibat pemasangan elemen-elemen nonstruktural pada bangunan setelah pekerjaan struktur utama selesai dilaksanakan. Beban ini bekerja secara kontinu selama masa layanan bangunan dan tidak mencakup berat sendiri komponen struktur utama, seperti balok, kolom, pelat lantai, maupun dinding struktural. Oleh sebab itu, beban mati tambahan perlu dimasukkan dalam perhitungan perencanaan struktur karena turut memberikan kontribusi terhadap total beban yang harus ditanggung oleh bangunan.

Mengacu pada SNI 1727:2020, besarnya beban mati tambahan dapat dihitung berdasarkan berat nyata material yang digunakan, atau dapat pula memakai nilai pendekatan yang telah dicantumkan dalam tabel beban minimum yang berlaku. Pada analisis struktur menggunakan perangkat lunak ETABS, SIDL biasanya diinput sebagai *super imposed dead load* yang diterapkan pada pelat lantai maupun elemen struktur lainnya sesuai dengan pola penyebaran beban pada struktur bangunan.

2.2.3 Beban Hidup atau *Live Load* (LL)

Beban hidup (*live load*) merupakan jenis beban yang timbul akibat aktivitas para pengguna serta pemanfaatan bangunan selama masa operasionalnya berlangsung. Beban ini mencakup beban dari orang, perabot, barang-barang yang dapat dipindahkan, mesin, serta berbagai peralatan di dalam gedung yang sifatnya dapat berubah atau diganti sepanjang umur layanan bangunan. Karena tidak bersifat permanen, besar beban hidup dapat bervariasi tergantung pada tingkat penggunaan ruang, sehingga menyebabkan perbedaan distribusi beban pada lantai maupun atap bangunan. Dalam perancangan struktur beton bertulang pada gedung apartemen tahan gempa, beban hidup menjadi komponen penting yang harus dianalisis secara cermat karena memengaruhi perhitungan gaya dalam, deformasi struktur, serta penentuan kombinasi pembebanan, termasuk ketika dikombinasikan dengan 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)				
- Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
- Panggung	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
- Pertemuan	150 (7,18)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
- lantai podium	100 (4,79)				
	60 (2,87)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
- Tribun penonton stadion dan arena dengan kursi tetaap (terikat di lantai)		Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		
		Tidak (4.7.5)	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)		
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	300 (1,33)	
Koridor					
- Lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)		
- Lantai lain	Sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain				
Ruang makan dan restoran	100 (4,79)	Tidak (4.7.5)	Tidak (4.7.5)		

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
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 - Hunian satu keluarga saja	100 (4,79) 40 (1,92)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	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 - Ruang operasi, laboratorium - Ruang pasien - Koridor diatas lantai pertama	60 (2,87) 40 (1,92) 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)	1000 (4,45) 1000 (4,45) 1000 (4,45)	
Hotel (lihat rumah tinggal)					

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
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 - Loteng yang tidak dapat dihuni tanpa gudang - Loteng yang tidak dapat dihuni dengan gudang - Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur	10 (0,48) 20 (0,96) 30 (1,44) 40 (1,92)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)		4.12.1 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
- Semua ruang kecuali tangga - Semua hunian rumah tinggal lainnya - Ruang pribadi dan koridornya - Ruang publik - Koridor ruang publik	40 (1,92) 100 (4,79) 100 (4,79)	Ya (4.7.2) Tidak (4.7.5) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Tidak (4.7.5) Ya (4.7.2)		
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
Semua konstruksi lainnya - Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan	20 (0,96)	Ya (4.8.2)			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
lantai tempat bekerja - 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 - Semua komponen struktur atap utama lainnya		- -		2000 (8,90) 300 (1,33) 300 (1,33)	
Semua permukaan atap dengan beban pemeliharaan					
Sekolah - Ruang kelas - Koridor diatas lantai pertama - Koridor lantai pertama	40 (1,92) 80 (3,83) 100 (4,79)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	1.000 (4,45) 1.000 (4,45) 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 - Rumah tinggal untuk satu dan dua keluarga saja	100 (4,79)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2) Ya (4.7.2)	300 (1,33) 300 (1,33)	4.16 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) - Ringan - Berat	125 (6,00) 250 (11,97)	Tidak (4.7.3)	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
		Tidak (4.7.3)	Tidak (4.7.3)		
Toko					
Eceran					
- Lantai pertama	100 (4,79)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
- Lantai di atasnya	75 (3,59)	Ya (4.7.2)	Ya (4.7.2)	1.000 (4,45)	
Grosir, disemua lantai	125 (6,00)	Tidak (4.7.3)	Ya (4.7.3)	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)

2.2.4 Beban Gempa

Beban gempa adalah beban yang menggambarkan dampak pergerakan tanah akibat gempa bumi terhadap suatu struktur bangunan. Dalam perencanaan dan analisis struktur, pengaruh gempa sering direpresentasikan dalam bentuk beban statik ekuivalen untuk mensimulasikan respons struktur terhadap getaran seismik. Sementara itu, pada analisis dinamik, beban gempa dipahami sebagai gaya-gaya dalam yang muncul pada elemen-elemen struktur sebagai akibat respons bangunan terhadap gerakan tanah selama terjadinya gempa. Dengan demikian, beban gempa merupakan aspek penting yang harus diperhitungkan dalam desain bangunan tahan gempa untuk memastikan keamanan, kestabilan, serta kinerja struktur selama masa layan maupun saat terjadi gempa bumi.

Dalam perancangan struktur beton bertulang pada gedung apartemen yang direncanakan memiliki ketahanan terhadap gempa, acuan utama yang digunakan di Indonesia adalah SNI 1726:2019 yang dikeluarkan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN) terkait Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung. Standar tersebut mengatur berbagai aspek

penting, seperti penentuan parameter gempa rencana, penyusunan spektrum respons desain, pengelompokan kategori risiko bangunan, faktor keutamaan gempa, hingga metode analisis struktur yang dapat dilakukan menggunakan pendekatan statik ekuivalen maupun analisis dinamik berbasis respons spektrum. Umumnya, bangunan apartemen diklasifikasikan sebagai bangunan dengan kategori risiko II, sehingga desain strukturnya harus mampu memenuhi ketentuan ketahanan terhadap beban lateral akibat gempa sesuai persyaratan yang tercantum dalam standar tersebut.

2.3 Kombinasi Beban

Untuk memperkirakan besarnya beban yang dapat bekerja pada struktur, diperlukan penentuan kombinasi pembebanan yang sesuai, karena dalam kondisi nyata beberapa jenis beban dapat terjadi secara bersamaan. Berdasarkan Pasal 7.4.2 SNI 1726:2012, kombinasi beban yang mengacu pada ketentuan dalam SNI 1727 yang menetapkan beban minimum wajib diperhitungkan dalam seluruh proses perancangan struktur.

- a. 1,4D
- b. 1,2D + 1,6L
- c. $(1,2+0,2.Sds).D + 1,0L \pm \rho(Ex \pm 0,3Ey)$
- d. $(0,9-0,2.Sds).D \pm \rho(Ex \pm 0,3Ey)$

Keterangan :

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

2.4 Metode Analisis Gaya Gempa

Dalam perancangan bangunan tahan gempa, metode analisis gempa secara umum dibedakan menjadi dua kategori utama, yaitu analisis statik yang dikenal sebagai metode gaya lateral ekivalen, serta analisis dinamik yang mencakup analisis respons spektrum dan analisis riwayat waktu (*time history*). Tingkat ketelitian dalam memilih serta menerapkan metode analisis tersebut sangat berpengaruh

terhadap akurasi dalam memprediksi perilaku struktur saat menerima beban gempa. Semakin detail dan tepat pendekatan yang digunakan, maka hasil perencanaan yang diperoleh biasanya akan lebih efisien, ekonomis, dan memiliki tingkat keandalan yang lebih tinggi. Namun demikian, pemilihan metode analisis tetap harus mengacu pada ketentuan yang tercantum dalam standar atau regulasi perencanaan yang berlaku. Penggunaan analisis statik maupun dinamik pada umumnya ditentukan oleh karakteristik bangunan, terutama apakah struktur tersebut termasuk dalam kategori tertentu. Standar tata cara yang berlaku di Indonesia yaitu sebagai berikut:

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.

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)

2.5 Penentuan Gempa Rencana dan Kategori Gedung

Dalam proses perencanaan maupun evaluasi struktur gedung serta bangunan non-gedung berikut seluruh komponen dan perlengkapannya, diperlukan penetapan besarnya pengaruh gempa yang dijadikan sebagai dasar perancangan. Acuan tersebut dikenal sebagai gempa rencana, yaitu gempa yang memiliki kemungkinan

terlampaui sebesar 2% selama umur layan struktur yang diasumsikan mencapai 50 tahun.

2.5.1 Kategori Risiko Struktur Bangunan

Penerapan ketentuan tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat risiko pada bangunan gedung maupun non-gedung. Penyesuaian ini dicapai melalui pengalihan hasil analisis awal dengan faktor keutamaan, yang nilainya ditetapkan sesuai dengan kategori risiko dari struktur yang bersangkutan.

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 penyimpanan - 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 - Pusat pembelanjaan / mall - Bangunan industry - Fasilitas manufaktur - Pabrik	II
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	III

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

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

2.5.2 Faktor Keutamaan Gempa

Dalam analisis perencanaan struktur, nilai beban gempa rencana harus dikalikan dengan faktor keutamaan (I_e) yang besarnya ditetapkan berdasarkan klasifikasi kategori risiko pada wilayah yang dianalisis.

Nilai faktor keutamaan gempa disajikan dalam tabel

Tabel 2. 6 Faktor keutamaan gempa

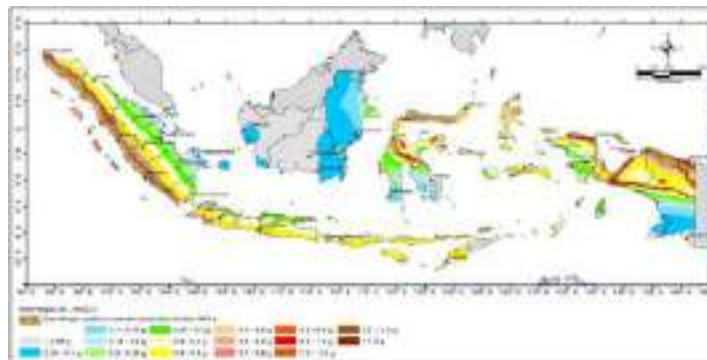
Kategori Risiko	Faktor keutamaan gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

(Sumber : SNI 1726:2019, hal 25)

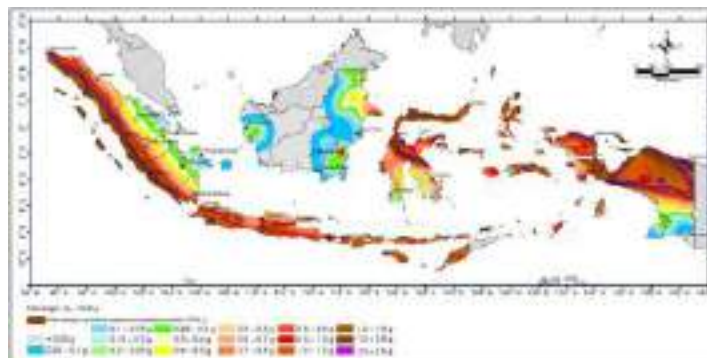
2.5.3 Wilayah Gempa

Dalam proses perhitungan desain struktur, nilai beban gempa rencana harus dikalikan dengan faktor keutamaan (I_e), yang besarnya ditetapkan berdasarkan pengelompokan kategori risiko pada wilayah atau bangunan yang dianalisis.

Berdasarkan SNI 1726:2019, klasifikasi wilayah gempa ditentukan menggunakan dua parameter utama, yaitu S_s dan S_1 . Parameter S_s merupakan nilai percepatan spektral batuan dasar pada periode pendek, sedangkan S_1 adalah nilai percepatan spektral batuan dasar pada periode 1 detik. Kedua nilai tersebut diperoleh dari peta respons spektral percepatan gempa untuk periode 0,2 detik dan 1 detik yang tercantum dalam standar. Peta tersebut disusun berdasarkan probabilitas terlampaui gempa sebesar 2% dalam periode 50 tahun, sehingga dapat dijadikan acuan dalam perencanaan struktur tahan gempa..



Gambar 2. 1 S_1 gempa maksimum yang di pertimbangkan resiko tertarget (MCER)



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

2.5.4 Klasifikasi Kelas Situs

Klasifikasi situs adalah suatu sistem pengelompokan lokasi yang digunakan sebagai dasar dalam menentukan parameter desain seismik, termasuk pengaruh faktor amplifikasi pada bangunan. Detail mengenai pembagian klasifikasi situs tersebut ditampilkan pada tabel berikut.

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 $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $s_u < 25$ 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 $H > 3$ m) • Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan indeks plastisitas $PI > 75$) Lapisan lempung lunak/setengah teguh dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $s_u < 50$ kPa		

(Sumber : SNI 1726:2019)

2.6 Menentukan Respon Spektra

Menurut SNI 1726:2019, penentuan respons spektrum percepatan gempa MCER pada permukaan tanah dilakukan dengan menggunakan faktor amplifikasi seismik untuk periode pendek 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi tersebut terdiri atas F_a , yang merepresentasikan amplifikasi percepatan pada rentang periode pendek, serta F_v , yang menggambarkan amplifikasi percepatan pada periode 1 detik. Selanjutnya, nilai parameter respons spektrum percepatan pada periode pendek (S_{MS}) dan periode 1 detik (S_{M1}), yang telah dikoreksi berdasarkan pengaruh klasifikasi situs, dihitung menggunakan persamaan berikut sesuai ketentuan dalam SNI 1726:2019 :

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

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

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. 8 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. 9 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

2.6 Parameter Respon Spektral Percepatan Desain

Parameter percepatan spektral desain untuk periode pendek, S_{DS} dan pada periode 1 detik, S_{D1} , harus ditentukan melalui perumusan berikut :

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

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

2.7 Respon Spektral Desain

Sesuai ketentuan dalam SNI 1726:2019 Pasal 6.4, apabila analisis struktur mensyaratkan penggunaan spektrum respons desain dan tidak menerapkan prosedur gerak tanah spesifik-situs (*site-specific ground motion procedure*), maka kurva spektrum respons desain harus disusun berdasarkan Gambar 2.3 Spektrum Respons Desain. Penyusunan kurva tersebut dilakukan dengan mengikuti seluruh persyaratan yang telah ditetapkan dalam standar, sebagaimana diuraikan pada ketentuan berikut :

1. Untuk periode yang lebih kecil dari T_0 , spektrum respons percepatan desain, S_a harus diambil dari persamaan :

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

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_S , spektrum respons percepatan desain, S_a sama dengan S_{DS}
3. Untuk periode lebih besar dari T_S tetapi lebih kecil dari atau sama dengan T_L , respons spektral percepatan desain, S_a diambil berdasarkan persamaan:

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

4. Untuk periode lebih besar dari T_L , respons spektral percepatan desain, S_a diambil berdasarkan persamaan:

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

Keterangan :

S_{DS} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode pendek

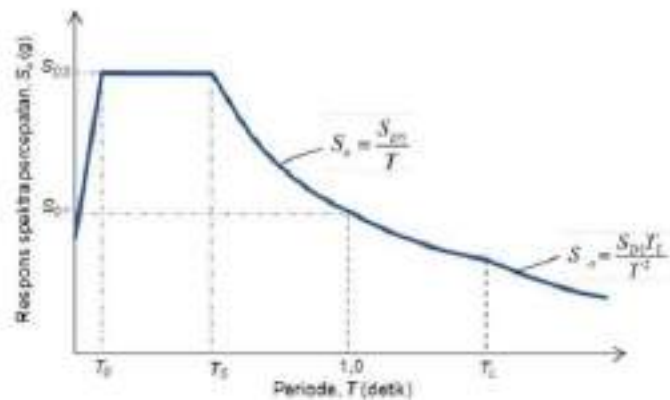
S_{D1} = parameter respons spektral percepatan desain pada periode 1 detik

T = periode getas fundamental struktur

$$T_0 = 0,2 \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

$$T_S = \frac{S_{D1}}{S_{DS}}$$

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)

2.8 Kategori Desain Seismik

Berdasarkan SNI 1726:2019, bahwa untuk menentukan kategori desain seismik dapat dilihat pada tabel 2.10 dan tabel 2.11 untuk menetapkan kategori desain seismik harus dengan nilai yang paling tinggi atau berat yang diperbolehkan, terlepas dari nilai periode fundamental getaran struktur, T .

Tabel 2. 10 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. 11 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)

2.9 Faktor R, Ω_0 , dan C_d

Dalam perancangan struktur yang dirancang tahan terhadap gempa, penggunaan sistem penahan gaya seismik yang berbeda pada masing-masing arah sumbu ortogonal bangunan diperbolehkan. Apabila terdapat lebih dari satu sistem struktur yang digunakan, maka setiap sistem wajib dirancang dengan mempertimbangkan nilai faktor modifikasi respons (R), faktor kuat lebih sistem (Ω_0), serta faktor amplifikasi defleksi (C_d) yang sesuai dengan karakteristiknya. Selain itu, seluruh sistem yang diterapkan tetap harus memenuhi persyaratan dan batasan yang telah ditetapkan dalam tabel sistem struktur yang berlaku.

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 respons (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 diizinkan untuk direduksi setengah untuk struktur dengan diafragma fleksibel

c = faktor pembesaran simpangan lateral (C_d) untuk penggunaan dalam 7.8.6, 7.8.7, 7.9.1.2

e = untuk penjelasan sistem pemikul gaya seismik yang dibatasi sampai bangunan dengan ketinggian 72 m atau kurang

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

2.10 Analisa Statik Ekuivalen

Analisis statik ekuivalen merupakan metode yang merepresentasikan pengaruh gempa terhadap struktur dalam bentuk gaya lateral statis yang diasumsikan setara dengan efek dinamis akibat gempa bumi. Gaya tersebut dianggap bekerja pada struktur hingga tingkat tertentu tanpa menimbulkan perubahan tegangan yang signifikan terhadap perilaku struktur secara keseluruhan. Berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019, perhitungan analisis statik ekuivalen dapat dilakukan dengan prosedur sebagai berikut:

Gaya geser dasar seismik, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$V = C_S \cdot W \dots\dots\dots \text{(Pers 2.8)}$$

Nilai C_S yang dihitung sesuai dengan ketentuan sebagai berikut :

- Untuk $T \leq T_L$

$$C_S = \frac{S_{DS}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.9)}$$

- Untuk $T > T_L$

$$C_S \max = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.10)}$$

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

$$C_S \min = \frac{0,5S_1}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.11)}$$

Keterangan :

V = Geser dasar seismik (kN)

C_s = Koefisien respons seismik

W = Berat seismik seluruh beban mati dan beban lainnya bangunan
(kN)

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

S_1 = Parameter percepatan spektrum respons desain maksimum.

2.11 Periode Fundamental Pendekatan

Mengacu pada ketentuan SNI 1726:2019, nilai periode fundamental struktur (T) wajib ditetapkan berdasarkan karakteristik dinamis bangunan, sifat material yang digunakan, serta respons deformasi dari elemen-elemen penahan beban yang diperoleh melalui metode analisis yang telah diverifikasi. Nilai periode fundamental tersebut tidak boleh melampaui hasil perkalian antara koefisien batas

atas periode terhitung (C_u) yang tercantum dalam tabel 2.13 dan periode fundamental pendekatan (T_a) yang telah ditentukan sebelumnya.

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)

Adapun periode fundamental pendekatan (T_a) dalam detik, harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$T_a = C_t h_n^x \dots\dots\dots \text{(Pers 2.11)}$$

Keterangan :

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

Tabel 2. 14 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka pemikul 100% gaya seismik yang disyaratkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik : • 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)

Periode fundamental pendekatan (T_a), yang dinyatakan dalam satuan detik, dapat dihitung menggunakan persamaan yang telah ditetapkan khusus untuk bangunan dengan tinggi maksimum hingga 12 lantai. Persamaan ini berlaku untuk struktur yang memakai sistem penahan gaya seismik berupa rangka pemikul momen, baik yang seluruh elemennya terbuat dari beton maupun baja, dengan ketentuan tinggi rata-rata tiap tingkat tidak kurang dari 3 meter.

$$T_a = 0,1N \dots\dots\dots (\text{Pers 2.12})$$

Keterangan :

N = jumlah tingkat

Untuk struktur dinding geser batu bata atau dinding geser beton dengan tinggi tidak melebihi 36,6 m, perhitungan periode fundamental pendekatan (T_a) diizinkan menggunakan persamaan (2.13) sebagai berikut :

$$T_a = \frac{0,00058}{\sqrt{C_w}} h_n \dots\dots\dots (\text{Pers 2.13})$$

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

$$C_w = \frac{100}{A_B} \sum_{i=1}^x \frac{A_i}{[1+0,83 (\frac{h_n}{D_i})]} \dots\dots\dots (\text{Pers 2.14})$$

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

2.12 Distribusi Vertikal Gaya Seismik

Dalam menentukan distribusi vertikal seismik harus ditentukan dengan menggunakan persamaan :

$$F_x = C_{VX} V \dots\dots\dots (\text{Pers 2.15})$$

$$C_{VX} = \frac{W_x \cdot h \frac{k}{x}}{\sum_{i=1}^n W_i h_i \frac{k}{i}} \dots\dots\dots (\text{Pers 2.16})$$

Keterangan :

C_{VX} = faktor distribusi vertical

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, $= 2$ atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

2.13 Distribusi Horizontal Gaya Seismik

Dalam menentukan geser tingkat desain seismik di semua tingkat, V_x (kN) harus ditentukan dari persamaan berikut :

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i \dots\dots\dots \text{(Pers 2.17)}$$

,keterangan :

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

Geser tingkat desain seismic V_x (kN), harus didistribusikan ke berbagai elemen vertical dari sistem pemikul gaya seismic pada tingkat yang dianalisis, berdasarkan pada kekakuan lateral relatif dari elemen pendukung vertical dan diafragma.

2.14 Pembesaran Momen Torsi Tak Terduga

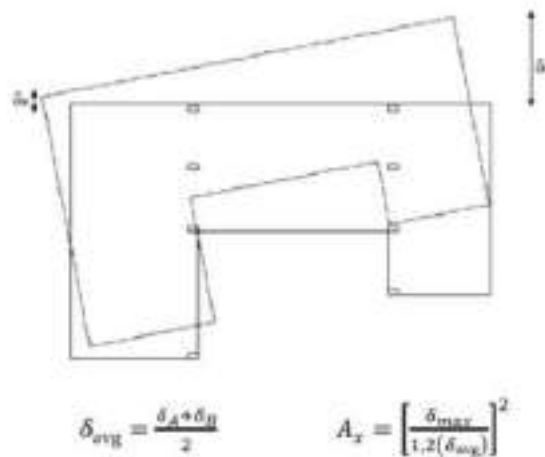
Berdasarkan ketentuan SNI 1726:2019, bangunan yang dirancang dengan kategori desain seismik C, D, E, atau F, apabila mengalami ketidakberaturan torsi tipe 1a maupun 1b, maka pengaruhnya harus diperhitungkan dengan mengalikan momen torsi (M_{ta}) pada setiap tingkat dengan faktor amplifikasi torsi (A_x) sebagaimana ditunjukkan pada gambar serta persamaan berikut:

$$A_x = \left(\frac{\delta_{max}}{1,2 \delta_{avg}} \right)^2 \dots\dots\dots \text{(Pers 2.18)}$$

Keterangan :

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

δ_{avg} adalah 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

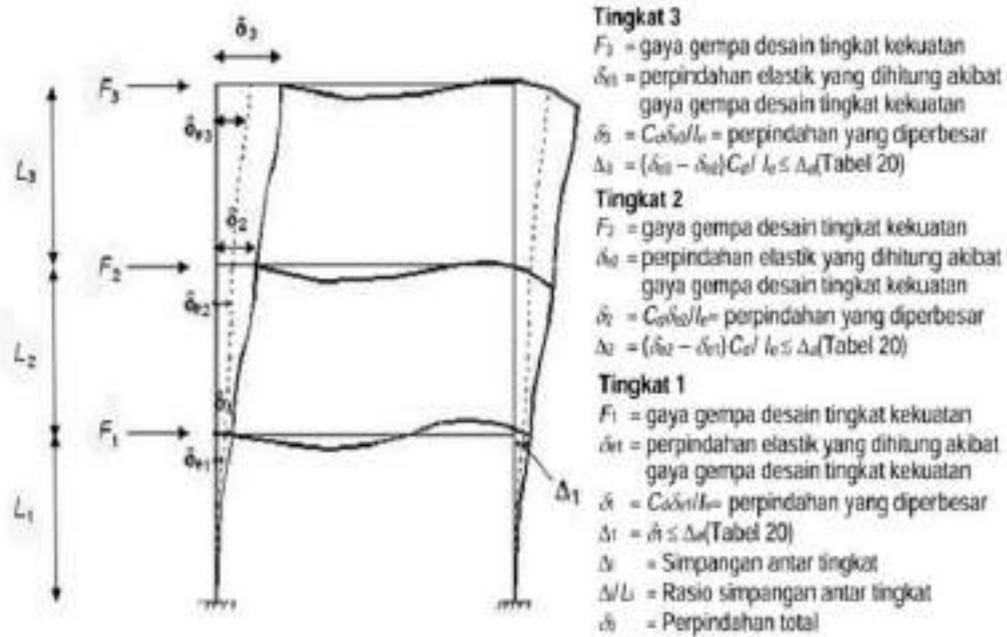
(Sumber : SNI 1726:2019)

2.15 Simpangan Antar Tingkat

Kekakuan struktur merupakan parameter fundamental yang berperan dalam menjaga kinerja dan kestabilan suatu bangunan. Suatu sistem struktur harus memiliki tingkat kekakuan yang memadai sehingga mampu membatasi deformasi akibat pengaruh beban vertikal maupun beban lateral. Dengan kekakuan yang cukup, perpindahan atau displacement yang terjadi pada struktur dapat dikendalikan agar tetap berada dalam batas yang diperkenankan sehingga keamanan dan kenyamanan bangunan tetap terjaga.

Pemeriksaan simpangan antar lantai dilakukan untuk menilai tingkat keamanan, kestabilan, serta kelayakan fungsi struktur yang telah direncanakan. Nilai simpangan antar tingkat (Δx) diperoleh dari perbedaan perpindahan lateral pada suatu lantai terhadap lantai yang berada tepat di bawahnya. Dalam ketentuan SNI 1726:2019, simpangan elastis tingkat (δ_{ex}) yang dihasilkan dari analisis struktur harus dikalikan dengan faktor pembesaran defleksi (C_d) untuk memperoleh simpangan desain atau simpangan teramplifikasi (δ_x). Prosedur ini digunakan untuk

mempresentasikan respons struktur yang lebih mendekati kondisi aktual saat menerima pengaruh gempa.



Gambar 2. 5 Penentuan Simpangan Antar Tingkat

(Sumber : SNI 1726:2019)

Simpangan antar tingkat (Δ) tidak boleh melebihi simpangan antar tingkat izin (Δ_d) seperti yang ditetapkan tabel berikut ini :

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) harus ditentukan sesuai dengan persamaan berikut :

$$\delta_x = \frac{C_d \delta_{xe}}{I_e} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.19)}$$

Keterangan :

C_d = faktor pembesaran simpangan lateral

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

I_e = faktor keutamaan gempa

2.16 Efek P-Delta

Saat struktur mengalami gaya lateral, akan timbul perpindahan antar lantai (drift) sebesar Δ yang menyebabkan terjadinya eksentrisitas antara beban gravitasi dengan sumbu vertikal elemen struktur seperti kolom atau dinding. Kondisi eksentrisitas ini menghasilkan tambahan momen internal yang dapat memperbesar momen hasil analisis orde pertama. Interaksi antara beban aksial gravitasi (P) dan perpindahan lateral (Δ) tersebut dikenal sebagai efek P-Delta, yang pada umumnya dianalisis menggunakan metode analisis orde kedua (*second-order analysis*) atau analisis P-Delta untuk mendapatkan respons struktur yang lebih mendekati kondisi sebenarnya.

Dampak efek P-Delta terhadap gaya geser tingkat, gaya dan momen pada elemen struktur, serta simpangan antar tingkat yang terjadi dapat diabaikan apabila nilai koefisien stabilitas (θ) yang diperoleh dari persamaan yang berlaku bernilai $\leq 0,10$. Dalam kondisi tersebut, pengaruh orde kedua dianggap tidak memberikan kontribusi yang signifikan terhadap perilaku struktur, sehingga tidak perlu dimasukkan dalam proses analisis.

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.20)}$$

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 :

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0.25 \dots\dots\dots \text{(Pers 2.21)}$$

Dalam hal ini, β merupakan perbandingan antara kebutuhan gaya geser terhadap kapasitas geser pada tingkat yang sedang ditinjau, dengan nilai rasio konservatif yang diizinkan sebesar 1,0. Apabila koefisien stabilitas (θ) berada pada rentang lebih besar dari 0,10 namun masih lebih kecil dari θ_{maks} , maka analisis struktur harus dilakukan menggunakan pendekatan rasional. Sebagai opsi lain, diperbolehkan melakukan koreksi dengan mengalikan perpindahan serta gaya pada elemen struktur menggunakan faktor $1,0/(1-\theta)$. Namun, jika nilai θ melebihi θ_{maks} , maka kondisi tersebut menunjukkan bahwa struktur berpotensi tidak stabil sehingga perlu dilakukan desain ulang

2.17 Parameter Respon Ragam

Mengacu pada SNI 1726:2019, setiap parameter desain yang berkaitan dengan respons struktur seperti simpangan antar tingkat, gaya geser dasar, serta gaya yang bekerja pada masing-masing elemen struktur harus dihitung untuk tiap mode getar dengan memanfaatkan karakteristik mode tersebut serta spektrum respons yang telah ditetapkan dalam standar. Dalam perhitungan, nilai spektrum respons terlebih dahulu direduksi dengan faktor (R/I). Adapun hasil perpindahan dan simpangan antar lantai yang diperoleh dari analisis perlu dikalikan dengan faktor (C_d/I) agar menghasilkan respons desain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

2.18 Stabilitas Struktur

Dalam proses perencanaan struktur bangunan, terutama pada gedung bertingkat tinggi, faktor kekakuan dan kestabilan struktur perlu menjadi fokus utama. Struktur harus dirancang sedemikian rupa agar mampu menahan berbagai

jenis beban yang bekerja selama masa layanan bangunan serta menunjukkan perilaku yang responsif dan terkendali terhadap beban tersebut. Saat menerima beban, struktur yang memiliki tingkat stabilitas baik akan mengalami deformasi atau perubahan bentuk yang relatif kecil dibandingkan dengan struktur yang kurang stabil. Hal ini menandakan bahwa struktur tersebut mempunyai kapasitas kekuatan dan tingkat kestabilan yang memadai dalam menahan beban yang bekerja.

2.19 Struktur Beton Bertulang

Beton merupakan material konstruksi yang dihasilkan dari campuran agregat halus berupa pasir, agregat kasar seperti kerikil atau batu pecah, semen, dan air. Dalam kondisi tertentu, bahan tambahan (*admixture*) juga dapat dimasukkan ke dalam campuran tersebut untuk meningkatkan karakteristik beton. Penambahan ini bertujuan untuk memperbaiki sifat-sifat beton, antara lain meningkatkan kemudahan pengerjaan (*workability*), ketahanan (*durability*), serta mengatur waktu pengerasan beton sesuai kebutuhan pelaksanaan konstruksi.

2.20 Sistem Rangka Pemikul Momen

Sistem rangka pemikul momen merupakan sistem struktur di mana elemen-elemennya, yaitu balok, kolom, serta sambungan (*joint*), bekerja sama dalam menahan gaya melalui mekanisme lentur, geser, dan gaya 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 :

Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SPRMB), untuk daerah yang berada di wilayah gempa kecil dengan kategori desain seismik (KDS) A dan B

1. Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SPRMM), untuk daerah yang berada di wilayah gempa sedang dengan kategori desain seismik (KDS) A, B dan C
2. Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SPRMK), untuk daerah yang berada di wilayah gempa tinggi dengan kategori desain seismik (KDS) A, B, C, D, E, dan F.

2.20.1 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa

Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) adalah sistem struktur dengan konfigurasi yang cenderung sederhana serta lebih ekonomis dalam pelaksanaannya, sehingga umumnya digunakan pada wilayah dengan tingkat bahaya gempa yang rendah. Namun demikian, sistem ini memiliki kemampuan daktilitas yang lebih terbatas jika dibandingkan dengan jenis sistem rangka pemikul momen lainnya. Karena itu, penerapannya harus mempertimbangkan kondisi lingkungan serta karakteristik tanah setempat, sebab perubahan pada kondisi geoteknik dapat berpengaruh terhadap peningkatan risiko kinerja struktur.

Dalam SNI 1726:2019 Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa disyaratkan dengan kategori berikut :

1. Struktur rangka pemikul momen biasa didesain untuk kategori desain seismik D atau E
2. Diizinkan memiliki ketinggian Gedung h_m sampai 20m, apabila beban mati yang dipikul dan tributari beban atapnya tidak melebihi $0,96 \text{ kN/m}^2$
3. Diizinkan dalam konstruksi rangka ringan sampai ketinggian, h_m 10 m, dengan beban mati di semua lantai di atas dasar yang didukung dan tributari pada rangka momen tidak melebihi $1,68 \text{ kN/m}^2$.

2.20.2 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah

Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) adalah jenis sistem struktur dengan susunan yang relatif sederhana serta lebih ekonomis dari sisi biaya pelaksanaan, sehingga biasanya digunakan pada wilayah dengan tingkat kerawanan gempa yang rendah. Namun demikian, sistem ini memiliki kapasitas daktilitas yang lebih terbatas jika dibandingkan dengan sistem rangka pemikul momen lainnya. Oleh sebab itu, penerapannya harus mempertimbangkan kondisi lingkungan serta karakteristik tanah setempat, karena perubahan kondisi geoteknik dapat berpengaruh terhadap meningkatnya risiko kinerja struktur. Dalam SNI 1726:2019 Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah disyaratkan dengan kategori berikut :

1. SRPMM didesain untuk kategori desain seismic D dan E

2. Diizinkan memiliki ketinggian gedung sampai h_m 20 m, apabila beban mati yang ditanggungnya tidak melebihi $0,96 \text{ kN/m}^2$
3. Struktur rangka pemikul momen menengah yang didesain untuk kategori desain seismik D dan E diizinkan dalam konstruksi rangka ringan sampai ketinggian h_m 10 m, dimana beban mati atap atau beban mati di semua lantai di atas dasar yang didukung dan tributari pada rangka momen tidak melebihi $1,68 \text{ kN/m}^2$
4. Struktur rangka pemikul momen menengah yang didesain untuk kategori desain seismic F, diizinkan memiliki tinggi struktur h_m sampai 20m, apabila beban mati yang ditanggungnya dan tributari beban atapnya tidak melebihi $0,96 \text{ kN/m}^2$. Sebagai tambahan, tributary beban mati pada rangka pemikul momen dari dinding eksterior yang terletak lebih dari 10 m diatas dasar tidak boleh melebihi $0,96 \text{ kN/m}^2$.

2.20.3 Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus

Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) merupakan sistem struktur ruang yang dirancang agar komponen-komponen strukturalnya, seperti balok, kolom, serta sambungan (*joint*), mampu menahan gaya yang bekerja melalui mekanisme lentur, geser, dan aksial. Sistem ini umumnya digunakan pada daerah dengan tingkat risiko gempa tinggi karena memiliki kemampuan daktilitas serta disipasi energi yang lebih baik dibandingkan sistem rangka pemikul momen lainnya. Pada SRPMK, beban lateral akibat gempa maupun beban gravitasi didistribusikan ke setiap tingkat bangunan, kemudian disalurkan ke elemen balok dan kolom. Untuk memastikan kinerja struktur tetap terjaga saat terjadi gempa kuat, setiap elemen harus dirancang dan didetailkan sesuai dengan persyaratan khusus yang berlaku pada wilayah dengan tingkat kegempaan tinggi.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan hal yang krusial dalam pelaksanaan suatu penelitian. Pemanfaatan metode yang tepat menjadi sangat penting pada suatu penelitian. Metode penelitian digunakan dalam memastikan hasil yang valid dan dapat dipercaya. Tidak hanya mendukung dalam perancangan dan proses pengumpulan data saja, metode penelitian juga mendukung proses analisis dan intepretasi informasi yang telah diperoleh. Dengan memilih metode yang sesuai, peneliti dapat mengungkap temuan yang relavan dan memberikan kontribusi yang signifikan terhadap pengembangan pengetahuan di bidang yang sedang diteliti. Oleh karena itu, pemahaman yang mendalam tentang berbagai metode penelitian merupakan aspek krusial dalam setiap studi ilmiah. Secara umum, metode penelitian dibagi menjadi dua kategori utama. Kedua kategori tersebut adalah metode kuantitatif dan metode kualitatif.

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak ETABS. Metode ini bertujuan untuk menganalisis respons struktur beton bertulang gedung apartemen terhadap kombinas beban gravitasi dan beban gempa, kemudian merencanakan elemen-elemen struktur sesuai dengan ketentuan yang berlaku. Analisis dilakukan berdasarkan data perencanaan bangunan, karakteristik material, pembebanan, serta parameter kegempaan lokasi penelitian.

3.2 Alur Penelitian

Alur penelitian merupakan suatu kerangka dasar yang menggambarkan tahapan penyelenggaraan penelitian secara sistematis dalam memperoleh kebenaran ilmiah. Proses tersebut diawali dari munculnya gagasan penelitian hingga menghasilkan sintesis berupa pengetahuan baru. Dalam penerapannya, alur penelitian tidak hanya berlangsung secara berurutan, tetapi juga memungkinkan adanya proses pengulangan pada setiap tahapan sebagai bentuk verifikasi dan penyempurnaan terhadap hasil yang diperoleh. Pada penelitian ini, alur penelitian

digunakan sebagai pedoman dalam perancangan struktur beton bertulang bangunan hotel yang direncanakan mampu menahan pengaruh beban gempa, sehingga diperoleh desain struktur yang optimal dan memenuhi ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI). Diagram alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.1.

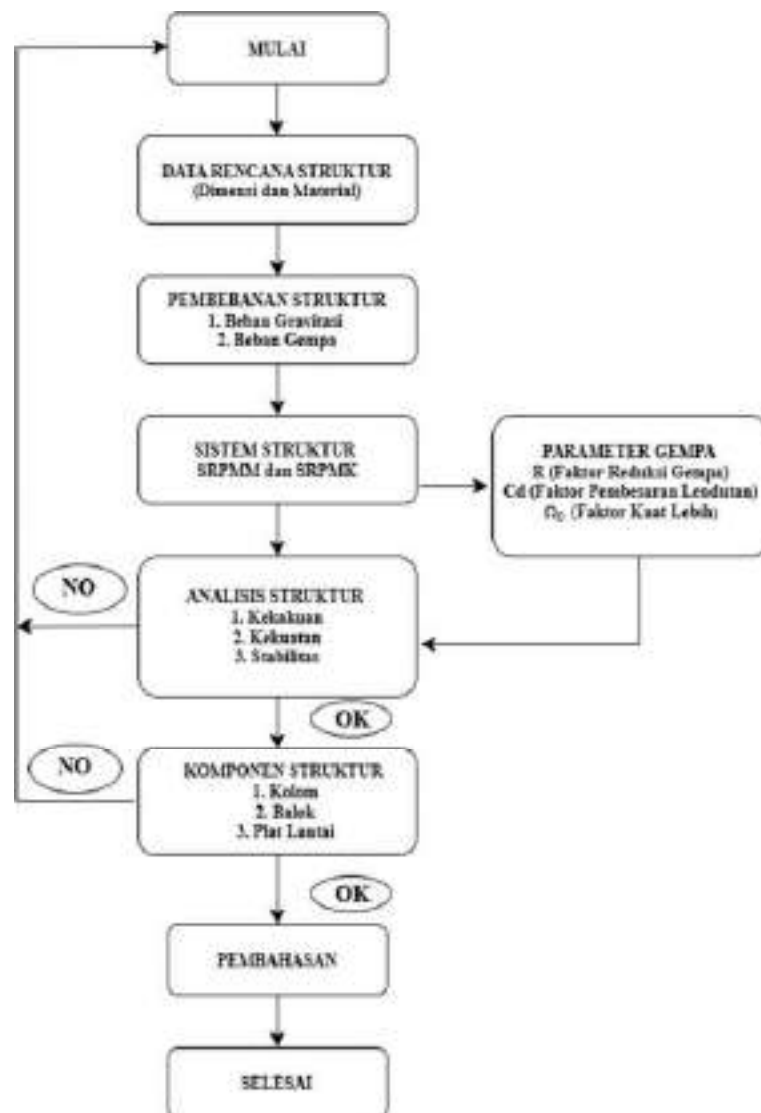


Gambar 3. 1 Diagram Alur Penelitian

3.3 Metode Pelaksanaan

Metode pelaksanaan penelitian merupakan pedoman kerja yang menjelaskan urutan kegiatan penelitian secara sistematis dan terencana sebagai

acuan dalam mencapai tujuan penelitian. Setiap tahapan dilaksanakan secara berkesinambungan agar proses penelitian berlangsung sesuai dengan kaidah ilmiah. Pelaksanaan penelitian ini dimulai dari tahap pengumpulan dan penyiapan data perencanaan struktur, kemudian dilanjutkan dengan proses pemeriksaan, pengolahan, serta analisis data hingga penelitian selesai. Melalui tahapan tersebut, kualitas data yang digunakan dapat dievaluasi secara menyeluruh sehingga hasil penelitian memiliki tingkat keabsahan yang baik dan memenuhi ketentuan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku.



Gambar 3. 2 Perancangan Struktur Beton Bertulang

BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Perencanaan Struktur

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

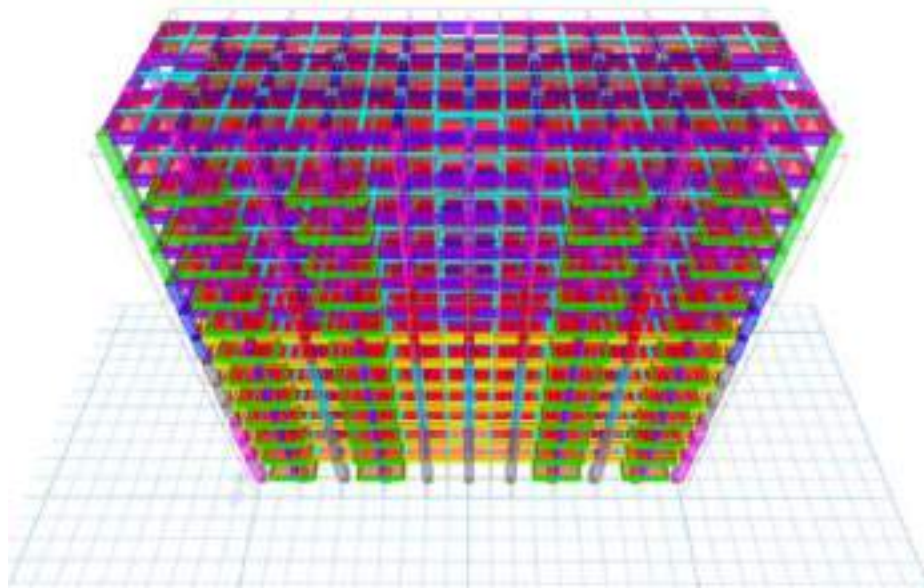
Jenis Bangunan	: Apartemen
Jumlah Lantai	: 13 Lantai
Luas Bangunan	: 40 m x 16 m
Tinggi Lantai Base	: 4 m
Tinggi Perlantai	: 3 m
Lokasi proyek	: Kota Palembang, Jl. Bypass Alang-alang lebar, Talang Kelapa.



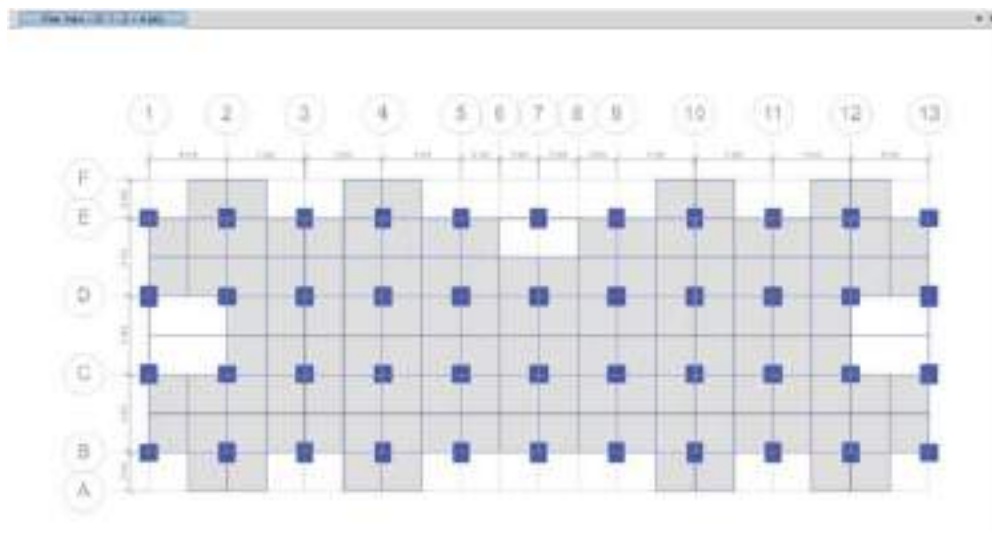
Gambar 4. 1 Lokasi Perencanaan
(Sumber : Google Earth)

4.1.1 Pemodelan Struktur

Bangunan yang direncanakan merupakan bangunan struktur beton bertulang dengan fungsi bangunan sebagai Apartemen, yang akan di bangun 13 Lantai. Dalam Skripsi ini struktur bangunan dimodelkan sebagai Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) dengan perletakan jepit pada tie beam.



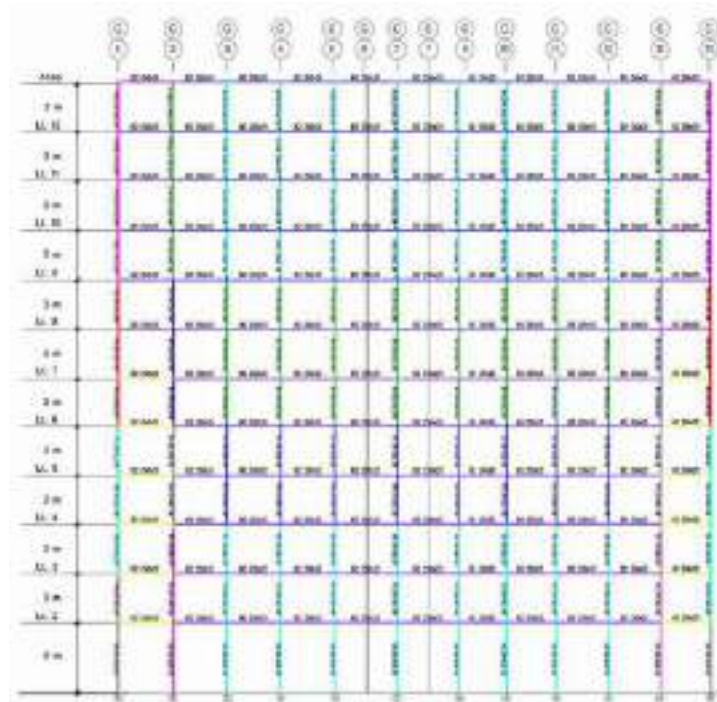
Gambar 4. 2 Perspektif Struktur Bangunan Rencana



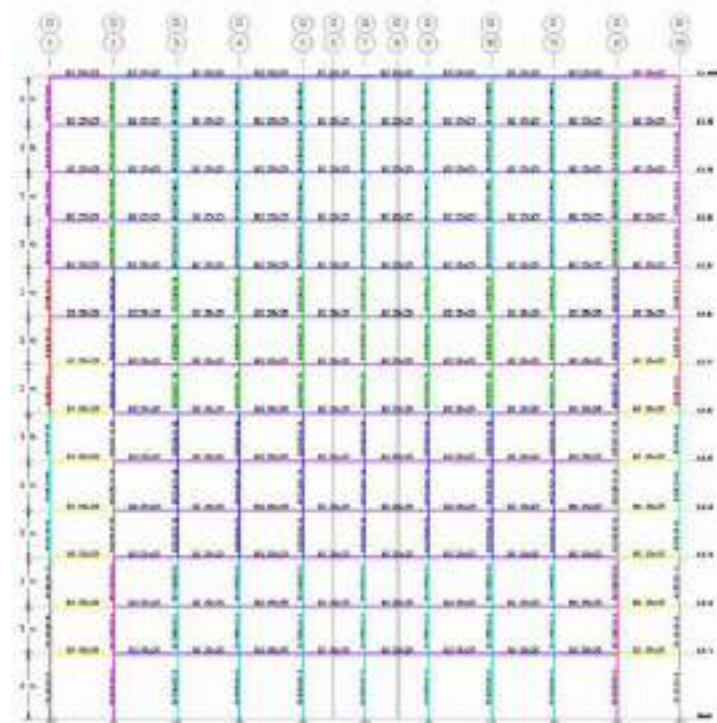
Gambar 4. 3 Denah Lantai 1 – 12

Figure 1 is a detailed grid map of the study area in the northern part of the Tropic of Cancer. The map shows a grid of 12 columns (labeled 1-12) and 12 rows (labeled 1-12). Each cell contains a unique alphanumeric code. The grid is bounded by latitude 12°N and 12°S, and longitude 12°E and 12°W. The map is titled "Figure 1" and includes a scale bar indicating 100 km.

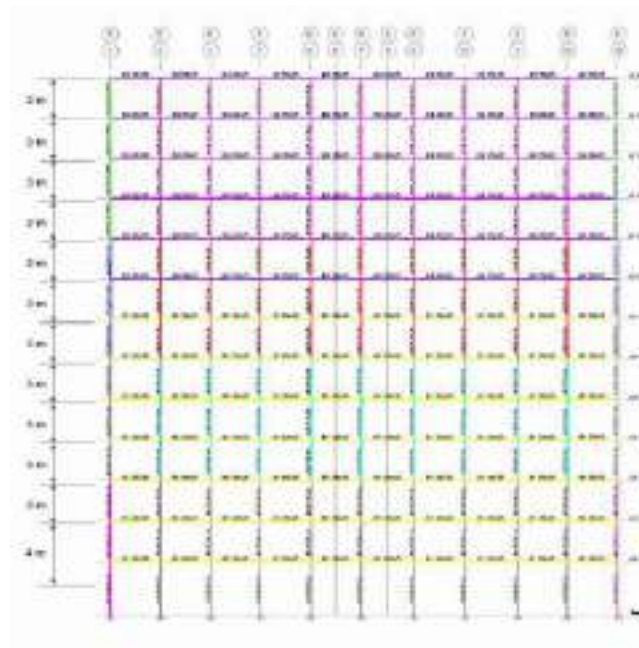
Gambar 4. 5 Potongan Grid B
(Sumber : Analisis ETABS)



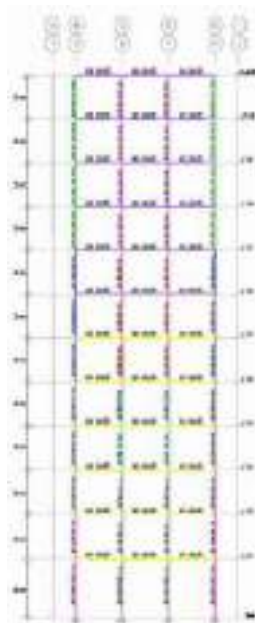
Gambar 4. 6 Potongann Grid C
(Sumber : Analisis ETABS)



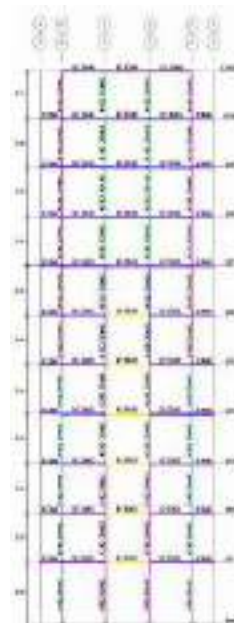
Gambar 4. 7 Potongan Grid D
(Sumber : Analisis ETABS)



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



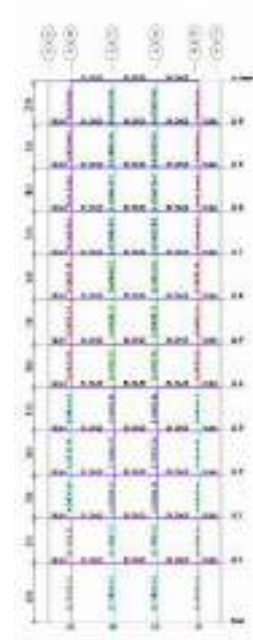
Gambar 4. 9 Potongan Grid 1
(Sumber : Analisis ETABS)



Gambar 4. 10 Potongan Grid 2
(Sumber : Analisis ETABS)



Gambar 4. 11 Potongan Grid 3
(Sumber : Analisis ETABS)



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

4.2 Data Material dan Dimensi Elemen Struktur

4.2.1 Material Propertis

1. Beton

- $F_c = 25 \text{ MPa}$
- $E_c = 23,500 \text{ MPa}$
- $B_j = 23,536 \text{ kN/m}^3$
- $\beta_1 = 0,85$

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 1 Sudut Lt. 1-3 = $85 \times 85 \text{ cm}$
- Kolom 1 Tengah Lt. 1-3 = $90 \times 90 \text{ cm}$
- Kolom 1 Tepi Lt. 1-3 = $80 \times 100 \text{ cm}$

- Kolom 2 Sudut Lt. 4-6 = 70 x 70 cm
- Kolom 2 Tengah Lt. 4-6 = 80 x 80 cm
- Kolom 2 Tepi Lt. 4-6 = 65 x 80 cm
- Kolom 3 Sudut Lt. 7-9 = 60 x 65 cm
- Kolom 3 Tengah Lt. 7-9 = 70 x 70 cm
- Kolom 3 Tepi Lt. 7-9 = 60 x 75 cm
- Kolom 4 Sudut Lt. 10-12 = 60 x 60 cm
- Kolom 4 Tengah Lt. 10-12 = 65 x 65 cm
- Kolom 4 Tepi Lt. 10-12 = 50 x 65 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 40 cm
- Balok Anak = 30 x 20 cm

4.3 Beban Gravitasi

4.3.1 Beban hidup

- Semua Ruangan Lantai 1 – 13 = 1,92 kN/m²
- Ruangan Publik Lantai = 4,79 kN/m²
- Balkon / koridor = 1,60 kN/m²
- Atap penghuni penggunaan lainnya = 4,79 kN/m³

4.3.2 Beban Mati Tambahan SIDL

1. SIDL Lantai

- Finishing Lantai (5cm) = 1,05 kN/m²
- Penutup Lantai (Keramik) = 0,60 kN/m²
- Dinding/ Partisi = 0,72 kN/m²
- Plafond + mechanical = 0,50 kN/m² +

SIDL TOTAL = 2,87 kN/m²

2. SIDL Atap

- Finishing Lantai (5cm) = 1,05 kN/m²
- Dinding/ Partis = 1,00 kN/m²

- $\frac{\text{Plafond + mechanical}}{\text{SIDL TOTAL}} = \frac{0,50 \text{ kN/m}^2}{2,55 \text{ kN/m}^2} +$

3. Dinding Permeter $\frac{1}{2}$ bt

- Dinding Lantai 1 $3,5 = 8,58 \text{ kN/m}^2$
- Dinding lantai 1 s/d 12 $2,5 = 6,13 \text{ kN/m}^2$
- Dinding Lantai Atap $0,5 = 1,23 \text{ kN/m}^2$

4.3.3 Rekap Beban

1. Beban mati

- Berat Sendiri Struktur $= 64,435,898,16 \text{ kN}$
- $\frac{\text{Beban Tambahan (SIDL)}}{\text{TOTAL BEBAN MATI}} = \frac{33,784,584,27 \text{ kN}}{98,220,478,86 \text{ kN}} +$

2. Beban hidup $= 12,720,874,27 \text{ kN}$

4.4 Data Beban Gempa

Berdasarkan dari lokasi Pembangunan data yang di dapat

$$S_s = 0,2889 \text{ .g} \quad C_v = 0,5148$$

$$S_1 = 0,2542 \text{ .g} \quad C_v = 0,1769$$

$$F_a = 2,2968$$

$$F_v = 3,0374$$

$$S_{ms} = 0,6635 \text{ .g}$$

$$S_{m1} = 0,7722 \text{ .g}$$

$$T_o = 0,2327 \text{ sec.}$$

$$T_s = 1,1637 \text{ sec.}$$

Kategori Risiko II

$$I = 1$$

$$S_{ds} = 0,4424 \text{ .g}$$

$$S_{d1} = 0,5148 \text{ .g}$$

Berdasarkan dari fungsi bangunan dan data diatas (SNI 1726-2019, Tabel

20) didapatkan Parameter Gempa sbb :

$$C_d = 5,5$$

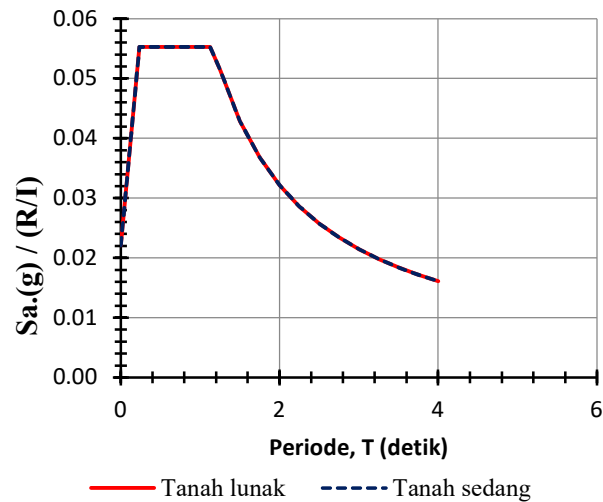
$$R = 8$$

$$\Omega_o = 3$$

4.4.1 Data Respon Spektera Desain

Tabel 4. 1 Data Respon Spektra Desain

T (detik)	Sa.(g)/ (R/I)
0	0.0221
0.233	0.0553
0.698	0.0553
1	0.0553
1.125	0.0553
1.25	0.0515
1.5	0.0429
1.75	0.0368
2	0.0322
2.25	0.0286
2.5	0.0257
2.75	0.0234
3	0.0214
3.25	0.0198
3.5	0.0184
3.75	0.0172
4	0.0161



Gambar 4. 13 Kurva Respon Spektrum Gempa Desain

4.5 Analisis Struktur

Proses analisis struktur dilaksanakan dengan memanfaatkan perangkat lunak ETABS untuk memperoleh hasil analisis berupa gaya-gaya dalam yang bekerja pada elemen struktur. Selanjutnya, data gaya dalam tersebut dijadikan sebagai dasar dalam perencanaan dimensi setiap komponen struktur serta penentuan kebutuhan tulangan pada elemen beton bertulang. (Wayan et al., 2020)

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 suatu bangunan untuk menyelesaikan satu kali siklus getaran sebagai respons terhadap pengaruh beban dinamis, seperti gempa bumi. Besarnya nilai periode tersebut mencerminkan perilaku dinamis struktur yang dipengaruhi oleh distribusi massa serta tingkat kekakuan lateral bangunan. Semakin fleksibel suatu struktur, semakin besar nilai periode getar alaminya. Sebaliknya, struktur yang memiliki kekakuan lebih tinggi akan menunjukkan periode getar yang lebih singkat. Dalam perencanaan struktur tahan gempa, periode getar alami menjadi salah satu parameter utama karena digunakan untuk mengevaluasi respons seismik bangunan sekaligus sebagai dasar dalam penentuan besarnya gaya gempa melalui 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 :

$$T_a = C_t \cdot h_n^x = 1,35 \text{ second}$$

Dimana :

$$C_t = 0,0466 \quad x = 0,9 \quad h_n = 40 \text{ m}$$

- 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, $S_d1 = 0,5148$

$$C_u = 1,4$$

$$T_a = 1,29 \text{ sec.}$$

$$C_u.T_a = 1,805 \text{ sec}$$

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	1,184	0,845	5,3081	28,1759
2	1,055	0,948	5,5948	35,4601
3	1,043	0,958	6,0216	36,2592
4	0,405	2,468	15,5064	240,4499
5	0,37	2,706	17,0034	289,1147
6	0,368	2,717	17,0688	291,344
7	0,225	4,444	27,9227	779,6798
8	0,213	4,697	29,5096	870,8161
Dari Hasil Analisa Getar Bebas Didapat			Tcx=	1,06 sec.
			Tcy=	1,18 sec.

- 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	1.674	0,597	3,7539	14,0917
2	1,509	0,662	4,1625	17,3266
3	1,502	0,666	4,1822	17,4911
4	0,565	1,769	11,117	123,5883
5	0,523	1,911	12,0043	144,1029
6	0,517	1,935	12,161	147,889
7	0,311	3,211	20,176	407,0702
8	0,297	3,364	21,1372	446,7807
Dari Hasil Analisa Getar Bebas Didapat			Tcx =	1,509
			Tcy =	1.67 sec.

Dari hasil analisa getar bebas di dapat, Tcx = 1,06 Second

$$C_u.T_a = 1,805 < T_c, \text{ maka gunakan } T = \underline{1,2890} \text{ second}$$

$$3,5 T_s = \underline{4,703} \text{ Sec.} > T_{cx}$$

Dari hasil analisa getar bebas didapat, Tcy = 1,18 second

$$C_u.T_a = 1,805 < T_c, \text{ maka gunakan } T = 1,2890 \text{ second}$$

$$3,5 T_s = \underline{4,073} \text{ Sec.} > T_{cy}$$

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	64.436	1,00	64.436
SIDL	33.785	1,00	33.785
Beban Hidup	12.721	0,25	3.180
	110.941	Wt =	101.401

Berdasarkan SNI 1726-2019 Ps. 7.8.1.1.

$$C_s (\text{min}) = 0,0195$$

$$C_s (\text{max}) = 0,0533$$

$$C_{sx} = 0,0499 \quad K = 1$$

$$V_{nx} = 5.062,23 \quad \text{kN}$$

$$C_{sy} = 0,0499 \quad K = 1$$

$$V_{ny} = 5.062,23 \quad \text{kN}$$

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}	5.062,23	3.355,24	66,28	1,5088
V_{ny}	5.062,23	2.983,38	58,94	1,6968

- Base shear setelah terkoreksi (Crack)

Tabel 4. 6 Base Shear setelah terkoreksi (Crack)

Base Share	Statik	Respon Spektrum	%	Skala
V_{nx}	5.062,23	5062.4243	100	Ok
V_{ny}	5.062,23	5063.1084	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	1,18	0	75,04	0,0001
2	1,06	76,74	75,04	0,0004
3	1,04	76,74	75,04	75,320
4	0,41	76,74	86,99	75,320
5	0,37	88,01	86,99	75,320
6	0,37	88,01	86,99	87,120
7	0,23	88,01	91,68	87,120
8	0,21	92,55	91,68	87,120

Dari tabel diatas menunjukkan bahwa pada mode 10 nilai partisipasi $\geq 90\%$ artinya peninjauan ragam getar memenuhi SNI 1726-2019, pasal 7.9.1

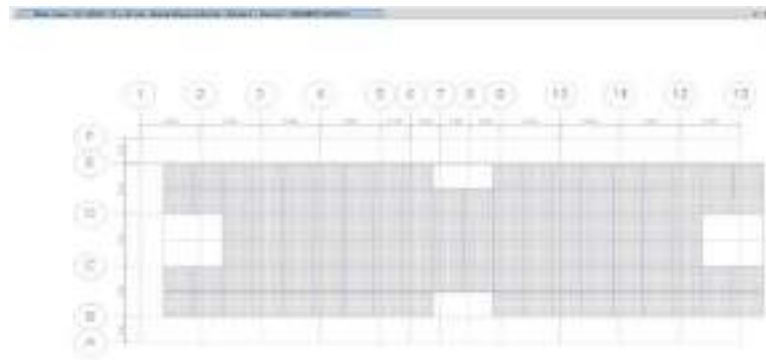
4.5.5 Translasi dan Rotasi Struktur Atas

1.) Translasi arah Y (UY) yaitu perpindahan struktur sepanjang sumbu Y



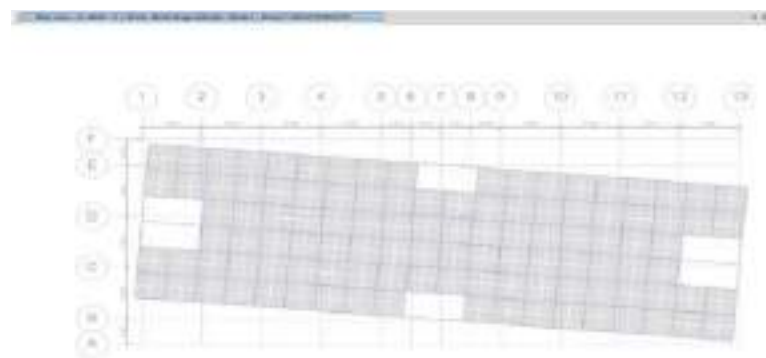
Gambar 4. 14 Translasi Arah Sumbu Y

2.) Translasi arah X (UX) yaitu perpindahan struktur sepanjang sumbu X



Gambar 4. 15 Translasi Arah Sumbu X

3.) Rotasi (Perputaran)



Gambar 4. 16 Rotasi

4.5.6 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
13	Lantai 13	49,039	0,012	0,053	61,968
12	Lantai 12	48,047	0,012	0,062	60,203
11	Lantai 11	46,262	0,011	0,057	57,657
10	Lantai 10	43,625	0,011	0,055	54,132
9	Lantai 9	40,18	0,011	0,059	49,665
8	Lantai 8	36,377	0,09	0,049	44,57
7	Lantai 7	32,135	0,08	0,043	39,02
6	Lantai 6	27,492	0,08	0,031	33,069
5	Lantai 5	22,722	0,007	0,026	26,864
4	Lantai 4	17,655	0,006	0,022	20,478
3	Lantai 3	12,421	0,006	0,023	14,103
2	Lantai 2	7,593	0,004	0,018	8,35
1	Lantai 1	3,258	0,003	0,019	3,42
	Base	0	0	0	0

Berdasarkan Tabel 4.8, terlihat bahwa perpindahan lantai akibat beban lateral mengalami peningkatan seiring bertambahnya ketinggian bangunan. Perpindahan terbesar terjadi pada Lantai 13, yaitu sebesar 49,039 mm pada arah X dan 61,968 mm pada arah Y, sedangkan perpindahan terkecil terdapat pada Base, yaitu 0 mm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi tingkat bangunan, semakin besar perpindahan yang terjadi akibat pengaruh beban lateral.

- *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 13	13	3	0,00033	5,46	60,00	269,71	800	Ok
Lt 12	12	3	0,00059	9,82	60,00	264,26	740	Ok
Lt 11	11	3	0,00088	14,50	60,00	254,44	680	Ok
Lt 10	10	3	0,00115	18,95	60,00	239,94	620	Ok
Lt 9	9	3	0,00127	20,92	60,00	220,99	560	Ok
Lt 8	8	3	0,00141	23,33	60,00	200,07	500	Ok
Lt 7	7	3	0,00155	25,54	60,00	176,74	440	Ok
Lt 6	6	3	0,00159	26,24	60,00	151,21	380	Ok
Lt 5	5	3	0,00169	27,87	60,00	124,97	320	Ok
Lt 4	4	3	0,00174	28,79	60,00	97,10	260	Ok
Lt 3	3	3	0,00161	26,55	60,00	68,32	200	Ok
Lt 2	2	3	0,00145	23,84	60,00	41,76	140	Ok
Lt 1	1	4	0,00081	17,92	60,00	17,92	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.	$\Sigma \delta x$ (mm)	Drift izin Maks $\Sigma \Delta$ (mm)	Kontrol
			$\delta x_e/h_x$ (mm)	δx (mm)	Δx (mm)			
Lt 13	13	3	0,00059	9,17	60,00	340,82	800,00	Ok
Lt 12	12	3	0,00085	14,00	60,00	331,12	740,00	Ok
Lt 11	11	3	0,00118	19,39	60,00	317,11	680,00	Ok
Lt 10	10	3	0,00149	24,57	60,00	297,73	620,00	Ok
Lt 9	9	3	0,00170	28,02	60,00	273,16	560,00	Ok
Lt 8	8	3	0,00185	30,53	60,00	245,14	500,00	Ok
Lt 7	7	3	0,00198	32,73	60,00	214,61	440,00	Ok
Lt 6	6	3	0,00207	34,13	60,00	181,88	380,00	Ok
Lt 5	5	3	0,00213	35,12	60,00	147,75	320,00	Ok
Lt 4	4	3	0,00213	35,06	60,00	112,63	260,00	Ok
Lt 3	3	3	0,00192	31,64	60,00	77,57	200,00	Ok
Lt 2	2	3	0,00086	27,12	60,00	45,93	140,00	Ok
Lt 1	1	4	0,00086	18,18	80,00	18,81	80,00	Ok
Base	0	0	0	0	0	0	0	

4.5.7 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 13	40,00	3402.5973	2023,36	1259,24	5,740,77
Lantai 12	37,00	4373.7159	875,52	2674,04	5,917,75
Lantai 11	34,00	4373.7160	875,52	2674,04	5,917,75
Lantai 10	31,00	4373.7159	875,52	2674,04	5,917,75
Lantai 9	28,00	4484.4509	875,52	2674,04	6,028,48
Lantai 8	25,00	4623.5322	875,52	2674,04	6,167,56
Lantai 7	22,00	4793.1160	875,52	2674,04	6,337,15
Lantai 6	19,00	4917.6706	875,52	2674,04	6,461,70
Lantai 5	16,00	5074.6010	875,52	2674,04	6,618,63
Lantai 4	13,00	5074.6010	875,52	2674,04	6,618,63
Lantai 3	10,00	5377.5757	875,52	2674,04	6,921,61
Lantai 2	7,00	5745.1603	875,52	2674,04	7,289,19
Lantai 1	4,00	6185.2225	1066,7943	3110,9007	8,029,74
Base	0	1636.2232	0	0	1,636,22
Jumlah =		64.435,90	12.720,87	33.784	85,602,92

- 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 13	40,00	5,740,8	229,630,7	0,130	659,460,96	659,461,0	0,0
Lt 12	37,00	5,917,7	218,956,6	0,124	628,806,75	628,806,7	1,978,382,9
Lt 11	34,00	5,917,7	201,203,4	0,114	577,822,43	577,822,4	3,864,803,1
Lt 10	31,00	5,917,7	183,450,1	0,104	526,838,09	526,838,1	5,598,270,4
Lt 9	28,00	6,028,5	168,797,5	0,096	484,758,10	484,758,1	7,178,784,7
Lt 8	25,00	6,167,6	154,189,1	0,089	442,805,19	442,805,2	8.633.059,0
Lt 7	22,00	6,337,1	139,417,2	0,079	400,382,92	400,382,9	9,961,474,5
Lt 6	19,00	6,461,7	122,772,3	0,070	352,581,56	352,581,6	11,162,623,3
Lt 5	16,00	6,618,6	105,898,1	0,060	304,121,63	304,121,6	12,220,368,0
Lt 4	13,00	6,618,6	86,042,2	0,049	247,098,82	247,098,8	13,132,732,8
Lt 3	10,00	6,921,6	69,216,1	0,039	198,776,94	198,776,9	13,874,029,3
Lt 2	7,00	7,289,2	51,024,3	0,029	146,533,35	146,533,4	14,470,360,2
Lt 1	4,00	8,029,7	32,119,0	0,018	92,240,31	92,240,3	14,909,960,2
Base	0	1,636,2	0,0	0	0,00	0,0	15,278,921,4
		85,602,9	1,762,716,5	1,0	5,062,227,0		15,278,921,4

- 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 13	40,00	5,740,8	229,631	0,130	659,460,96	659,460,96	0
Lt 12	37,00	5,917,7	218,957	0,124	628,806,75	628,806,75	1,978,382,9
Lt 11	34,00	5,917,7	201,203	0,114	577,822,43	577,822,43	3,864,803,1
Lt 10	31,00	5,917,7	183,490	0,104	526,838,09	526,838,09	5,598,270,4
Lt 9	28,00	6,028,5	168,797	0,096	484,758,10	484,758,10	7,178,784,7
Lt 8	25,00	6,167,6	154,189	0,087	442,805,19	442,805,19	8,633,059,0
Lt 7	22,00	6,337,1	139,417	0,079	400,382,92	400,382,92	9,961,474,5
Lt 6	19,00	6,761,7	122,772	0,070	352,581,56	352,581,56	11,162,623,3
Lt 5	16,00	6,618,6	105,898	0,060	304,121,63	304,121,63	12,220,368,0
Lt 4	13,00	6,618,6	86,042	0,049	247,098,82	247,098,82	13,132,732,8
Lt 3	10,00	6,921,6	69,216,	0,039	198,776,94	198,776,94	874,029,313,
Lt 2	7,00	7,2892	51,024	0,029	146,533,35	146,533,35	14,470,360,2
Lt 1	4,00	8,029,7	32,119	0,018	92,240,31	92,240,31	14.909.960,2
Base	0,00	1,636,2	0	0	0	0	15,278,921,4
		86,602,92	1,762,716,5	1,00	5,062,227,04		15,278,921,4

4.5.8 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

$$M_{OT_X} = 15,278,921,43 \text{ kN/m}$$

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

$$M_{ST_X} = 1,712,058,35 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} 0,75 M_{ST} &= 0,75 \times 1,712,058,35 \\ &= 1.284,044 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$M_{ST} > M_{ot} \quad 1.284,044 \text{ kN/m} > 15,278,921 \text{ kN/m (Ok)}$$

- Arah Y

$$M_{OT_Y} = 15,278,921,43 \text{ kN/m}$$

$$Y = 16 \text{ m}$$

$$M_{ST_Y} = 684,823,34 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} 0,75 M_{ST} &= 0,75 \times 684,823,34 \\ &= 781.924 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$M_{ST} > M_{ot} \quad 513,618 \text{ kN/m} < 15,278,921 \text{ kN/m (Ok)}$$

4.5.9 Pengaruh P- Δ

- Pemeriksaan P – Delta Arah Sumbu x

Tabel 4. 14 Pemeriksaan P – Delta Arah Sumbu x

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 13	3	6,685.2	6,685.2	0.0010	659,460.96	0.0000034	Ok	Ok
Lt 12	3	7,923.3	14,608.5	0.0018	628,806.75	0.0000138	Ok	Ok
Lt 11	3	7,923.3	22,531.7	0.0026	577,822.43	0.0000343	Ok	Ok
Lt 10	3	7,923.3	30,455.0	0.0034	526,838.09	0.0000664	Ok	Ok
Lt 9	3	8,034.0	38,489.0	0.0038	484,758.10	0.0001007	Ok	Ok
Lt 8	3	8,173.1	46,662.1	0.0042	442,805.19	0.0001490	Ok	Ok
Lt 7	3	8,342.7	55,004.8	0.0046	400,382.92	0.0002126	Ok	Ok
Lt 6	3	8,467.2	63,472.0	0.0048	352,581.56	0.0002862	Ok	Ok
Lt 5	3	8,624.2	72,096.2	0.0051	304,121.63	0.0004004	Ok	Ok
Lt 4	3	8,624.2	80,720.4	0.0052	247,098.82	0.0005699	Ok	Ok
Lt 3	3	8,927.1	89,647.5	0.0048	198,776.94	0.0007258	Ok	Ok
Lt 2	3	9,294.7	98,942.2	0.0043	146,533.35	0.0009757	Ok	Ok
Lt 1	4	10,362.9	109,305.1	0.0033	92,240.31	0.0009652	Ok	Ok
Base	0	1,636.2	110,941.4	0	0	0	0	

Hasil pemeriksaan efek P-Delta menunjukkan bahwa nilai rasio perpindahan lateral masih dalam batas aman sesuai ketentuan SNI 1726:2019. Dengan demikian, pengaruh P-Delta dinyatakan tidak signifikan dan struktur dinyatakan aman terhadap kemungkinan ketidakstabilan akibat efek tersebut.

- Pemeriksaan P – Delta Arah Sumbu y

Tabel 4. 15 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 13	3	6,685.2	6,685.2	0.0018	659,460.96	0.000006	Ok	Ok
Lt 12	3	7,923.3	14,608.5	0.0025	628,806.75	0.000020	Ok	Ok
Lt 11	3	7,923.3	22,531.7	0.0035	577,822.43	0.000046	Ok	Ok
Lt 10	3	7,923.3	30,455.0	0.0045	526,838.09	0.000086	Ok	Ok
Lt 9	3	8,034.0	38,489.0	0.0051	484,758.10	0.000135	Ok	Ok
Lt 8	3	8,173.1	46,662.1	0.0056	442,805.19	0.000195	Ok	Ok
Lt 7	3	8,342.7	55,004.8	0.0060	400,382.92	0.000273	Ok	Ok
Lt 6	3	8,467.2	63,472.0	0.0062	352,581.56	0.000372	Ok	Ok
Lt 5	3	8,624.2	72,096.2	0.0064	304,121.63	0.000505	Ok	Ok
Lt 4	3	8,624.2	80,720.4	0.0064	247,098.82	0.000694	Ok	Ok
Lt 3	3	8,927.1	89,647.5	0.0058	198,776.94	0.000865	Ok	Ok
Lt 2	3	9,294.7	98,942.2	0.0049	146,533.35	0.0011110	Ok	Ok
Lt 1	4	10,362.9	109,305.1	0.0034	92,240.31	0.001013	Ok	Ok
Base	0	1,838.2	110,941.4	0	0	0	0	

Hasil pemeriksaan efek P-Delta menunjukkan bahwa nilai rasio perpindahan lateral masih dalam batas aman sesuai ketentuan SNI 1726:2019.

Dengan demikian, pengaruh P-Delta dinyatakan tidak signifikan dan struktur dinyatakan aman terhadap kemungkinan ketidakstabilan akibat efek tersebut.

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

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

$$\beta = 0,80$$

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

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

4.5.10 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. 16 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 13	13	40.00	0.000992	0.00033	0,70	0.00
Lantai 12	12	37.00	0.001785	0.00059	0,70	0.00
Lantai 11	11	34.00	0.002637	0.00088	0,70	0.00
Lantai 10	10	31.00	0.003445	0.00115	0,70	0.77
Lantai 9	9	28.00	0.003803	0.00127	0,70	0.91
Lantai 8	8	25.00	0.004242	0.00141	0,70	0.90
Lantai 7	7	22.00	0.004643	0.00155	0,70	0.91
Lantai 6	6	19.00	0.004770	0.00159	0,70	0.97
Lantai 5	5	16.00	0.005067	0.00169	0,70	0.94
Lantai 4	4	13.00	0.005234	0.00174	0,70	0.97
Lantai 3	3	10.00	0.004828	0.00161	0,70	1.08
Lantai 2	2	7.00	0.004335	0.00145	0,70	1.11
Lantai 1	1	4.00	0.003258	0.00081	0,70	1.77
Base	0	0	0	0	0,70	0

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

Tabel 4. 17 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal tipe 1a ratio 80% tipe arah X

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δx_e (m)	Story drift ratio rata – rata 3lantai keatas	80% story drift ratio	Ratio
Lantai 13	13	40.00	0.00099	0	0.80	0.00
Lantai 12	12	37.00	0.00179	0	0.80	0.00
Lantai 11	11	34.00	0.00264	0	0.80	0.00
Lantai 10	10	31.00	0.00345	0.0009	0.80	0.76
Lantai 9	9	28.00	0.00380	0.0011	0.80	0.87
Lantai 8	8	25.00	0.00424	0.0013	0.80	0.90
Lantai 7	7	22.00	0.00464	0.0014	0.80	0.91
Lantai 6	6	19.00	0.00477	0.0015	0.80	0.95
Lantai 5	5	16.00	0.00507	0.0016	0.80	0.95
Lantai 4	4	13.00	0.00523	0.0017	0.80	0.96
Lantai 3	3	10.00	0.00483	0.0017	0.80	1.04
Lantai 2	2	7.00	0.00434	0.0016	0.80	1.11
Lantai 1	1	4.00	0.00326	0.0013	0.80	1.58
Base	0	0	0	0	0,80	0

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

Tabel 4. 18 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal tipe 1a ratio 70% tipe arah Y

Tingkat i	Story	Tingkat lanantai (m)	Story drift δx_e (m)	Story drift ratio $\delta x_e/h_i$	70% story drift ratio	Ratio
Lantai 13	13	40.00	0.00177	0.00059	0.70	0.00
Lantai 12	12	37.00	0.00255	0.00085	0.70	0.00
Lantai 11	11	34.00	0.00353	0.00118	0.70	0.00
Lantai 10	10	31.00	0.00447	0.00149	0.70	0.79
Lantai 9	9	28.00	0.00510	0.00170	0.70	0.88
Lantai 8	8	25.00	0.00555	0.00185	0.70	0.92
Lantai 7	7	22.00	0.00595	0.00198	0.70	0.93
Lantai 6	6	19.00	0.00621	0.00207	0.70	0.96
Lantai 5	5	16.00	0.00639	0.00213	0.70	0.97
Lantai 4	4	13.00	0.00638	0.00213	0.70	1.00
Lantai 3	3	10.00	0.00575	0.00192	0.70	1.11
Lantai 2	2	7.00	0.00493	0.00164	0.70	1.17
Lantai 1	1	4.00	0.00342	0.00086	0.70	1.92
Base	0	0	0	0	0,70	0

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

Tabel 4. 19 Pemeriksaan ketidak beraturan vertikal tipe 1a arah y 80%

Tingkat i	Story	Tingkat lanatai (m)	Story drift δ_{xe} (m)	Story drift ratio rata – rata 3 lantai keatas	80% story drift ratio	Ratio
Lantai 13	13	40.00	0.00177	0.0000	0.80	0.00
Lantai 12	12	37.00	0.00255	0.0000	0.80	0.00
Lantai 11	11	34.00	0.00353	0.0000	0.80	0.00
Lantai 10	10	31.00	0.00447	0.0009	0.80	0.58
Lantai 9	9	28.00	0.00510	0.0012	0.80	0.69
Lantai 8	8	25.00	0.00555	0.0015	0.80	0.79
Lantai 7	7	22.00	0.00595	0.0017	0.80	0.85
Lantai 6	6	19.00	0.00621	0.0018	0.80	0.89
Lantai 5	5	16.00	0.00639	0.0020	0.80	0.92
Lantai 4	4	13.00	0.00638	0.0021	0.80	0.97
Lantai 3	3	10.00	0.00575	0.0021	0.80	1.10
Lantai 2	2	7.00	0.00493	0.0021	0.80	1.25
Lantai 1	1	4.00	0.00342	0.0019	0.80	2.22
Base	0	0	0	0	0,80	0

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

- Lateral story stiffness < 60% dari tingkat diatasnya, yaitu jika $60\% (\delta_{1e}/h_1) > (\delta_{2e} - h_{1e})/h_2$
- Lateral story stiffness < 70% dari kekakuan rata – rata tiga tingkat diatasnya 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. 20 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 60% tipe arah

Tingkat i	Story	Tingkat lanatai (m)	Story drift δ_{xe} (m)	Story drift ratio δ_{xe}/h_i	60% story drift ratio	Ratio
Lantai 13	13	40.00	0.00099	0.00033	0.60	0.68
Lantai 12	12	37.00	0.00179	0.00059	0.60	0.68
Lantai 11	11	34.00	0.00264	0.00088	0.60	0.68
Lantai 10	10	31.00	0.00345	0.00115	0.60	0.77
Lantai 9	9	28.00	0.00380	0.00127	0.60	0.91
Lantai 8	8	25.00	0.00424	0.00141	0.60	0.90
Lantai 7	7	22.00	0.00464	0.00155	0.60	0.91
Lantai 6	6	19.00	0.00477	0.00159	0.60	0.97

Tingkat i	Story	Tingkat lanantai (m)	Story drift δx_e (m)	Story drift ratio $\delta x_e/h_i$	60% story drift ratio	Ratio
Lantai 5	5	16.00	0.00507	0.00169	0.60	0.94
Lantai 4	4	13.00	0.00523	0.00174	0.60	0.97
Lantai 3	3	10.00	0.00483	0.00161	0.60	1.08
Lantai 2	2	7.00	0.00434	0.00145	0.60	1.11
Lantai 1	1	4.00	0.00326	0.00081	0.60	1.77
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. 21 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 70% tipe arah X

Tingkat i	Story	Tingkat lanantai (m)	Story drift δx_e (m)	Story drift ratio $\delta x_e/h_i$	70% story drift ratio	Ratio
Lantai 13	13	40.00	0.00099	0.0000	0.70	0.52
Lantai 12	12	37.00	0.00179	0.0000	0.70	0.52
Lantai 11	11	34.00	0.00264	0.0000	0.70	0.52
Lantai 10	10	31.00	0.00345	0.0006	0.70	0.52
Lantai 9	9	28.00	0.00380	0.0009	0.70	0.69
Lantai 8	8	25.00	0.00424	0.0011	0.70	0.78
Lantai 7	7	22.00	0.00464	0.0011	0.70	0.71
Lantai 6	6	19.00	0.00477	0.0013	0.70	0.80
Lantai 5	5	16.00	0.00507	0.0014	0.70	0.84
Lantai 4	4	13.00	0.00523	0.0016	0.70	0.90
Lantai 3	3	10.00	0.00483	0.0017	0.70	1.04
Lantai 2	2	7.00	0.00434	0.0017	0.70	1.16
Lantai 1	1	4.00	0.00326	0.0016	0.70	1.96
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. 22 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 60% tipe arah Y

Tingkat i	Story	Tingkat lanantai (m)	Story drift δx_e (m)	Story drift ratio $\delta x_e/h_i$	60% story drift ratio	Ratio
Lantai 13	13	40.00	0.00177	0.00059	0.60	0.72
Lantai 12	12	37.00	0.00255	0.00085	0.60	0.72
Lantai 11	11	34.00	0.00353	0.00118	0.60	0.72
Lantai 10	10	31.00	0.00447	0.00149	0.60	0.79
Lantai 9	9	28.00	0.00510	0.00170	0.60	0.88
Lantai 8	8	25.00	0.00555	0.00185	0.60	0.92
Lantai 7	7	22.00	0.00595	0.00198	0.60	0.86
Lantai 6	6	19.00	0.00621	0.00207	0.60	0.89
Lantai 5	5	16.00	0.00639	0.00213	0.60	0.97
Lantai 4	4	13.00	0.00638	0.00213	0.60	1.00
Lantai 3	3	10.00	0.00575	0.00192	0.60	1.11
Lantai 2	2	7.00	0.00493	0.00164	0.60	1.17
Lantai 1	1	4.00	0.00342	0.00086	0.60	1.92
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. 23 Pemeriksaan ketidak beraturan Vertikal Tipe 1b ratio 70% tipe arah Y

Tingkat i	Story	Tingkat lanantai (m)	Story drift δx_e (m)	Story drift ratio $\delta x_e/h_i$	60% story drift ratio	Ratio
Lantai 13	13	40.00	0.00177	0.0000	0.70	0.58
Lantai 12	12	37.00	0.00255	0.0000	0.70	0.58
Lantai 11	11	34.00	0.00353	0.0000	0.70	0.58
Lantai 10	10	31.00	0.00447	0.0009	0.70	0.58
Lantai 9	9	28.00	0.00510	0.0012	0.70	0.69
Lantai 8	8	25.00	0.00555	0.0015	0.70	0.79
Lantai 7	7	22.00	0.00595	0.0015	0.70	0.73
Lantai 6	6	19.00	0.00621	0.0017	0.70	0.81
Lantai 5	5	16.00	0.00639	0.0019	0.70	0.88
Lantai 4	4	13.00	0.00638	0.0020	0.70	0.95
Lantai 3	3	10.00	0.00575	0.0021	0.70	1.10
Lantai 2	2	7.00	0.00493	0.0021	0.70	1.25
Lantai 1	1	4.00	0.00342	0.0019	0.70	2.22
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.

4.5.11 Iregularitas Vertikal Tipe 2

- Pemeriksaan iregularitas Tipe 2

Tabel 4. 24 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 13	13	40.00	6,685.2	1.50	0.84	0
Lantai 12	12	37.00	7,923.3	1.50	1.00	0.84
Lantai 11	11	34.00	7,923.3	1.50	1.00	1.00
Lantai 10	10	31.00	7,923.3	1.50	0.99	1.00
Lantai 9	9	28.00	8,034.0	1.50	0.96	0.99
Lantai 8	8	25.00	8,342.7	1.50	0.99	0.96
Lantai 7	7	22.00	8,342.7	1.50	0.97	1.00
Lantai 6	6	19.00	8,467.2	1.50	0.98	0.99
Lantai 5	5	16.00	8,624.2	1.50	1.00	0.98
Lantai 4	4	13.00	8,624.2	1.50	0.97	1.00
Lantai 3	3	10.00	8,927.1	1.50	0.96	0.97
Lantai 2	2	7.00	9,294.7	1.50	0.90	0.96
Lantai 1	1	4.00	10,362.9	1.50	0	0.90
Base	0	0	1,636.2	1.50	0	0

Dari hasil pemeriksaan struktur memiliki ketidak beraturan vertikal baik tipe 1a maupun tipe 1b, ketentuan SNI 1726-2012, Ps. 7.3.2.2. Ketidak beraturan vertikal 1a dan 1b diatas tidak berlaku bila tidak ada drift tingkat pada lantai yang ditinjau $> 1,3$ kali rasio drift tingkat diatasnya

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

Tabel 4. 25 Pemeriksaan story drift ratio (*exception*) arah X

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δ_{xe} (m)	Story drift ratio δ_{xe}/h_i	Ratio 130%	Ratio
Lantai 13	13	40.00	0.000992	0.000331	1.30	1.31
Lantai 12	12	37.00	0.001785	0.000595	1.30	1.31
Lantai 11	11	34.00	0.002637	0.000879	1.30	1.31
Lantai 10	10	31.00	0.003445	0.001148	1.30	1.31
Lantai 9	9	28.00	0.003803	0.001268	1.30	1.10
Lantai 8	8	25.00	0.004242	0.001414	1.30	1.12

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δ_{xe} (m)	Story drift ratio δ_{xe}/h_i	Ratio 130%	Ratio
Lantai 7	7	22.00	0.004643	0.001548	1.30	1.09
Lantai 6	6	19.00	0.004770	0.001590	1.30	1.03
Lantai 5	5	16.00	0.005067	0.001689	1.30	1.06
Lantai 4	4	13.00	0.005234	0.001745	1.30	1.03
Lantai 3	3	10.00	0.004828	0.001609	1.30	0.92
Lantai 2	2	7.00	0.004335	0.001445	1.30	0.90
Lantai 1	1	4.00	0.003258	0.000815	1.30	0.56
Base	0	0	0	0	1,30	0

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

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

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

Tingkat i	Story	Tingkat lantai (m)	Story drift δ_{xe} (m)	Story drift ratio δ_{xe}/h_i	Ratio 130%	Ratio
Lantai 13	13	40.00	0.00177	0.000588	1.30	1.27
Lantai 12	12	37.00	0.00255	0.000849	1.30	1.27
Lantai 12	11	34.00	0.00353	0.001175	1.30	1.27
Lantai 11	10	31.00	0.00447	0.001489	1.30	1.27
Lantai 10	9	28.00	0.00510	0.001698	1.30	1.14
Lantai 9	8	25.00	0.00555	0.001850	1.30	1.09
Lantai 8	7	22.00	0.00595	0.001984	1.30	1.07
Lantai 7	6	19.00	0.00621	0.002068	1.30	1.04
Lantai 6	5	16.00	0.00639	0.002129	1.30	1.03
Lantai 5	4	13.00	0.00638	0.002125	1.30	1.00
Lantai 4	3	10.00	0.00575	0.001918	1.30	0.90
Lantai 3	2	7.00	0.00493	0.001643	1.30	0.86
Lantai 2	1	4.00	0.00342	0.000855	1.30	0.52
Lantai 1	0	0	0	0	1,30	0
Base	13	40.00	0.00177	0.000588	1.30	1.27

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

4.5.12 Irregularitas Vertikal Tipe 3

- Arah X

Lebar lantai 1 = 40 m

Lebar lantai atap = 40 m

1 Ok

- Arah Y

Lebar lantai 1 = 16 m

Lebar lantai atap = 16 m

1 Ok

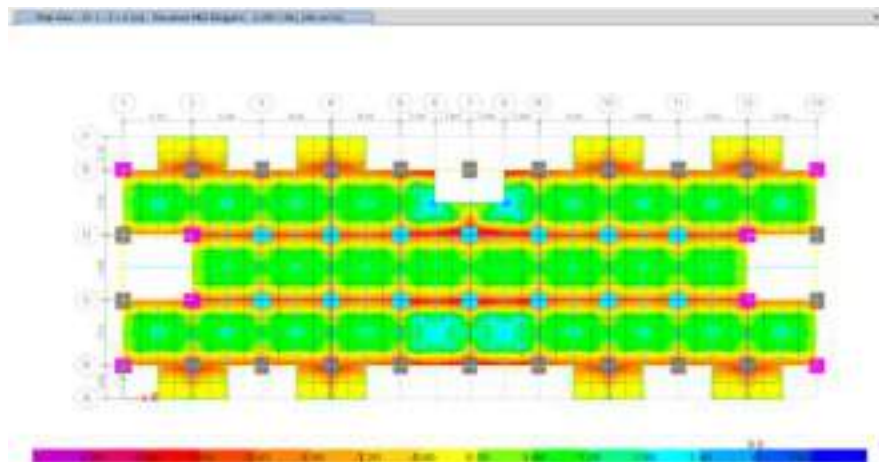
4.6 Analisa struktur atas

4.6.1 Respon Struktur

- Diagram Momen Pelat Lantai arah X

$M_{tp} = 2.36100 \text{ kN/m}$

$M_{lp} = 1.97100 \text{ kN/m}$

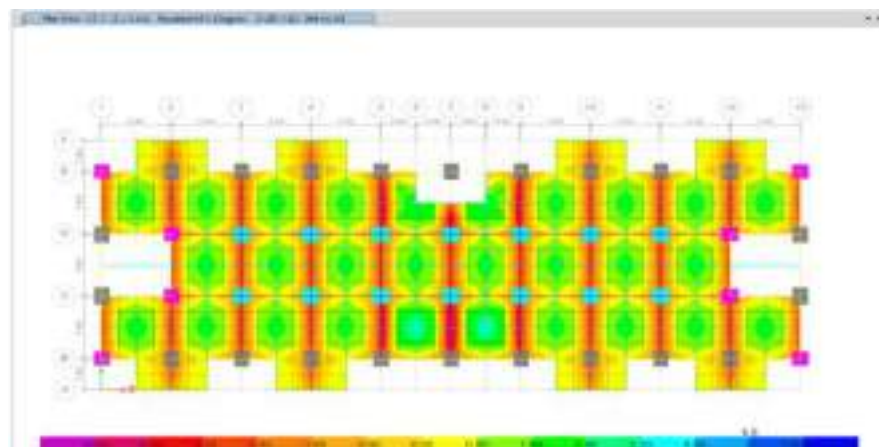


Gambar 4. 17 Diagram Momen Pelat Lantai Arah X

- Diagram Momen Pelat Lantai arah Y

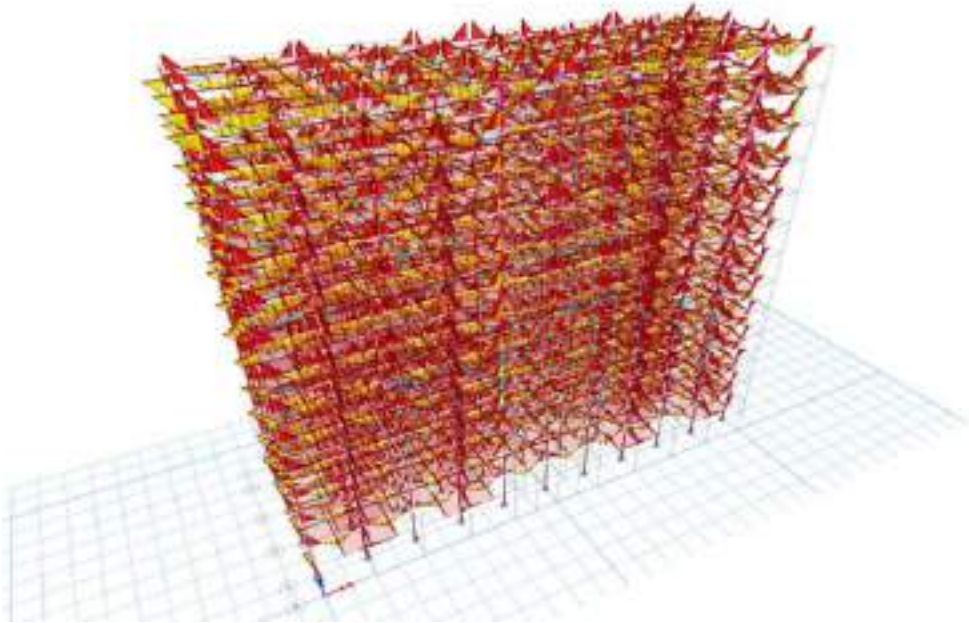
$M_{tp} = 1.67500 \text{ kN/m}$

$M_{lp} = 1.9180000 \text{ kN/m}$



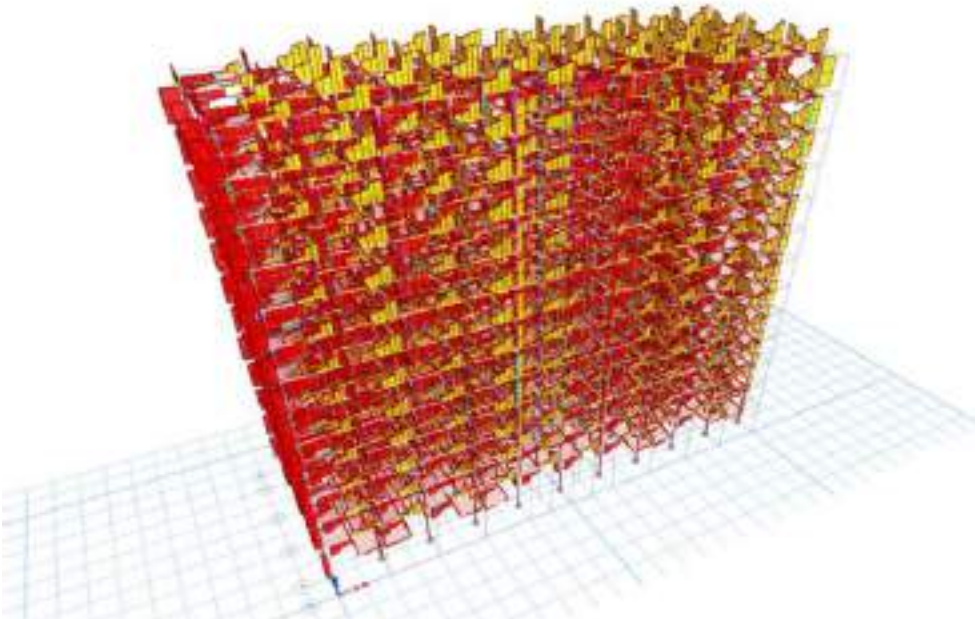
Gambar 4. 18 Diagram Momen Pelat Lantai Arah Y

- Diagram Momen balok dan kolom



Gambar 4. 19 Diagram Momen Balok dan Kolom

- Diagram Geser Balok dan Kolom



Gambar 4. 20 Diagram Geser Balok dan Kolom

4.6.2 Desain Pelat Lantai

1. Penulangan Pelat

- **Syarat Geometri**

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

$$\text{Dengan balok anak} = 2.500 \text{ mm}$$

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

$$125\text{mm} > 75,8 \text{ mm memenuhi}$$

- **Data material**

Beton

$$F_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 23500 \text{ Mpa}$$

Baja tulangan

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

$$F_y = 420 \text{ Mpa wiremesh (grade U - 50)}$$

- **Data perencanaan**

$$b = 1000 \text{ mm} \quad \beta_1 = 0,85$$

$$h = 120 \text{ mm} \quad \phi = 0,9$$

$$d' = 25 \text{ mm} \quad \rho_b = 0,02530$$

$$s = 20 \text{ mm} \quad A_{smin} = 171.00 \text{ mm}^2$$

$$ds = 12 \text{ mm} \quad A_{smaks} = 1802.46 \text{ mm}^2$$

$$d = 95.0 \text{ mm}$$

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

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

- **Penulangan Tumpuan Arah x M11 Mtp**

$$M_{11} = 1.675 \text{ kN/m}$$

$$M_n = 1,861,111.1 \text{ N/mm}$$

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

$$a \text{ perlu} = 95 - \sqrt{95^2 - \frac{2.1.861.111.1}{0,85.25.1000}} = 0.9264 \text{ mm}$$

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

$$As \text{ perlu} = \frac{1,861,111.1}{420 \cdot \left(95 - \frac{46.87}{2}\right)} = 46,87 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$171.00 > 46.87 \quad \text{MEMENUHI}$$

Diameter tulangan yang di pakai

$$As1 = 3,14 \times (10^2)/4 = 78.50 \text{ mm}^2$$

Di pakai tulangan = D12 – 200

$$As = \frac{78.50}{200} \times 1000 = 392.50 \text{ mm}^2$$

$$\phi Mn = 392.50 \times 420 \left(\frac{95 - 0.9264}{2} \right) \times 1.000.000$$

$$= 15,584 \text{ kN/m}$$

$$\phi Mn = 15,584 \text{ kN/m} > Mu = 1.675 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

• **Penulangan Lapangan Arah y M11 Mlp**

$$M11 = 1.918 \text{ kN/m}$$

$$Mn = 2,131,111 \text{ N/mm}$$

$$a \text{ perlu} = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot Mn}{0.85 \cdot f_c' \cdot b}}$$

$$a \text{ perlu} = 95 - \sqrt{95^2 - \frac{2 \cdot 2,131,111}{0.85 \cdot 25 \cdot 1000}} = 1.0616 \text{ mm}$$

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

$$As \text{ perlu} = \frac{2,131,111}{420 \cdot \left(95 - \frac{1.0616}{2}\right)} = 53.71 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$171,00 > 53,71 \quad \text{MEMENUHI}$$

Diameter tulangan yang di pakai

$$As1 = 3,14 \times (10^2)/4 = 78.50 \text{ mm}^2$$

Di pakai tulangan = D12 – 200

$$As = \frac{78.50}{200} \times 1000 = 392.50 \text{ mm}^2$$

$$\phi Mn = 392.50 \times 420 \left(\frac{95 - 1.0616}{2} \right) \times 1.000.000$$

$$= 15.573 \text{ kN/m}$$

$$\phi M_n = 15.573 \text{ kN/m} > M_u = 1.918 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

• **Penulangan Tumpuan Arah x M22 Mtp**

$$M_{22} = 2,361 \text{ kN/m}$$

$$M_n = 2,623,333,3 \text{ N/mm}$$

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

$$a \text{ perlu} = 95 - \sqrt{95^2 - \frac{2 \cdot 2.623.333,3}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000}} = 1,3085 \text{ mm}$$

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

$$A_s \text{ perlu} = \frac{2.623.333,3}{420 \cdot (95 - \frac{1,3085}{2})} = 66,20 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$171,00 > 66,20 \quad \text{MEMENUHI}$$

Diameter tulangan yang di pakai

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

Di pakai tulangan = D10 – 200

$$A_s = \frac{78,50}{200} \times 1000 = 395,50 \text{ mm}^2$$

$$\phi M_n = 395,50 \times 420 \left(\frac{95 - 1,3085}{2} \right) \times 1.000.000$$

$$= 15,553 \text{ kN/m}$$

$$\phi M_n = 15,553 \text{ kN/m} > M_u = 2,361 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

• **Penulangan Lapangan Arah y M22 Mtp**

$$M_{22} = 1,971 \text{ kN/m}$$

$$M_n = 2,190,000 \text{ N/mm}$$

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

$$a = 95 - \sqrt{95^2 - \frac{2 \cdot 2.190.000}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000}} = 1,0911 \text{ mm}$$

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

$$A_s \text{ perlu} = \frac{2.190.000}{420 \cdot (95 - \frac{1,0911}{2})} = 55,20 \text{ mm}^2$$

Kontrol

$$171,00 > 55,20 \quad \text{MEMENUHI}$$

Diameter tulangan yang di pakai

$$As1 = 3,14 \times (10^2)/4 = 78,50 \text{ mm}^2$$

Di pakai tulangan = D10 – 200

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

$$\phi M_n = 392,50 \times 420 \left(\frac{95 - 1,0911}{2} \right) \times 1.000.000$$

$$= 15,571 \text{ kN/m}$$

$$\phi M_n = 15,571 \text{ kN/m} > M_u = 1,971 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

4.6.3 Desain Balok

a. Syarat geometri

- Balok induk

$$h \geq \frac{L}{21} = \frac{5.000}{21} = 238 \text{ mm}$$

$$h \geq 238 \text{ mm}$$

- Balok anak

$$h_{min} \frac{L}{16} = \frac{5.000}{21} = 312,5 \text{ mm}$$

$$h_{min} \geq 312,5 \text{ mm}$$

- Balok kantilever

$$h \geq \frac{L}{8} = \frac{5.000}{8} = 625 \text{ mm}$$

$$h \geq 625 \text{ mm}$$

b. Data material

- **Beton :**

$$F_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 23500 \text{ Mpa}$$

- **Baja tulangan :**

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

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

- **Properties penampang :**

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

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

Tulangan Panjang = 19 mm

c. Penulangan Balok

• **Balok B1 dimensi 45 cm x 60 cm**

– **Perencanaan Tulangan Tumpuan Kiri Atas :**

b	= 450 mm	f _c	= 25 Mpa
h	= 600 mm	f _y	= 420 Mpa
d'	= 61,5 mm	M _u	= 132.9767 kN/m
s	= 40 mm	φ	= 0,9
d _{sk}	= 12 mm	M _n	= 147,751,867 N/m
dt	= 19 mm	β ₁	= 0,85
d	= 539 mm	ρ _{bal}	= 0,02530

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

$$a \text{ perlu} = 539 - \sqrt{539^2 - \frac{2 \cdot 147,751,867}{0,85 \cdot 25 \cdot 450}} = 26.136 \text{ mm}$$

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

$$A_s \text{ perlu} = \frac{147,751,867}{420 \cdot \left(539 - \frac{26.136}{2}\right)} = 669,526 \text{ mm}^2$$

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

$$0,0030 \text{ atau } 0,033 \text{ dan } 0,00368390$$

$$A_{s\min} = 807.75 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\max} = 4597.68 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$807,75 < 669,526 < 4597,68 \quad \text{Ok}$$

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 :

$$807.75 < 1133.540 < 4597.68 \quad \text{Ok}$$

$$\begin{aligned}\phi M_n &= 0,9 \times 1133.540 \times 420 \times \frac{\left(539 - \left(\frac{1133.540 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 450}\right)\right)}{2} : 1.000.000 \\ &= 220.0692 \text{ kN/m}\end{aligned}$$

$$\phi M_n = 220.0692 \text{ kN/m} > M_u = 139,05523 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

– Penulangan Geser Tumpuan

$$M_u = 132.97668 \text{ kN/m}$$

$$V_u = 34.8090 \text{ kN}$$

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

$$\phi = 0,75$$

$$V_n = 46,412.00 \text{ N}$$

$$\rho_w = 0,005$$

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

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

$$S = 125 \text{ mm (Jarak Sengkang)}$$

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

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

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

Hitung V_c :

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

$$\phi V_c = 0,75 \left(\sqrt{25} + 120 \cdot 0,005 \cdot \frac{34.8090 \cdot 539}{132.97668} \cdot 1000 \right) \cdot \frac{450 \cdot 539}{7}$$

$$= 131,871.36 \text{ N}$$

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

$$= 0,3 \sqrt{25} \cdot 450 \cdot 539$$

$$= 3.6325 \text{ N}$$

$$131,871.36 \text{ N} < 3.6325 \text{ N} \quad \text{OK}$$

Hitung V_s sbb :

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

$$V_s = \frac{226 \cdot 420 \cdot 539}{125}$$

$$= 409,268 \text{ N}$$

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

$$\phi V_s = 0,75 \times 409,268$$

$$= 306,951 \text{ N}$$

Kontrol kecukupan tulangan Sengkang :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_n = 131,871.36 + 306,951$$

$$= 438.8220 \text{ kN}$$

$$= 438.822 / 1.000 = 438,820 \text{ kN}$$

$$V_n = 438,22 > V_u = 34,8090 \quad \text{Ok}$$

– Perencanaan Tulangan Lapangan Bawah

$$b = 450 \text{ mm} \quad f_c = 25 \text{ Mpa}$$

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

$$d' = 61,5 \text{ mm} \quad M_u = 47.1500 \text{ kN/m}$$

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

$$d_{sk} = 12 \text{ mm} \quad M_n = 52,388,933 \text{ N/m}$$

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

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

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

$$a \text{ perlu} = 539 - \sqrt{539^2 - \frac{2 \cdot 52,388,933}{0,85 \cdot 25 \cdot 450}} = 26.136 \text{ mm}$$

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

$$A_s \text{ perlu} = \frac{52,388,933}{420 \cdot \left(539 - \frac{26.136}{2}\right)} = 237.396 \text{ mm}^2$$

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

$$0,0030 \quad \text{atau } 0,0033 \text{ dan } 0,00130621$$

$$A_{smin} = 316.53 \text{ mm}^2$$

$$A_{smaks} = 4597.68 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$316.53 > 237.396 < 4597.68 \quad \text{Ok}$$

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

$$\begin{aligned} A_s &= 283,39 \times 4 \\ &= 1133.540 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

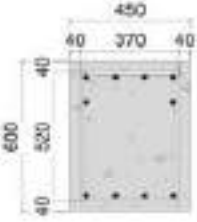
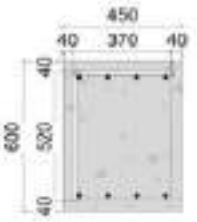
Kontrol kecukupan :

$$316.53 < 1133.540 < 4597.68 \quad \text{Ok}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 1133.540 \times 420 \times \frac{\left(539 - \left(\frac{1133.540 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 450}\right)\right)}{2} : 1.000.000 \\ &= 220.0692 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 220.0692 \text{ kN/m} > M_u = 47.15004 \quad \text{MEMENUHI}$$

Tabel 4. 27 Dimensi Balok 1

TIPE	DIMENSI	TUMPUAN	LAPANGAN
B1	450 x 600mm		
	TULANGAN ATAS	6 D19	4 D19
	TULANGAN BAWAH	4 D19	4 D19
	SENGKANG	D12 - 125mm	D12 - 150mm

(Sumber : Hasil Analisis)

• **Balok B2 dimensi 40 cm x 60 cm**

– **Perencanaan Tulangan Tumpuan Kiri Atas**

$$\begin{aligned} b &= 400 \text{ mm} & f_c &= 25 \text{ Mpa} \\ h &= 600 \text{ mm} & f_y &= 420 \text{ Mpa} \\ d' &= 61,5 \text{ mm} & M_u &= 142.6046 \text{ kN/m} \\ s &= 40 \text{ mm} & \phi &= 0,9 \\ d_{sk} &= 12 \text{ mm} & M_n &= 158,449,600 \text{ N/m} \\ d_t &= 19 \text{ mm} & \beta_1 &= 0,85 \\ d &= 539 \text{ mm} & \rho_{bal} &= 0,02530 \end{aligned}$$

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

$$a \text{ perlu} = 539 - \sqrt{539^2 - \frac{2.158.449.600}{0,85.25.400}} = 32.348 \text{ mm}$$

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

$$As \text{ perlu} = \frac{158.449.600}{420 \cdot \left(539 - \frac{32.348}{2}\right)} = 722,271 \text{ mm}^2$$

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

$$0,0030 \text{ atau } 0,0033 \text{ dan } 0,00447088$$

$$As_{\min} = 718.00 \text{ mm}^2$$

$$As_{\max} = 4086.83 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$718.00 < 722.271 < 4086.83 \quad \text{Ok}$$

Diameter tulangan di pakai = 19 mm

$$\begin{aligned} As_1 &= 3,14 \cdot \frac{19^2}{4} \\ &= 283,39 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Jumlah Tulangan ada = 4 buah

$$\begin{aligned} As &= 283,39 \times 4 \\ &= 1133.540 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol kecukupan :

$$718.00 < 1133.540 < 4086.83 \quad \text{Ok}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 1133.540 \times 420 \times \frac{\left(539 - \left(\frac{1133.540 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 400}\right)\right)}{2} : 1.000.000 \\ &= 218.7359 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 218.7359 \text{ kN/m} > M_u = 142.60464 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

– Penulangan Geser Tumpuan

$$M_u = 142.60464 \text{ kN/m}$$

$$V_u = 34.5126 \text{ kN}$$

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

$$\phi = 0,75$$

$$V_n = 46,016.79 \text{ N}$$

$$\rho_w = 0,005$$

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

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

$$S = 125 \text{ mm (Jarak Sengkang)}$$

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

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

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

Hitung V_c sbb:

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \left(\sqrt{25} + 120 \cdot 0,005 \cdot \frac{34.516.539}{142.60464} \cdot 1000 \right) \cdot \frac{400 \cdot 539}{7} \\ &= 117,292.23 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,3 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \\ &= 0,3 \sqrt{25} \cdot 400 \cdot 539 \\ &= 32,3400 \text{ N} \end{aligned}$$

$$117,292.23 < 323400 \text{ N} \quad \mathbf{OK}$$

Hitung V_s sbb:

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

$$\begin{aligned} V_s &= \frac{226 \cdot 420 \cdot 539}{100} \\ &= 409,268 \text{ N} \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \phi V_s &= 0,75 \times 409,268 \\ &= 306,951 \text{ N} \end{aligned}$$

Kontrol kecukupan tulangan Sengkang :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$\begin{aligned} \phi V_n &= 117,292.23 + 306,951 \\ &= 424.2429 \text{ N} \end{aligned}$$

$$= 424.2429 / 1.000 = 424,2429 \text{ kN}$$

$$V_n = 424,2429 > V_u = 34.5126 \quad \mathbf{Ok}$$

– Perencanaan Tulangan Lapangan Bawah

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

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

$$d' = 61,5 \text{ mm} \quad M_u = 52.12270 \text{ kN/m (momen terfaktor)}$$

$$\begin{aligned}
 s &= 40 \text{ mm} & \phi &= 0,9 \\
 d_{sk} &= 12 \text{ mm} & M_n &= 57.917,107 \text{ N/mm} \\
 dt &= 19 \text{ mm} & \beta_1 &= 0,85 \\
 d &= 539 \text{ mm} & \rho_{bal} &= 0,02530
 \end{aligned}$$

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

$$a_{\text{perlu}} = 539 - \sqrt{539^2 - \frac{2 \cdot 57.917,107}{0,85 \cdot 25.400}} = 32.348 \text{ mm}$$

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

$$A_s \text{ perlu} = \frac{57.917,107}{420 \cdot \left(539 - \frac{32.348}{2}\right)} = 263,994 \text{ mm}^2$$

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

$$0,0030 \text{ atau } 0,0033 \text{ dan } 0,01634130$$

$$A_{s\min} = 351,99 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\max} = 4986,83 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$351,99 < 263.994 > 4086,83 \quad \textbf{MEMAKAI TULANGAN MINIMUM}$$

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

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

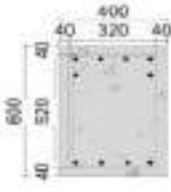
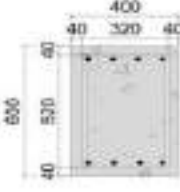
Kontrol kecukupan :

$$351,99 < 1133,540 \quad \textbf{Ok}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,9 \times 1133,540 \times 420 \times \frac{\left(539 - \left(\frac{1133,540 \cdot 420}{0,85 \cdot 25.400}\right)\right)}{2} : 1.000.000 \\
 &= 218,7359 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 218,7359 \text{ kN/m} > M_u = 52,12270 \text{ kN/m} \quad \textbf{MEMENUHI}$$

Tabel 4. 28 Dimensi Balok 2

TIPE	DIMENSI	TUMPUAN	LAPANGAN
B2	400 x 600mm		
	TULANGAN ATAS	6 D19	4 D19
	TULANGAN BAWAH	4 D19	4 D19
	SENGKANG	D12 - 125mm	D12 - 150mm

(Sumber : Hasil Analisis)

- **Balok B3 dimensi 35 cm x 60 cm**

- **Perencanaan Tulangan Tumpuan Kiri Atas**

$$\begin{aligned}
 b &= 350 \text{ mm} & f_c &= 25 \text{ Mpa} \\
 h &= 600 \text{ mm} & f_y &= 420 \text{ Mpa} \\
 d' &= 61,5 \text{ mm} & M_u &= 112,1076 \text{ kN/m} \\
 s &= 40 \text{ mm} & \phi &= 0,9 \\
 d_{sk} &= 12 \text{ mm} & M_n &= 124,564,000 \text{ N/m} \\
 d_t &= 19 \text{ mm} & \beta_1 &= 0,85 \\
 d &= 539 \text{ mm} & \rho_{bal} &= 0,02530
 \end{aligned}$$

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

$$a \text{ perlu} = 539 - \sqrt{539^2 - \frac{2 \cdot 124,564,000}{0,85 \cdot 25 \cdot 350}} = 26,805 \text{ mm}$$

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

$$A_s \text{ perlu} = \frac{124,564,000}{420 \cdot \left(539 - \frac{26,805}{2}\right)} = 564,811 \text{ mm}^2$$

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

$$0,0030 \text{ atau } 0,033 \text{ dan } 0,00630324$$

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

$$A_{smaks} = 3575,98 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$628,25 < 564,811 \quad \text{Ok}$$

Diameter tulangan di pakai = 19 mm

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

Jumlah Tulangan ada = 4 buah

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

Kontrol kecukupan :

$$628,25 < 1133,540 \quad \text{Pakai Tulangan Minimum}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 1133,540 \times 420 \times \frac{\left(539 - \left(\frac{1133,540 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 350}\right)\right)}{2} : 1.000.000 \\ &= 217,0217 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 217,0217 \text{ kN/m} > M_u = 112,10760 \text{ kN/m} \quad \text{MEMENUHI}$$

– Penulangan Geser Tumpuan

$$M_u = 112,10760 \text{ kN/m}$$

$$V_u = 33,0816 \text{ kN}$$

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

$$\phi = 0,75$$

$$V_n = 33,0816 : 0,75 \times 1000 = 44.108,81 \text{ N}$$

$$\rho_w = 0,006$$

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

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

$$S = 125 \text{ mm (Jarak Sengkang)}$$

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

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

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

Hitung V_c :

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \left(\sqrt{25} + 120 \cdot 0,006 \cdot \frac{44.108,81}{112,10760} \cdot 1000 \right) \cdot \frac{350 \cdot 539}{7} \\ &= 103,284,64 \text{ N} \end{aligned}$$

$$103,284,64 < 0,3\sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \text{ N} \quad \text{OK}$$

Hitung V_s :

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

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

$$= 409,268 \text{ N}$$

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

$$\phi V_s = 0,75 \times 464.084$$

$$= 306,951 \text{ N}$$

Kontrol kecukupan tulangan Sengkang :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$\phi V_n = 103,284,64 + 306,951$$

$$= 410,2353 \text{ N}$$

$$= 410,2353 / 1.000 = 410,2353 \text{ kN}$$

$$V_n = 410,2353 > V_u = 33,0816 \quad \text{Ok}$$

– Perencanaan Tulangan Lapangan Bawah

$$b = 350 \text{ mm} \quad f_c = 25 \text{ Mpa}$$

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

$$d' = 61,5 \text{ mm} \quad M_u = 39,1312 \text{ kN/m (momenterfaktor)}$$

$$s = 40 \text{ mm} \quad \phi = 0,9 \text{ (SNI2847;2013)}$$

$$d_{sk} = 12 \text{ mm} \quad M_n = 43,479,111 \text{ N.mm}$$

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

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

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

$$a \text{ perlu} = 539 - \sqrt{539^2 - \frac{2 \cdot 43,479,111}{0,85 \cdot 25 \cdot 400}} = 26,805 \text{ mm}$$

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

$$A_s \text{ perlu} = \frac{43,479,111}{420 \cdot \left(539 - \frac{26,805}{2}\right)} = 197,148 \text{ mm}^2$$

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

$$0,0030 \text{ atau } 0,033 \text{ dan } 0,00070913$$

$$A_{smin} = 262,86 \text{ mm}^2$$

$$A_{smaks} = 3575,98 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$262,86 < 197,148 \quad \mathbf{OK}$$

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

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

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

Kontrol kecukupan :

$$262,86 < 1133,540 < 3575,98 \quad \mathbf{Ok}$$

$$\phi M_n = 0,9 \times 566,770 \times 420 \times \frac{\left(539 - \left(\frac{566,770 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 400}\right)\right)}{2} : 1.000.000$$

$$= 217,0217 \text{ kN/m}$$

$$\phi M_n = 217,0217 \text{ kN/m} > M_u = 39,13120 \text{ kN/m} \quad \mathbf{MEMENUHI}$$

Tabel 4. 29 Dimensi Balok 3

TIPE	DIMENSI	TUMPUAN	LAPANGAN
B3	350 x 600mm		
	TULANGAN ATAS	6 D19	4 D19
	TULANGAN BAWAH	4 D19	4 D19
	SENGKANG	D12 - 125mm	D12 - 150mm

• **Balok Kantilever Dimensi 25 cm x 40 cm**

– **Perencanaan Tulangan**

$$b = 250 \text{ mm} \quad f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$h = 400 \text{ mm} \quad f_y = 420 \text{ Mpa}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= 61,5 \text{ mm} & \mu_u &= 15.70470 \text{ kN/(momenterfaktor)} \\
 s &= 40 \text{ mm} & \phi &= 0,9 \text{ (SNI 2847;2013)} \\
 d_{sk} &= 12 \text{ mm} & M_n &= 17.449,667 \text{ N/m} \\
 d_t &= 19 \text{ mm} & \beta_1 &= 0,85 \\
 d &= 539 \text{ mm} & \rho_{bal} &= 0,02530
 \end{aligned}$$

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

$$a_{\text{perlu}} = 539 - \sqrt{539^2 - \frac{2 \cdot 17.449,667}{0,85 \cdot 25 \cdot 200}} = 9,8 \text{ mm}$$

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

$$A_s_{\text{perlu}} = \frac{17.449,667}{420 \cdot \left(539 - \frac{9,8}{2}\right)} = 124,550 \text{ mm}^2$$

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

$$0,0030 \text{ atau } 0,033 \text{ dan } 0,001962376$$

$$A_{s\min} = 166,07 \text{ mm}^2$$

$$A_{s\max} = 1605,61 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$166,07 < 124,55 \quad \textbf{Pakai Tulangan Minimum}$$

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 :

$$166,07 > 556,770 \quad \textbf{Pakai Tulangan Minimum}$$

$$\begin{aligned}
 \phi M_n &= 0,9 \times 556,770 \times 420 \times \frac{\left(539 - \left(\frac{556,770 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 200}\right)\right)}{2} : 1.000.000 \\
 &= 67,07201 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 67,72012 \text{ kN/m} > \mu_u = 15,70470 \text{ kN/m} \quad \textbf{MEMENUHI}$$

– **Penulangan Geser Tumpuan**

$$M_u = 15,704700 \text{ kN/m}$$

$$V_u = 10,30664 \text{ kN}$$

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

$$\phi = 0,75$$

$$\rho_w = 0,007$$

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

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$S = 150 \text{ mm (Jarak Sengkang)}$$

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

$$d = 239 \text{ mm}$$

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

Hitung V_c :

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

$$\phi V_c = 46.953,64 \text{ N}$$

$$26.073,87 < 0,3 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \quad \mathbf{OK}$$

Hitung V_s :

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

$$V_s = \frac{226 \cdot 420 \cdot 539}{150}$$

$$= 214.387,31 \text{ N}$$

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

$$\phi V_s = 0,75 \times 214.387,31$$

$$= 160.790,482 \text{ N}$$

Kontrol kecukupan tulangan Sengkang :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

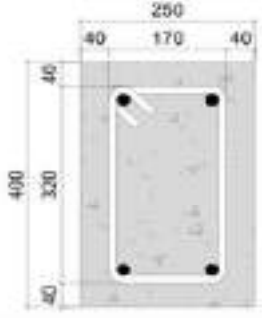
$$\phi V_n = 46.953,64 + 160.790,482$$

$$= 207.7441 \text{ N}$$

$$= 207.7441 / 1.000 = 207.7441 \text{ kN}$$

$$V_n = 207.7441 > V_u = 10,30664 \quad \mathbf{Ok}$$

Tabel 4. 30 Dimensi Balok Kantilever

TIPE	DIMENSI BALOK	
BALOK KANTILEVER	250 x 400 mm	
	TULANGAN ATAS	2 D19
	TULANGAN BAWAH	2 D19
	SENGKANG	D12 - 150 mm

(Sumber : Hasil Analisis)

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

- **Perencanaan Tulangan**

b	= 200 mm	fc	= 25 Mpa
h	= 350 mm	fy	= 420 Mpa
d'	= 61,5 mm	Mu	= 7,73070 kN/m
s	= 40 mm	φ	= 0,9
dsk	= 12 mm	Mn	= 8,589,667 N/m
dt	= 19 mm	β1	= 0,85
d	= 239 mm	ρbal	= 0,02530

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

$$a \text{ perlu} = 239 - \sqrt{239^2 - \frac{2 \cdot 23.302.036}{0,85 \cdot 25 \cdot 200}} = 8,630 \text{ mm}$$

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

$$A_s \text{ perlu} = \frac{23.302.036}{420 \cdot \left(289 - \frac{19,676}{2}\right)} = 87,331 \text{ mm}^2$$

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

$$0,0030 \text{ atau } 0,033 \text{ dan } 0,00460076$$

$$A_{s\min} = 116,44 \text{ mm}^2$$

$$A_{smaks} = 905,02 \text{ mm}^2$$

Kontrol kecukupan :

$$116,44 < 87,33 \quad \textbf{Pakai Tulangan Minimum}$$

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 :

$$116,44 > 566,77 > 905,02 \quad \textbf{Pakai Tulangan Minimum}$$

$$\begin{aligned} \phi M_n &= 0,9 \times 556,770 \times 420 \times \frac{\left(289 - \left(\frac{556,770 \cdot 420}{0,85 \cdot 25 \cdot 200}\right)\right)}{2} : 1.000.000 \\ &= 45,0962 \text{ kN/m} \end{aligned}$$

$$\phi M_n = 45,0962 \text{ kN/m} > M_u = 7,73070 \text{ kN/m} \quad \textbf{MEMENUHI}$$

– Penulangan Geser

$$M_u = 7,730700 \text{ kN/m}$$

$$V_u = 5,4647 \text{ kN}$$

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

$$\phi = 0,75$$

$$\rho_w = 0,0120$$

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

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

$$S = 150 \text{ mm (Jarak Sengkang)}$$

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

$$d = 239 \text{ mm}$$

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

Hitung V_c :

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

$$\phi V_c = 26,789,25 \text{ N}$$

$$26,789,25 < 0,3 \sqrt{f_c} \cdot b \cdot d \quad \textbf{OK}$$

Hitung V_s :

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

$$V_s = \frac{226 \cdot 420 \cdot 239}{150}$$

$$= 151.052,80 \text{ N}$$

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

$$\phi V_s = 0,75 \times 151.052,80$$

$$= 113,289,601 \text{ N}$$

Kontrol kecukupan tulangan Sengkang :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

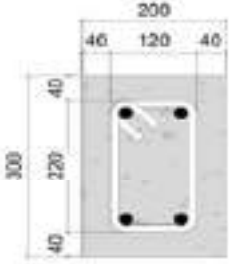
$$\phi V_n = 26,789,25 + 113,289,601$$

$$= 140,0788 \text{ N}$$

$$= 140,0788 / 1.000 = 140,0788 \text{ kN}$$

$$V_n = 140,0788 > V_u = 5,4647 \quad \text{Ok}$$

Tabel 4. 31 Dimensi Balok Anak

TIPE	DIMENSI BALOK	
BALOK ANAK	200 x 300mm	
	TULANGAN ATAS	2 D19
	TULANGAN BAWAH	2 D19
	SENGKANG	D12 - 150mm

(Sumber : Hasil Analisis)

4.6.4 Desain Kolom

a. Data material

- Beton :**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 23500 \text{ Mpa}$$

- Baja Tulangan :**

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

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

- **Properties Penampang**

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

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

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

- **Material Properties**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$E_c = 23500 \text{ Mpa}$$

$$\beta_1 = 0,850$$

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

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

- **Reduksi Kekuatan**

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

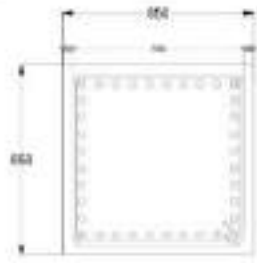
$$\phi_b = 0,90 \text{ (Tarik Lnetur)}$$

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

b. Penulangan Kolom

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

Tabel 4. 32 Dimensi K1 Sudut 1-3

TIPE	DIMENSI KOLOM	
K1 SDT 1-3	850 x 850 mm	
	JUMLAH TULANGAN	32 D19
	SELIMUT BETON	50

– Penulangan

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

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

$$P_u = 633,88 \text{ kN}$$

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

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

$$\text{Tulangan} = 22 \text{ mm}$$

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 9 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 9 \text{ BUAH}$$

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

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

$$dx = 850 - 71,50$$

$$= 779 \text{ mm}$$

$$dy = 850 - 71,50$$

$$= 779 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah X} &= (850 - 2 \times 71,50) : (9 - 1) \\ &= 88,4 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 88,4 - 19 = 69,4 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (850 - 2 \times 71,50) : (9 - 1) \\ &= 88,4 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 70,4 - 22 = 69,4 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{Tulangan} &= 2 \times (9 - 2) + (9 - 2) + 4 \\ &= 32 \text{ Buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{32 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4} \\ &= 9.072,9 \text{ mm}^2 \\ &= \left(\frac{16.725,8}{900.900} \right) \% = 1,3 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,1 \cdot A_g \cdot f_c &= \frac{850 \times 850 \times 1000 \times 25}{1.000} \\ &= 1806 \text{ kN} > P_u 633,8848 \text{ Kn} \end{aligned}$$

– Diagram Interaksi Kolom Arah X

Tabel 4.33 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	9835,1117	0	43,3544	633,8848	1944	130	0,326
2	9835,1117	103,8598					
3	9685,037	192,7404					
4	8373,5362	272,4771					
5	6648,7783	330,4855					
6	4648,8371	362,2361					
7	3391,4607	406,4882					
8	1912,0368	404,5929					
9	25,0726	287,2381					
10	-1959,7505	129,082					
11	-3378,0166	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.34 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	9835,1117	0	171,9761	633,8848	1944	528	0,326
2	9835,1117	421,7127					
3	9685,037	782,6034					
4	8373,5362	1106,3666					
5	6648,7783	1341,9039					
6	4648,8371	1470,8242					
7	3391,4607	1650,5056					
8	1912,0368	1642,8098					
9	25,0726	1166,3023					
10	-1959,7505	524,1247					
11	-3378,0166	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

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

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

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

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

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

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 850 \times 850 \\ &= 722500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$P_u = 633,848 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 62,0026 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 120,6886 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

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

$$\phi V_c = 0,75 \left(1 + \frac{633,8848}{14.722500} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 850 \cdot 779 : 1.000$$

$$= 413,6040 \text{ kN}$$

Hitung ϕV_s , sbb :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 32\text{D}10 - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 32 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.619,11 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.619,11 \cdot 420.779}{100} : 1.000 \\ &= 8.875,06 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 413,6040 + 8.875,06 \\ &= 9,288,6686 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 9,288,668 \text{ kN} > V_u - x = 62,0026 \text{ kN} \quad \mathbf{Ok}$$

– Geser Arah Y

Hitung ϕV_c :

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx \\ \phi V_c &= 0,75 \left(1 + \frac{633,8848}{14 \cdot 722500} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 850.779 : 1.000 \\ &= 413,6040 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung ϕV_s , sbb :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 32\text{D}10 - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 32 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.619,11 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.619,11 \cdot 420.779}{100} : 1.000 \\ &= 8.875,06 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 413,6040 + 8.875,06 \\ &= 9.288,669 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 9.288,66 \text{ kN} > V_u - y = 120,6886 \text{ kN} \quad \mathbf{Ok}$$

– **Pengengkangan Kolom Sudut Lt. 1-3 (*Confinement*)**

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad d = 778,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \text{ mm}$$

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

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

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

$$\text{Luas Kolom}(A_g) = 722500 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Lebar inti}(b_c) &= 850 - (2 \times 50 + 12) \\ &= 738 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi inti}(h_c) &= 850 - (2 \times 50 + 12) \\ &= 738 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas inti}(A_{ch}) &= 808 \times 808 \\ &= 544644 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{808 \cdot 25}{420} \right) \times (810.000 : 652.864 - 1) \\ &= 4,30 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{808 \cdot 25}{420} \right) \\ &= 3,95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (778,50 : 100) : 1.000 \\ &= 1479,18 \text{ kN} < V_{maks} = 2205,75 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{738 \cdot 25}{420} \right) \times (722500 : 544644 - 1) \\ &= 4,30 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{738 \cdot 25}{420} \right) \\ &= 3,95 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

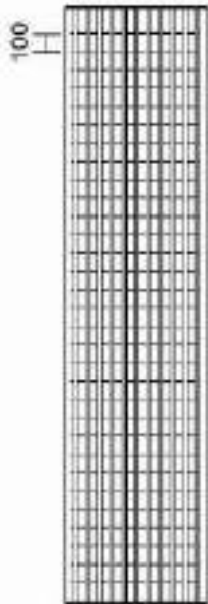
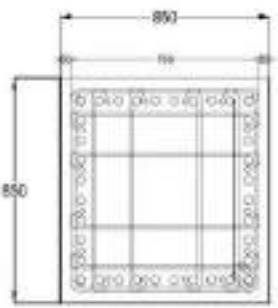
$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,95 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (778,50 : 100) : 1.000$$

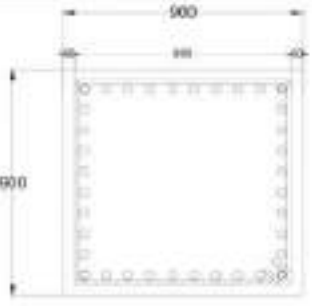
$$= 1479,18 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 2205,75 \text{ Kn}$$

Tabel 4. 35 *Confinement* K1 Sudut

ELEVASI	TIPE	DIMENSI KOLOM			
	K1 SDT 1-3	PENGIKAT	Arah X	4 D12- 100	
			Arah Y	4 D12 -100	

- Kolom Tengah LT. 1-3 Dimensi 900 x 900 mm

Tabel 4. 36 Detail K1 Tengah

TIPE	DIMENSI KOLOM	
K1 TGH 1-3	900 x 900 mm	
	JUMLAH TULANGAN	36 D19
	SELIMUT BETON	50

– Penulangan

$$b = 900 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$P_u = 261,40 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 10 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 10 \text{ BUAH}$$

$$\begin{aligned} d' &= 50 + 12 + 19 / 2 \\ &= 71,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= 900 - 71,50 \\ &= 829 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 900 - 71,50 \\ &= 829 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah X} &= (950 - 2 \times 71,50) : (10 - 1) \\ &= 84 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 84 - 19 = 65,11 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (950 - 2 \times 71,50) : (10 - 1) \\ &= 84 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 84 - 19 = 65,11 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{Tulangan} &= 2 \times (10 - 2) + (10 - 2) + 4 \\ &= 46 \text{ Buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{46 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4} \\ &= 10.207,0 \text{ mm}^2 \\ &= \left(\frac{10.207,0}{900 \cdot 900} \right) \% = 1,3 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,1 \cdot A_g \cdot f_c &= \frac{0,1 \times 900 \times 900 \times 25}{1.000} \\ &= 2025,0 \text{ kN} < P_u \text{ 261,40470 kN} \end{aligned}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

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	11033,4225	0	110,4173	2614,0470	10892	460	0,240
2	11033,4225	212,4413					
3	11033,4225	430,6359					
4	10027,3282	670,1101					
5	7806,2287	860,0919					
6	5100,8543	947,3724					
7	3219,6307	1041,0471					
8	1010,8809	975,4879					
9	-1189,2188	618,9284					
10	-2843,9718	253,5759					
11	-3800,2686	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.38 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	11033,4225	0	162,66030	2614,0470	10892	678	0,240
2	11033,4225	312,9559					
3	11033,4225	634,3872					
4	10027,3282	987,1664					
5	7806,2287	1267,0363					
6	5100,8543	1395,6127					
7	3219,6307	1533,6088					
8	1010,8809	1437,0309					
9	-1189,2188	911,7686					
10	-2843,9718	373,5529					
11	-3800,2686	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 900 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm}$$

$$dx = 829 \text{ mm}$$

$$dy = 829 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned}
 \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\
 &= 900 \times 900 \\
 &= 810000 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

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

$$P_u = 2.614,0470 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 160,4333 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 228,5213 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– Geser Arah X

Hitung ϕV_c :

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

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \left(1 + \frac{2.614,0470}{14 \cdot 810000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 900 \cdot 829 : 1.000 \\
 &= 466,14 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Hitung ϕV_s , sbb :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 36 \text{ D10} - 100$$

$$\begin{aligned}
 A_v &= 36 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\
 &= 4,071.50 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot d x}{S} \\
 &= 0,75 \cdot \frac{4.071,50 \cdot 240 \cdot 829}{100} : 1.000 \\
 &= 6.071,83 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}
 \phi V_n &= V_c + V_s \\
 &= 466,14 + 6.071,83 \\
 &= 6.537,97 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 6.537,97 \text{ kN} > V_u - x = 160,4333 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

– Geser Arah Y

Hitung ϕV_c :

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

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \left(1 + \frac{2.614,0470}{14 \cdot 810000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 900 \cdot 829 : 1.000 \\
 &= 466,14 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 4 D12 – 100

$$A_v = 36 \times 3,14 \times 12^2 : 4$$

$$= 4,071.50 \text{ mm}^2$$

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

$$= 0,75 \cdot \frac{4,071,50 \cdot 240 \cdot 829}{100} : 1.000$$

$$= 6.071,83 \text{ kN}$$

Kontrol :

$$\phi V_n = V_c + V_s$$

$$= 466,14 + 6.071,83$$

$$= 6.537,97 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 6.537,97 \text{ kN} > V_u - y = 228,5213 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengekangan Kolom Tengah LT. 1-3 (*confinement*)**

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad d = 828,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \text{ mm}$$

$$b = 900 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 900 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

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

$$\text{Luas kolom (Ag)} = 810000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (bc)} = 788 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (hc)} = 788 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (Ach)} = 620944 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkan Arah X :

$$A_{sh1/sx} = 0,3 \times \left(\frac{788 \cdot 25}{420} \right) \times (810000 : 620944 - 1)$$

$$= 4,28 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{788 \cdot 25}{420} \right)$$

$$= 4,22 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

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

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 4,22 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \left(4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (828,50 : 100) \right) : 1.000$$

$$= 1574,18 \text{ kN} < V_{maks} = 2885,50 \text{ kN}$$

Tulangan Sengkan Arah Y :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{78 \cdot 25}{420} \right) \times (810000 : 620944 - 1) \\ &= 4,28 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{788 \cdot 25}{420} \right) \\ &= 4,22 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

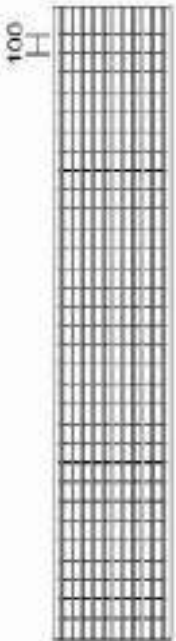
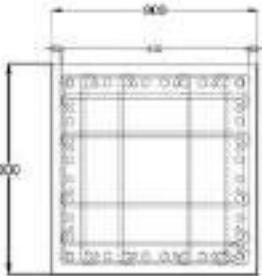
Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 4,22 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

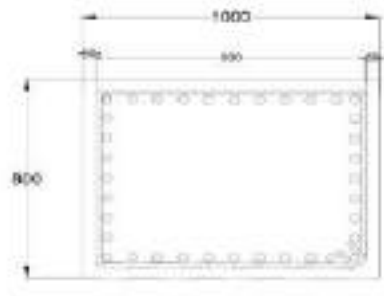
$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (828,50 : 100) : 1.000 \\ &= 1574,18 \text{ kN} < V_{maks} = 2885,50 \text{ Kn} \end{aligned}$$

Tabel 4. 39 *Confinement* K1 Tengah

ELEVASI	TIPE	DIMENSI KOLOM			
	K1 TGH 1-3	PENGIKAT	Arah X	4 D12- 100	
			Arah Y	4 D12 -100	

- Kolom Tepi LT. 1-3 Dimensi 1000cm x 800 cm

Tabel 4. 40 Detail K1 Tepi

TIPE	DIMENSI KOLOM	
K1 TEPI 1-3	1000 x 800 mm	
	JUMLAH TULANGAN	36 D19
	SELIMUT BETON	50

– Penulangan

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$P_u = 1799,7619 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 11 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 9 \text{ BUAH}$$

$$\begin{aligned} d' &= 50 + 12 + 19 / 2 \\ &= 71,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= 800 - 71,50 \\ &= 729 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 1000 - 71,50 \\ &= 929 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah X} &= (800 - 2 \times 71,50) : (11 - 1) \\ &= 66 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 66 - 19 = 46,70 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (1000 - 2 \times 71,50) : (9 - 1) \\ &= 107 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 107 - 19 = 88,13 \quad \mathbf{OK}$$

$$\sum \text{Tulangan} = 2 \times (11 - 2) + (9 - 2) + 4$$

$$= 36 \text{ Buah}$$

$$A_{st} = \frac{36.3,14 \cdot 19^2}{4}$$

$$= 10.207,0 \text{ mm}^2$$

$$= \left(\frac{10.207,0 \text{ mm}^2}{1000.800} \right) \% = 1,28 \%$$

$$0,1 \cdot A_g \cdot f_c = \frac{0,1 \times 100 \times 800 \times 25}{1.000}$$

$$= 2000,0 \text{ kN} > P_u \text{ } 1799,761 \text{ Kn}$$

– Diagram Interaksi Kolom Arah X

Tabel 4.41 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	10922,9225	0	127,35	1799,7619	10525	745	0,171
2	10922,9225	322,3373					
3	10922,9225	647,7272					
4	9724,5851	966,0439					
5	7616,1215	1225,106					
6	5047,6847	1348,4168					
7	3292,2346	1483,0599					
8	1299,2417	1414,3759					
9	-841,5365	944,5379					
10	-2756,4034	359,1265					
11	-3800,2686	0					

– Diagram Interaksi Kolom Arah Y

Tabel 4.42 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	10922,9225	0	81,4212	1799,7619	10525	476	0,171
2	10922,9225	206,0859					
3	10922,9225	414,1235					
4	9724,5851	617,6389					
5	7616,1215	783,2699					
6	5047,6847	862,1084					
7	3292,2346	948,1923					
8	1299,2417	904,2793					
9	-841,5365	603,889					
10	-2756,4034	229,607					
11	-3800,2686	0					

– Kapasitas Gaya Geser Kolom

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

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

$$dy = 929 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 1000 \times 800 \\ &= 800000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$P_u = 1.799,7619 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 132,4320 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 123,3172 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– Geser Arah X

Hitung ϕV_c , sbb :

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \left(1 + \frac{1.799,7619}{14 \cdot 800000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 1000 \cdot 729 : 1.000 \\ &= 455,3857 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung ϕV_s , sbb :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 36D10 - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 36 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 4.071,50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{4.071,50 \cdot 420 \cdot 729}{100} : 1.000 \\ &= 5.338,96 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 455,3857 + 5.338,96 \\ &= 5.794,35 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 5.794,35 \text{ kN} > V_u - x = 1.799,7619 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c , sbb :

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \left(1 + \frac{1.799,7619}{14.800000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 1000 \cdot 929 : 1.000 \\ &= 580,41 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung ϕV_s , sbb :

Tulangan Geser Terpasang = 36D12 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 36 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 4.071,50 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{4.071,50 \cdot 420 \cdot 929}{100} : 1.000 \\ &= 6.804,70 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 580,41 + 6.804,70 \\ &= 9.288,6686 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 7.385,11 \text{ kN} > V_u - x = 132,4320 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengekangan Kolom Tepi LT. 1-3 (*confinement*)**

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad d = 725,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 74,50 \text{ mm}$$

$$b = 1000 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm} \quad d_t = 25 \text{ mm}$$

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

$$\text{Luas kolom (A}_g\text{)} = 800000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (b}_c\text{)} = 888 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (h}_c\text{)} = 688 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (A}_c\text{)} = 610944 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{688 \cdot 25}{420} \right) \times (800000 : 610944 - 1) \\ &= 3,80 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{688 \cdot 25}{420} \right) \\ &= 3,69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,69 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= \left(4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (725,50 : 100) \right) : 1.000 \\ &= 1378,48 \text{ kN} < V_{maks} = 2418,33 \text{ kN} \quad \mathbf{ok} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkan Arah Y :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{888 \cdot 25}{420} \right) \times (800000 : 610944 - 1) \\ &= 4,91 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{888 \cdot 25}{420} \right) \\ &= 4,76 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

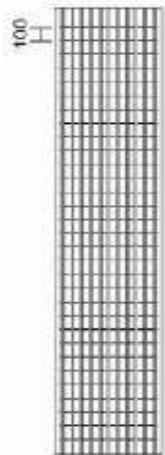
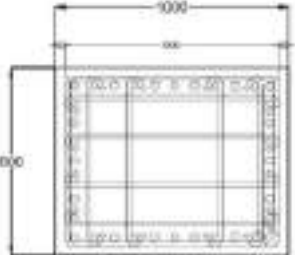
Tulangan Geser = 5 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 5 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 5,65 \text{ mm}^2 > 4,76 \text{ mm}^2 \quad \mathbf{ok} \end{aligned}$$

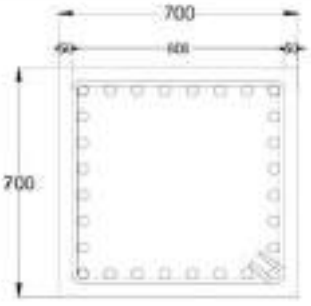
$$\begin{aligned} V_s &= 5 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (725,50 : 100) : 1.000 \\ &= 1723,09 \text{ kN} < V_{maks} = 2418,33 \text{ Kn} \end{aligned}$$

Tabel 4. 43 *Confinement* K1 Tepi

TIPE	TIPE	DIMENSI KOLOM		
	K1 TEPI 1-3	PENGIKAT	Arah X	4 D12- 100
			Arah Y	4 D12 -100
				

- **Kolom Sudut LT. 4-6 Dimensi 700 x 700 mm**

Tabel 4. 44 Detail K2 Sudut

TIPE	DIMENSI KOLOM	
K2 SDT 4-6	700 x 700 mm	
	JUMLAH TULANGAN	28 D19
	SELIMUT BETON	50

– Penulangan

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$P_u = 1694,2404 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 8 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 8 \text{ BUAH}$$

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

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

$$dx = 700 - 71,50$$

$$= 629 \text{ mm}$$

$$dy = 700 - 71,50$$

$$= 629 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah X} = (700 - 2 \times 71,50) : (8 - 1)$$

$$= 79,6 \text{ mm}$$

$$\text{Min Spasi} = 79,6 - 19 = 60,6 \quad \mathbf{OK}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah Y} = (700 - 2 \times 71,50) : (8 - 1)$$

$$= 79,6 \text{ mm}$$

$$\text{Min Spasi} = 79,6 - 19 = 60,6 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned}\sum \text{Tulangan} &= 2 \times (8 - 2) + (8 - 2) + 4 \\ &= 28 \text{ Buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_{st} &= \frac{28 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4} \\ &= 7.938,8 \text{ mm}^2 \\ &= \left(\frac{7.938,8}{700 \cdot 700} \right) \% = 1,6 \% \\ 0,1 \cdot A_g \cdot f_c &= \frac{0,1 \times 700 \times 700 \times 25}{1.000} \\ &= 1225 \text{ kN} < P_u \text{ 1694,2404 kN}\end{aligned}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.45 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	7034,5509	0	61,3993	16,94,2404	6832	248	0,248
2	7034,5509	110,339					
3	7033,6386	217,0502					
4	6216,6775	331,905					
5	4742,1891	421,4512					
6	2943,3194	462,4537					
7	1668,7607	506,6783					
8	158,7974	472,6418					
9	-1277,8169	294,8365					
10	-2430,0349	104,166					
11	-2955,7645	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.46 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	7034,5509	0	92,9876	1694,2404	6832	375	0,248
2	7034,5509	167,1056					
3	7033,6386	328,717					
4	6216,6775	502,6616					
5	4742,1891	638,2772					
6	2943,3194	700,3743					
7	1668,7607	767,3514					
8	158,7974	715,8039					
9	-1277,8169	446,5224					
10	-2430,0349	157,7567					
11	-2955,7645	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$dx = 629 \text{ mm}$$

$$dy = 629 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 700 \times 700 \\ &= 490000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$P_u = 1.694,2404 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 79,9217 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 94,2065 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c ,sbb :

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \left(1 + \frac{1.694,2404}{14.490000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 700 \cdot 629 : 1.000 \\ &= 275,0367 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung ϕV_s ,sbb :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 28D10 - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 28 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.166,73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{S} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.166,73 \cdot 420 \cdot 629}{100} : 1.000 \\ &= 6,269,40 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 275,0367 + 6,269,40 \\ &= 6.544,4404 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 6.544,4404 \text{ kN} > V_u - x = 79,9217 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \left(1 + \frac{1.694,2404}{14.490000}\right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 700 \cdot 629 : 1.000 \\ &= 275,0367 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 28D10 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 28 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.166,73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{S} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.166,73 \cdot 420 \cdot 629}{100} : 1.000 \\ &= 6,269,40 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 275,0367 + 6,269,40 \\ &= 6.544,4404 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 6.544,4404 \text{ kN} > V_u - y = 79,9217 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengengkangan Kolom Sudut LT. 4-6 (Confinement)**

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad d = 628,50 \text{ mm}$$

$$f_y = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \text{ mm}$$

$$b = 700 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

Selimut Beton(s) = 50 mm

Luas Kolom(A_g) = 490000 mm²

$$\begin{aligned} \text{Lebar inti}(b_c) &= 700 - (2 \times 50 + 12) \\ &= 588 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi inti}(h_c) &= 700 - (2 \times 50 + 12) \\ &= 588 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas inti}(A_{ch}) &= 588 \times 588 \\ &= 345744 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned} \text{Ash1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{588.25}{420} \right) \times (490000 : 345744 - 1) \\ &= 4,38 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{588.25}{420} \right) \\ &= 3,15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{Av/Sx} &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (628,50:100) : 1.000 \\ &= 1194,17 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1466,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkan Arah Y :

$$\begin{aligned} \text{Ash1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{588.25}{420} \right) \times (490000 : 345744 - 1) \\ &= 4,38 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{588.25}{420} \right) \\ &= 3,15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

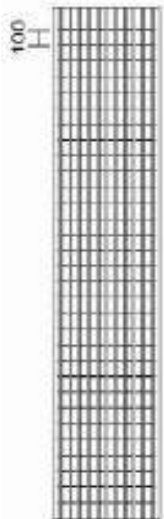
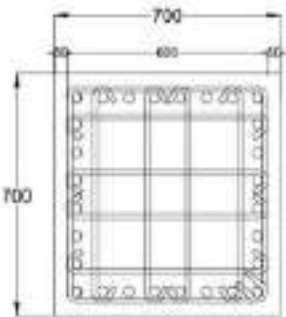
Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{Av/Sx} &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

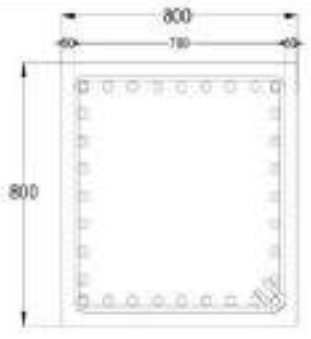
$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (628,50:100) : 1.000 \\ &= 1194,17 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1466,50 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4. 47 *Confinement K2 Sudut*

ELEVASI	TIPE	DIMENSI KOLOM			
	K2 SDT 4-6	PENGIKAT	Arah X	4 D12- 100	
			Arah Y	4 D12 - 100	

- Kolom Tengah LT. 4-6 Dimensi 800 x 800 mm

Tabel 4. 48 Detail K2 Tengah

TIPE	DIMENSI KOLOM	
K2 TGH 4-6	800 x 800 mm	
	JUMLAH TULANGAN	32 D19
	SELIMUT BETON	50

– Penulangan

$$b = 800 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$P_u = 1971,8502 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 9 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 9 \text{ BUAH}$$

$$\begin{aligned} d' &= 50 + 12 + 19 / 2 \\ &= 71,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= 800 - 71,50 \\ &= 729 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 800 - 71,50 \\ &= 729 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah X} &= (800 - 2 \times 71,50) : (-1) \\ &= 82 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 82 - 19 = 16,13 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (800 - 2 \times 71,50) : (-1) \\ &= 82 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 82 - 19 = 16,13 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{Tulangan} &= 2 \times (9 - 2) + (9 - 2) + 4 \\ &= 32 \text{ Buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{st} &= \frac{32.3,14 \cdot 19^2}{4} \\
 &= 9,072,9 \text{ mm}^2 \\
 &= \left(\frac{9,072,9}{800 \cdot 800} \right) \% = 1,42 \% \\
 0,1 \cdot A_g \cdot f_c &= \frac{0,1 \times 800 \times 800 \times 25}{1.000} \\
 &= 1600,0 \text{ kN} < P_u \text{ 1971,8502 kN}
 \end{aligned}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

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	8923,4867	0	77,3754	1971,8502	8391	329	0,235
2	8923,4867	135,6564					
3	8923,4867	263,8458					
4	7854,807	392,0621					
5	6111,2253	496,908					
6	4004,6707	545,901					
7	2537,3657	601,2478					
8	869,7461	572,4884					
9	-901,8614	381,7566					
10	-2485,3	149,8102					
11	-3378,0166	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.50 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	8923,4867	0	159,23100	1971,8502	8391	678	0,235
2	8923,4867	279,1676					
3	8923,4867	542,969					
4	7854,807	806,8256					
5	6111,2253	1022,5883					
6	4004,6707	1123,4111					
7	2537,3657	1237,3093					
8	869,7461	1178,1255					
9	-901,8614	785,6178					
10	-2485,3	308,2948					
11	-3378,0166	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 800 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm}$$

$$dx = 729 \text{ mm}$$

$$dy = 729 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 800 \times 800 \\ &= 640000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$P_u = 1.971,8502 \text{ kN}$$

$$V_{u-x} = 139,0751 \text{ kN}$$

$$V_{u-y} = 193,3000 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c ,sbb :

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \left(1 + \frac{1.971,8502}{14.640000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 800 \cdot 729 : 1.000 \\ &= 364,33 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung ϕV_s ,sbb :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 32 \text{ D10} - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 32 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.619,11 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.619,11 \cdot 420 \cdot 729}{100} : 1.000 \\ &= 4.745,75 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 364,33 + 4.745,75 \\ &= 5.110,08 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = \text{kN} > V_{u-x} = 139,0751 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c ,sbb :

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

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0,75 \left(1 + \frac{1.971,8502}{14.640000}\right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 800.729 : 1.000 \\ &= 364,33 \text{ kN}\end{aligned}$$

Hitung $\phi V_{s,sbb}$:

Tulangan Geser Terpasang = 32 D10 – 100

$$\begin{aligned}A_v &= 32 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.619,11 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.619,11 \cdot 420 \cdot 729}{100} : 1.000 \\ &= 4.745,75 \text{ kN}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 364,33 + 4.745,75 \\ &= 5.110,08 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\phi V_n = 5.110,08 \text{ kN} > V_u - y = 139,0751 \text{ kN} \quad \mathbf{Ok}$$

– **Pengekangan Kolom (*confinement*)**

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad d = 738,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 61,50 \text{ mm}$$

$$b = 800 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 800 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

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

$$\text{Luas kolom (Ag)} = 640000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (bc)} = 708 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (hc)} = 708 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (Ach)} = 501264 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned}\text{Ash1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{708 \cdot 25}{420}\right) \times (640000 : 501264 - 1) \\ &= 3,50 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ash2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{708 \cdot 25}{420}\right) \\ &= 3,79 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

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

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,79 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \left(4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \right) \times 420 \times (738,50 : 100) : 1.000$$

$$= 1403,18 \text{ kN} < V_{maks} = 1969,33 \text{ kN}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$A_{sh1/sx} = 0,3 \times \left(\frac{708 \cdot 25}{420} \right) \times (640000 : 501264 - 1)$$

$$= 3,50 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{708 \cdot 25}{420} \right)$$

$$= 3,79 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

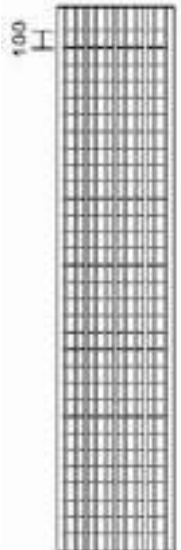
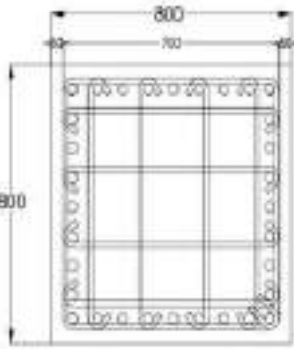
$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,79 \text{ mm}^2$$

$$V_s = \left(4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \right) \times 420 \times (738,50 : 100) : 1.000$$

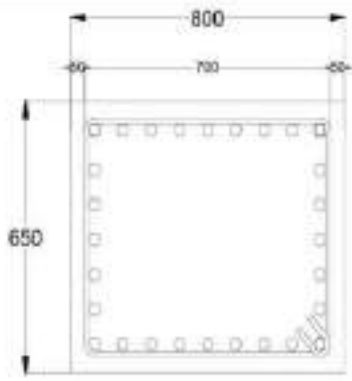
$$= 1403,18 \text{ kN} < V_{maks} = 1969,33 \text{ kN}$$

Tabel 4. 51 *Confinement K2 Tengah*

ELEVASI	TIPE	DIMENSI KOLOM			
	K2 TGH 4-6	PENGIKAT	Arah X	4 D12- 100	
			Arah Y	4 D12 - 100	

- Kolom Tepi LT. 4-6 Dimensi 650 cm x 800 mm

Tabel 4. 52 Detail K2 Tepi

TIPE	DIMENSI KOLOM	
K2 TEPI 4-6	650 x 800 mm	
	JUMLAH TULANGAN	28 D19
	SELIMUT BETON	50

– Penulangan

$$b = 800 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$P_u = 2018,4861 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 9 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 7 \text{ BUAH}$$

$$\begin{aligned} d' &= 50 + 12 + 19 / 2 \\ &= 71,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= 650 - 71,50 \\ &= 579 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 800 - 71,50 \\ &= 729 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah X} &= (650 - 2 \times 71,50) : (9 - 1) \\ &= 63 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 63 - 19 = 44 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (800 - 2 \times 71,50) : (7 - 1) \\ &= 110 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Min Spasi} &= 110 - 19 = 91 \quad \mathbf{OK} \\
 \Sigma \text{ Tulangan} &= 2 \times (9 - 2) + (7 - 2) + 4 \\
 &= 28 \text{ Buah} \\
 A_{st} &= \frac{28.3.14.19^2}{4} \\
 &= 7.938,8 \text{ mm}^2 \\
 &= \left(\frac{7.938,8}{800.650} \right) \% = 1,53 \% \\
 0,1.A_g.f_c &= \frac{0,1 \times 800 \times 650 \times 25}{1.000} \\
 &= 1300,0 \text{ kN} < P_u \quad 2018,4861 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.53 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	7366,0509	0	7,12	2018,4861	7235	251	0,279
2	7366,0509	117,1472					
3	7366,0509	231,4189					
4	6612,9978	360,1787					
5	5058,8403	465,1447					
6	3111,409	509,6432					
7	1738,6999	553,1381					
8	171,1142	511,0866					
9	-1371,44	308,2699					
10	-2509,6389	101,2278					
11	-2955,7645	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.54 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	7366,0509	0	106,1063	2018,4861	7235	380	0,279
2	7366,0509	177,2627					
3	7366,0509	350,1743					
4	6612,9978	545,0088					
5	5058,8403	703,8394					
6	3111,409	771,1729					
7	1738,6999	836,9878					
8	171,1142	773,3569					
9	-1371,44	466,4624					
10	-2509,6389	153,174					
11	-2955,7645	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 800 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$dx = 579 \text{ mm}$$

$$dy = 729 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 800 \times 650 \\ &= 520000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$P_u = 2.018,4861 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 152,4022 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 103,6911 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c ,sbb :

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{2.018,4861}{14.520000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 800 \cdot 579 : 1.000 \\ &= 289,3302 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung ϕV_s ,sbb :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 28D10 - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 28 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.166,73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.279,51 \cdot 420 \cdot 579}{100} : 1.000 \\ &= 3.279,73 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 289,3302 + 3.279,73 \end{aligned}$$

$$= 4.869,64 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 3.586,84 > V_u - x = 152,4022 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c , sbb:

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{2.018,4861}{14.520000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 800.729 : 1.000 \\ &= 364,35 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung ϕV_s , sbb :

Tulangan Geser Terpasang = 28D10 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 28 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3.166,73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{S} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.166,73 \cdot 420 \cdot 729}{100} : 1.000 \\ &= 4.152,53 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 364,35 + 4.152,53 \\ &= 4.516,88 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 4.516,88 \text{ kN} > V_u - y = 103,6911 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengekangan Kolom (*confinement*)**

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad d = 585,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 64,50 \text{ mm}$$

$$b = 800 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm} \quad d_t = 25 \text{ mm}$$

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

$$\text{Luas kolom (A}_g) = 520000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (b}_c) = 708 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (h}_c) = 558 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (A}_c) = 395064 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{558 \cdot 25}{420} \right) \times (520000 : 395064 - 1) \\ &= 3,15 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{558 \cdot 25}{420} \right) \\ &= 2,99 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 2,99 \text{ mm}^2 \quad \text{ok} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (585,50 : 100) : 1.000 \quad \text{ok} \\ &= 1112,47 \text{ kN} < V_{maks} = 1561,33 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkan Arah Y :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{708 \cdot 25}{420} \right) \times (520000 : 395064 - 1) \\ &= 4,00 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{708 \cdot 25}{420} \right) \\ &= 3,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

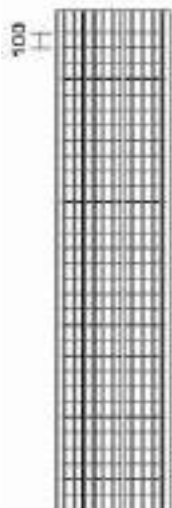
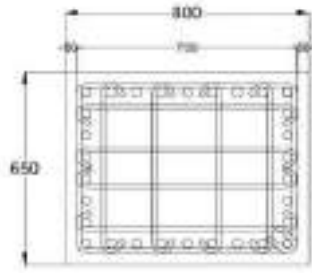
Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,79 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

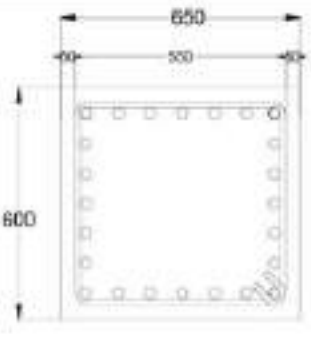
$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (585,50 : 100) : 1.000 \\ &= 1112,47 \text{ kN} < V_{maks} = 1561,33 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tabel 4. 55 *Confinement* K2 Tepi

ELEVASI	TIPE	DIMENSI KOLOM			
	K2 Tepi 4-6	PENGIKAT	Arah X	4 D12- 100	
			Arah Y	4 D12 - 100	

- **Kolom Sudut LT. 7-9 Dimensi 600 x 650 mm**

Tabel 4. 56 Detail K3 Sudut

TIPE	DIMENSI KOLOM	
K3 SDT 7-9	600 x 650 mm	
	JUMLAH TULANGAN	24 D19
	SELIMUT BETON	50

– Penulangan

$$b = 650 \text{ mm}$$

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

$$P_u = 955.2051 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 7 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 7 \text{ BUAH}$$

$$\begin{aligned} d' &= 50 + 12 + 19 / 2 \\ &= 71,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= 600 - 71,50 \\ &= 529 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 650 - 71,50 \\ &= 579 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah X} &= (600 - 2 \times 71,50) : (7 - 1) \\ &= 84,5 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 84,5 - 19 = 65,5 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (650 - 2 \times 71,50) : (7 - 1) \\ &= 76,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Min Spasi} &= 76,2 - 19 = 57,2 && \text{OK} \\ \Sigma \text{ Tulangan} &= 2 \times (7 - 2) + (7 - 2) + 4 \\ &= 24 \text{ Buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ast} &= \frac{24 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4} \\ &= 6,804.7 \text{ mm}^2 \\ &= \left(\frac{6,804.7}{650.600} \right) \% = 1,7 \% \\ 0,1 \cdot \text{Ag} \cdot f_c &= \frac{0,1 \times 650 \times 600 \times 25}{1.000} \\ &= 975 \text{ kN} > \text{Pu } 955.2051 \text{ kN}\end{aligned}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.57 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	5698.115	0	33.3785	955.2051	5027	176	0.190
2	5698.115	66.795					
3	5666.598	126.25					
4	4895.776	186.96					
5	3724.105	233.87					
6	2312.507	255.54					
7	1308.854	281.43					
8	168.8599	264.49					
9	-980.855	172.53					
10	-2026.465	61.66					
11	-2533.512	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.58 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	5698.115	0	75,8874	955,2051	5027	399	0.190
2	5698.115	151.86					
3	5666.598	287.04					
4	4895.776	425.06					
5	3724.105	531.71					
6	2312.507	580.98					
7	1308.854	639.85					
8	168.8599	601.34					
9	-980.855	392.25					
10	-2026.465	140.19					
11	-2533.512	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 650 \text{ mm}$$

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

$$dx = 529 \text{ mm}$$

$$dy = 579 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 650 \times 600 \\ &= 390000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$P_u = 955,2051 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 63,9423 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 72,9059 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{955,2051}{14 \cdot 390.000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 650 \cdot 529 : 1.000 \\ &= 214,7407 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 24D12 - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 24 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 2,714.34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{2,714.34 \cdot 420 \cdot 529}{50} : 1.000 \\ &= 4,518.76 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 214,7407 + 4,518.76 \end{aligned}$$

$$= 4,733.4995 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 4,733.4995 \text{ kN} > V_u - x = 63,9423 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{1955,2051}{14.390000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 600.579 : 1.000 \\ &= 235,0567 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 24D12 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 24 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 2,714.34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{2,714.34 \cdot 420.579}{50} : 1.000 \\ &= 4,946.27 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 235,0567 + 4,946.27 \\ &= 5,181.323 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 5,181.323 \text{ kN} > V_u - y = 72,9059 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengengkangan Kolom Sudut Lt 7-9 (*Confinement*)**

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad d = 528.50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \text{ mm}$$

$$b = 650 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

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

$$\text{Luas Kolom}(A_g) = 390000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti}(b_c) = 538 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi inti}(h_c) = 488 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti}(A_{ch}) = 262544 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{488}{420} \right) \times (390000 : 262544 - 1) \\ &= 4,23 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{488}{420}\right) \\ &= 2,61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{Av/Sx} &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}\right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 2,61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (528,50:100) : 1.000 \\ &= 1004,17 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1145,08 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkan Arah Y :

$$\begin{aligned} \text{Ash1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{538}{420}\right) \times (390.000 : 262544 - 1) \\ &= 4,66 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{538}{420}\right) \\ &= 2,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

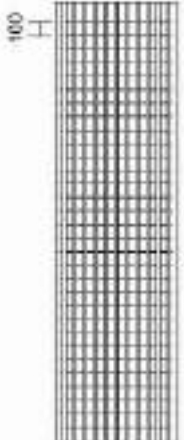
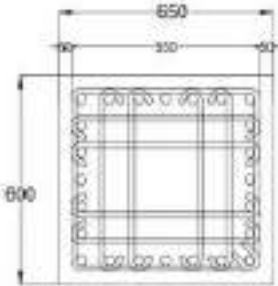
Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{Av/Sx} &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}\right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 2,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

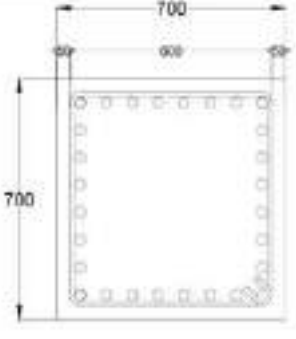
$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (528,50:100) : 1.000 \\ &= 1004,17 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1145,08 \text{ Kn} \end{aligned}$$

Tabel 4. 59 *Confinement K3 Sudut*

ELEVASI	TIPE	DIMENSI KOLOM			
	K3 SDT 7-9	PENGIKAT	Arah X	4 D12- 100	
			Arah Y	4 D12 -100	

• **Kolom Tengah LT. 7-9 Dimensi 700 x 700 mm**

Tabel 4. 60 Detail K3 Tengah

TIPE	DIMENSI KOLOM	
K3 TGH 7-9	700 x 700 mm	
	JUMLAH TULANGAN	28 D19
	SELIMUT BETON	50

– Penulangan

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$P_u = 966,9820 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 8 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 8 \text{ BUAH}$$

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

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

$$dx = 700 - 71,50$$

$$= 629 \text{ mm}$$

$$dy = 700 - 71,50$$

$$= 629 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah X} = (700 - 2 \times 71,50) : (8 - 1)$$

$$= 80 \text{ mm}$$

$$\text{Min Spasi} = 80 - 19 = 60,57$$

OK

$$\text{Spasi Tulangan arah Y} = (700 - 2 \times 71,50) : (8 - 1)$$

$$= 80$$

$$\text{Min Spasi} = 80 - 19 = 60,57$$

OK

$$\begin{aligned}\Sigma \text{ Tulangan} &= 2 \times (8 - 2) + (8 - 2) + 4 \\ &= 28 \text{ Buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ast} &= \frac{28 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4} \\ &= 7,938.8 \text{ mm}^2 \\ &= \left(\frac{7,938.8}{700.700} \right) \% = 1,62 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}0,1 \cdot A_g \cdot f_c &= \frac{0,1 \times 700 \times 700 \times 25}{1.000} \\ &= 1225.0 \text{ kN} > P_u 966,9820 \text{ kN}\end{aligned}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.61 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	7034.551	0	35,0434	966,9820	51,99	188	0.186
2	7034.551	66.589					
3	6922.047	120.96					
4	5876.183	169.68					
5	4582.104	206.15					
6	3059.79	226.73					
7	2062.996	254.35					
8	884.7696	251.96					
9	-526.3582	175.13					
10	-2043.445	70.967					
11	-2955.765	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.62 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	7034.551	0	134,59430	966,9820	51,99	724	0,186
2	7034.551	255.76					
3	6922.047	464.59					
4	5876.183	651.72					
5	4582.104	791.78					
6	3059.79	870.83					
7	2062.996	976.89					
8	884.7696	967.74					
9	-526.3582	672.65					
10	-2043.445	272.57					
11	-2955.765	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 700 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$dx = 629 \text{ mm}$$

$$dy = 629 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 700 \times 700 \\ &= 490000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$P_u = 966,9820 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 111,8990 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 122,6935 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{966,9820}{14.490000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 700 \cdot 629 : 1.000 \\ &= 275,01 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 28 \text{ D10} - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 28 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3,166.73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.166.73 \cdot 420 \cdot 629}{100} : 1.000 \\ &= 3,582.52 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 275,01 + 3,582.52 \end{aligned}$$

$$= 3,857.52 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 3,857.52 \text{ kN} > V_u - x = 111,8990 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{966,9820}{14.490000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 700 \cdot 629 : 1.000 \\ &= 275.01 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 28 D10 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 28 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 3,166.73 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{3.166.73 \cdot 420 \cdot 629}{100} : 1.000 \\ &= 3,582.52 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 275.01 + 3,582.52 \\ &= 3,857.52 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 3,857.52 \text{ kN} > V_u - y = 122,6935 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengekangan Kolom Tengah Lt 7-9 (*confinement*)**

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad d = 628,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \text{ mm}$$

$$b = 700 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

Selimut Beton (s) = 50 mm

Luas kolom (A_g) = 490000 mm²

Lebar inti (bc) = 588 mm

Tinggi Inti (hc) = 588 mm

Luas inti (A_{ch}) = 345744 mm²

Tulangan Sengkang Arah X :

$$A_{sh1/sx} = 0,3 \times \left(\frac{588}{420} \right) \times (490.000 : 345.744 - 1)$$

$$= 4,38 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ash2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{588}{420}\right)$$

$$= 3,15 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

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

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,15 \text{ mm}^2$$

$$\text{Vs} = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (628,50 : 100) : 1.000$$

$$= 1194,17 \text{ kN} < \text{Vmaks} = 1466,50 \text{ kN}$$

Tulangan Sengkan Arah Y :

$$\text{Ash1/sx} = 0,3 \times \left(\frac{588}{420}\right) \times (490.000 : 345.744 - 1)$$

$$= 4,38 \text{ mm}^2$$

$$\text{Ash2/sx} = 0,09 \times \left(\frac{588}{420}\right)$$

$$= 3,15 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

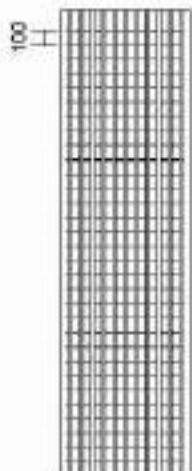
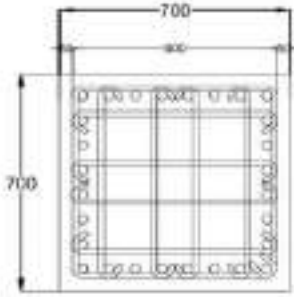
$$\text{Av/Sx} = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}\right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,15 \text{ mm}^2$$

$$\text{Vs} = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (628,50 : 100) : 1.000$$

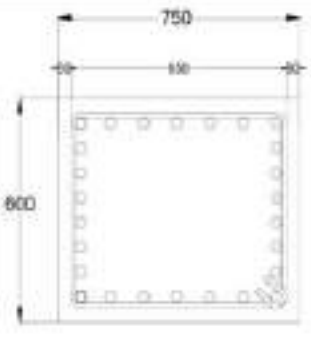
$$= 1194,17 \text{ kN} < \text{Vmaks} = 1466,50 \text{ kN}$$

Tabel 4. 63 Confinement K3 Tengah

TIPE	TIPE	DIMENSI KOLOM		
	K3 TGH 7-9	PENGIKAT	Arah X	4 D12- 100
			Arah Y	4 D12 -100
				

- Kolom Tepi LT. 7-9 Dimensi 600 x 750 mm

Tabel 4. 64 Detail K3 Tepi

TIPE	DIMENSI KOLOM	
K3 TEPI 7-9	600 x 750 mm	
	JUMLAH TULANGAN	26 D19
	SELIMUT BETON	50

– Penulangan

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

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

$$P_u = 726,3730 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\Sigma \text{ Tulangan arah X} = 8 \text{ BUAH}$$

$$\Sigma \text{ Tulangan arah Y} = 7 \text{ BUAH}$$

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

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

$$dx = 600 - 71,50$$

$$= 529 \text{ mm}$$

$$dy = 750 - 71,50$$

$$= 679 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah X} = (600 - 2 \times 71,50) : (8 - 1)$$

$$= 65 \text{ mm}$$

$$\text{Min Spasi} = 65 - 19 = 46 \quad \text{OK}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah Y} = (750 - 2 \times 71,50) : (7 - 1)$$

$$= 101 \text{ mm}$$

$$\text{Min Spasi} = 102 - 19 = 82 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned}\Sigma \text{ Tulangan} &= 2 \times (8 - 2) + (7 - 2) + 4 \\ &= 26 \text{ Buah}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Ast} &= \frac{26,14 \cdot 19^2}{4} \\ &= 7,371,7 \text{ mm}^2 \\ &= \left(\frac{7,371,7}{750.600} \right) \% = 1,64 \%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}0,1 \cdot A_g \cdot f_c &= \frac{0,1 \times 750 \times 600 \times 25}{1.000} \\ &= 1125,0 \text{ kN} < P_u \text{ 726,3730 kN}\end{aligned}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.65 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	6476,8329	0	32,06	726,3730	4081	180	0,178
2	6476,8329	57,0819					
3	6379,3472	103,3233					
4	5441,3501	145,8332					
5	4236,0213	178,6384					
6	2801,06	196,2628					
7	1847,6755	219,2822					
8	718,2387	215,4615					
9	-589,0369	151,0781					
10	-1895,3585	63,831					
11	-2744,6385	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.66 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	6476,8329	0	137,6273	726,3730	4081	773	0,178
2	6476,8329	245,0257					
3	6379,3472	443,5179					
4	5441,3501	625,9926					
5	4236,0213	766,81					
6	2801,06	842,4632					
7	1847,6755	941,2743					
8	718,2387	924,8738					
9	-589,0369	648,5066					
10	-1895,3585	273,9961					
11	-2744,6385	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

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

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

$$dx = 529 \text{ mm}$$

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

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

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 750 \times 600 \\ &= 450000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$P_u = 726,3730 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 104,6722 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 242,3864 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= 0,75 \left(1 + \frac{726,3730}{14 \cdot 450000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 750 \cdot 529 : 1.000 \\ &= 247,7629 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 26D10 - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 29 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 2.940,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{2.940,53 \cdot 420 \cdot 529}{100} : 1.000 \\ &= 2.797,33 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 247,7629 + 2.797,33 \end{aligned}$$

$$= 3.045,09 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = 3.045,09 \text{ kN} > V_u - x = 104,6722 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

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

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{726,3730}{14.450000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 750 \cdot 679 : 1.000 \\ &= 318,08 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 26D10 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 26 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 2.940,53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{2.940,53 \cdot 420 \cdot 679}{100} : 1.000 \\ &= 3.591,27 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 318,08 + 3.591,27 \\ &= 3.909,35 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 3.909,35 \text{ kN} > V_u - y = 242,3864 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengekangan Kolom (*confinement*)**

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad d = 525,50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 74,50 \text{ mm}$$

$$b = 750 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm} \quad d_t = 25 \text{ mm}$$

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

$$\text{Luas kolom (A}_g\text{)} = 450000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (b}_c\text{)} = 638 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (h}_c\text{)} = 488 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (A}_c\text{)} = 311344 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned} \text{Ash1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{488 \cdot 25}{420} \right) \times (450000 : 31344 - 1) \\ &= 3,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{488 \cdot 25}{420} \right) \\ &= 2,61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{Av/Sx} &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 2,61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (525,50 : 100) : 1.000 \\ &= 998,47 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1313,75 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkan Arah Y :

$$\begin{aligned} \text{Ash1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{638 \cdot 25}{420} \right) \times (450000 : 311344 - 1) \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{638 \cdot 25}{420} \right) \\ &= 3,42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

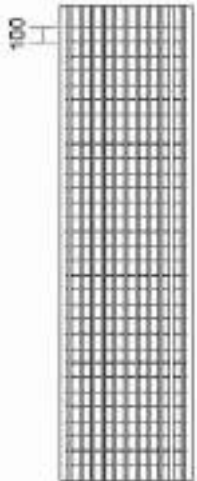
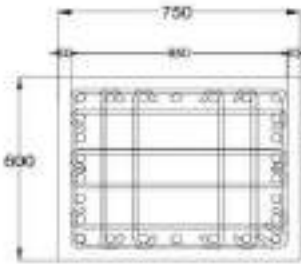
Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{Av/Sx} &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 2,61 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

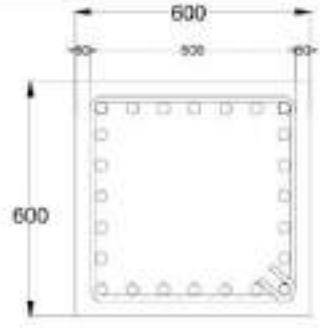
$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (525,50 : 100) : 1.000 \\ &= 998,47 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1313,75 \text{ Kn} \quad \text{ok} \end{aligned}$$

Tabel 4. 67 Confinement K3 Tepi

ELEVASI	TIPE	DIMENSI KOLOM			
	K3 TEPI 7-9	PENGIKAT	Arah X	4 D12- 100	
			Arah Y	4 D12 -100	

- Kolom Sudut LT. 10-12 Dimensi 600 x 600 mm

Tabel 4. 68 Detail K4 Sudut

TIPE	DIMENSI KOLOM	
K4 SDT 10-12	600 x 600 mm	
	JUMLAH TULANGAN	24 D19
	SELIMUT BETON	50

– Penulangan

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

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

$$P_u = 376.7773 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 7 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 7 \text{ BUAH}$$

$$\begin{aligned} d' &= 50 + 12 + 19 / 2 \\ &= 71,50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= 600 - 71,50 \\ &= 529 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 600 - 71,50 \\ &= 529 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah X} &= (600 - 2 \times 71,50) : (7 - 1) \\ &= 76.2 \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 76.2 - 19 = 57.2 \quad \text{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (600 - 2 \times 71,50) : (7 - 1) \\ &= 76,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Min Spasi} &= 76,1 - 19 = 57,2 && \text{OK} \\
 \Sigma \text{ Tulangan} &= 2 \times (7 - 2) + (7 - 2) + 4 \\
 &= 24 \text{ Buah} \\
 A_{st} &= \frac{24 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4} \\
 &= 6,804.7 \text{ mm}^2 \\
 &= \left(\frac{6,804.7}{600.600} \right) \% = 1.9 \% \\
 0,1 \cdot A_g \cdot f_c &= \frac{0,1 \times 600 \times 600 \times 25}{1.000} \\
 &= 900 \text{ kN} > P_u 376.5773 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

– **Diagram Interaksi Kolom Arah X**

Tabel 4.69 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	5366.615	0	30.9999	376.5773	2897	238	0.130
2	5366.615	66.103					
3	5334.595	124.23					
4	4584.42	183.7					
5	3466.358	230.51					
6	2093.51	251.92					
7	1120.2	276.03					
8	-3.756	258.21					
9	-1112.685	165.55					
10	-2120.182	53.259					
11	-2533.512	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.70 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	5366.615	0	61.0878	376.5773	2897	470	0.130
2	5366.615	130.26					
3	5334.595	244.8					
4	4584.42	361.99					
5	3466.358	454.24					
6	2093.51	496.43					
7	1120.2	543.93					
8	-3.756	508.82					
9	-1112.685	326.24					
10	-2120.182	104.95					
11	-2533.512	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

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

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

$$dx = 529 \text{ mm}$$

$$dy = 529 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 600 \times 600 \\ &= 360000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$P_u = 376.5773 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 63.9423 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 64.9423 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{V_u}{14.A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx \\ \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{376.5773}{14.360000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 600 \cdot 529 : 1.000 \\ &= 1000 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 24D12 - 100$$

$$\begin{aligned} A_v &= 24 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 2,714.34 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{2,714.34 \cdot 420 \cdot 529}{50} : 1.000 \\ &= 4,518.76 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 1000 + 4,518.76 \\ &= 4,716.9611 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\phi V_n = 4,716.9611 \text{ kN} > V_u - x = 63.9423 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Geser Arah Y**

Hitung ϕV_c :

$$\begin{aligned}\phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{V_u}{14.A_g}\right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx \\ \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{376.5773}{14.360.000}\right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 600.529 : 1.000 \\ &= 1000 \text{ kN}\end{aligned}$$

Hitung V_s :

$$\text{Tulangan Geser Terpasang} = 24D12 - 100$$

$$\begin{aligned}A_v &= 24 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 4,518.76 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{4,518.76 \cdot 420.529}{50} : 1.000 \\ &= 4,518.76 \text{ kN}\end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned}\phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 1000 + 4,518.76 \\ &= 4,716.961 \text{ kN}\end{aligned}$$

$$\phi V_n = 4,716.961 \text{ kN} > V_u - y = 63.9423 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengengkangan Kolom Sudut Lt. 10-12 (Confinement)**

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad d = 528.50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71,50 \text{ mm}$$

$$b = 600 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 600 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

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

$$\text{Luas Kolom}(A_g) = 360000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti}(b_c) = 600 - (2 \times 50 + 12)$$

$$= 488 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi inti}(h_c) = 600 - (2 \times 50 + 12)$$

$$= 488 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti}(A_c) = 488 \times 488$$

$$= 238144 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$A_{sh1}/s_x = 0,3 \times \left(\frac{488}{420}\right) \times (360000 : 238144 - 1)$$

$$= 4,46 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2}/s_x = 0,09 \times \left(\frac{488}{420}\right)$$

$$= 2,61 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

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

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,47 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (528,50:100) : 1.000$$

$$= 1004,17 \text{ kN} < V_{maks} = 1057,00 \text{ kN}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$A_{sh1}/s_x = 0,3 \times \left(\frac{488}{420}\right) \times (360000 : 238144 - 1)$$

$$= 4,46 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2}/s_x = 0,09 \times \left(\frac{488}{420}\right)$$

$$= 2,61 \text{ mm}^2$$

Tulangan Geser = 4 D12 – 100 mm

Kontrol :

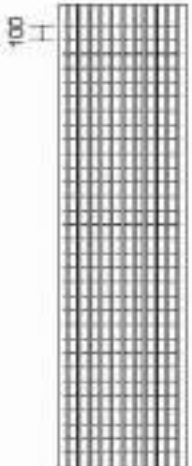
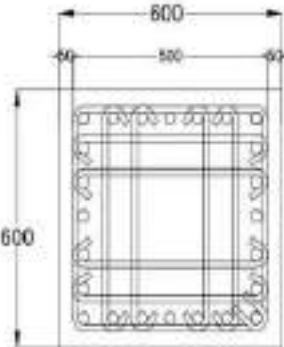
$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}\right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 3,47 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (528,50:100) : 1.000$$

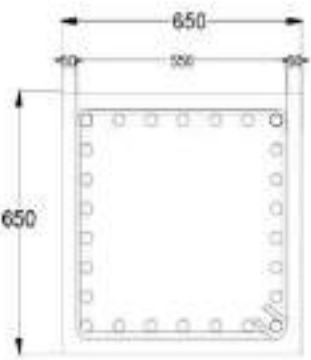
$$= 1004,17 \text{ kN} < V_{maks} = 1057,00 \text{ kN}$$

Tabel 4. 71 Confinement K4 Sudut

ELEVASI	TIPE	DIMENSI KOLOM			
	K4 SDT 10-12	PENGIKAT	Arah X	4 D12- 100	
			Arah Y	4 D12 - 100	

- Kolom Tengah LT. 10-13 Dimensi 650 x 650 mm

Tabel 4. 72 Detail K4 Tengah

TIPE	DIMENSI KOLOM	
K4 TGH 10-12	650 x 650 mm	
	JUMLAH TULANGAN	26 D19
	SELIMUT BETON	50

– Penulangan

b = 650 mm

h = 650 mm

$P_u = 779.8371 \text{ kN}$

Selimut beton = 50 mm

Sengkang = 12 mm

Tulangan = 19 mm

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 8 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 7 \text{ BUAH}$$

$$\begin{aligned} d' &= 50 + 12 + 19 / 2 \\ &= 71.50 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dx &= 650 - 71.50 \\ &= 579 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dy &= 650 - 71.50 \\ &= 579 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah X} &= (650 - 2 \times 71.50) : (8 - 1) \\ &= 72 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 72 - 19 = 53.43 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi Tulangan arah Y} &= (650 - 2 \times 71.50) : (7 - 1) \\ &= 85 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\text{Min Spasi} = 85 - 19 = 65.50 \quad \mathbf{OK}$$

$$\begin{aligned} \sum \text{Tulangan} &= 2 \times (8 - 2) + (7 - 2) + 4 \\ &= 26 \text{ Buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{st} &= \frac{26 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4} \\ &= 7,371.7 \text{ mm}^2 \\ &= \left(\frac{7,371.7}{650 \cdot 650} \right) \% = 1,74 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0,1 \cdot A_g \cdot f_c &= \frac{0,1 \times 650 \times 650 \times 25}{1.000} \\ &= 1000 \text{ kN} > P_u 779.8371 \quad \text{kN} \end{aligned}$$

– Diagram Interaksi Kolom Arah X

Tabel 4.73 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	6172.958	0	29.5278	779.8371	4083	155	0.191
2	6172.958	52.21					
3	6020.274	93.705					
4	5094.559	131.01					
5	3953.49	158.28					
6	2608.526	173.77					
7	1719.316	194.97					
8	653.4438	192.11					
9	-618.43	132.63					
10	-1985.386	51.465					
11	-2744.639	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.74 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	6172.958	0	120.25840	779.8371	4083	630	0.191
2	6172.958	212.64					
3	6020.274	381.63					
4	5094.559	533.59					
5	3953.49	644.61					
6	2608.526	707.73					
7	1719.316	794.06					
8	653.4438	782.42					
9	-618.43	540.16					
10	-1985.386	209.6					
11	-2744.639	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 650 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm}$$

$$dx = 579 \text{ mm}$$

$$dy = 579 \text{ mm}$$

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

$$\begin{aligned} \text{Luas kolom}(A_g) &= b \times h \\ &= 650 \times 650 \\ &= 422500 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

$$P_u = 779.8371 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 111.8990 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 105.2190 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

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

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{779.8371}{14 \cdot 422500} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 650 \cdot 579 : 1.000$$

$$= 235.05 \text{ kN}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 26 D10 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 26 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 2,940.53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{2,940.53 \cdot 420 \cdot 579}{50} : 1.000 \\ &= 3,061.97 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 235.50 + 3,061.97 \\ &= 3,297.02 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 3,297.02 \text{ kN} > V_u - x = 111.8990 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

– Geser Arah Y

Hitung ϕV_c :

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot dx \\ \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{779.8371}{14 \cdot 422500} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 650 \cdot 579 : 1.000 \\ &= 235.05 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 26 D10 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 26 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 2,940.53 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot dx}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{2,940.53 \cdot 420 \cdot 579}{50} : 1.000 \\ &= 3,061.97 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 235.50 + 3,061.97 \\ &= 3,297.02 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 3,297.02 \text{ kN} > V_u - y = 105.2190 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengekangan Kolom Tengah 10-12 (*confinement*)**

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad d = 578.50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 71.50 \text{ mm}$$

$$b = 650 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 650 \text{ mm} \quad d_t = 19 \text{ mm}$$

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

$$\text{Luas kolom (Ag)} = 422500 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (bc)} = 538 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (hc)} = 538 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (Ach)} = 289444 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned} \text{Ash1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{578.50}{420} \right) \times (422.500 : 289444 - 1) \\ &= 4.42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{578.50}{420} \right) \\ &= 2.88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{Av/Sx} &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 2,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4} \right) \times 420 \times (578.50:100) : 1.000 \\ &= 1099.17 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1253.42 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$\begin{aligned} \text{Ash1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{538}{420} \right) \times (422.500 : 289444 - 1) \\ &= 4,42 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ash2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{538}{420} \right) \\ &= 2,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

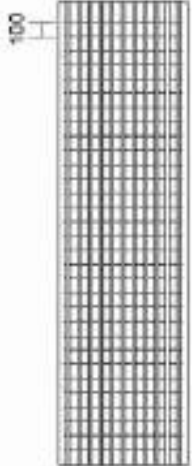
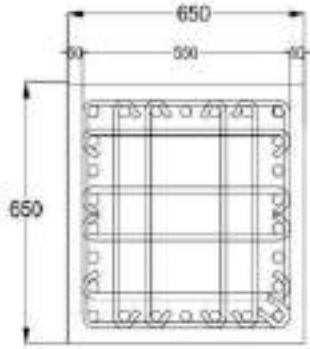
Kontrol :

$$\begin{aligned} \text{Av/Sx} &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4} \right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 2,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (578.50 : 100) : 1.000$$

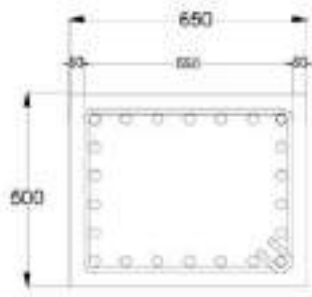
$$= 1099.17 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 1253.42 \text{ kN}$$

Tabel 4. 75 *Confinement* K4 Tengah

ELEVASI	TIPE	DIMENSI KOLOM			
	K4 TGH 10-12	PENGIKAT	Arah X	4 D12- 100	
			Arah Y	4 D12 -100	

- **Kolom Tepi LT. 10-13 Dimensi 650 x 500 mm**

Tabel 4. 76 Detail K4 Tepi

TIPE	DIMENSI KOLOM	
K4 TEPI 10-12	650 x 500 mm	
	JUMLAH TULANGAN	22 D19
	SELIMUT BETON	50

– **Penulangan**

$$b = 650 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$P_u = 613.4433 \text{ kN}$$

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

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

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

$$\sum \text{Tulangan arah X} = 7 \text{ BUAH}$$

$$\sum \text{Tulangan arah Y} = 6 \text{ BUAH}$$

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

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

$$dx = 500 - 71,50$$

$$= 429 \text{ mm}$$

$$dy = 650 - 71,50$$

$$= 579 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah X} = (500 - 2 \times 71,50) : (7 - 1)$$

$$= 60 \text{ mm}$$

$$\text{Min Spasi} = 60 - 19 = 41 \quad \mathbf{OK}$$

$$\text{Spasi Tulangan arah Y} = (650 - 2 \times 71,50) : (6 - 1)$$

$$= 101 \text{ mm}$$

$$\text{Min Spasi} = 101 - 19 = 82 \quad \mathbf{OK}$$

$$\sum \text{Tulangan} = 2 \times (7 - 2) + (8 - 2) + 4$$

$$= 22 \text{ Buah}$$

$$A_{st} = \frac{22 \cdot 3,14 \cdot 19^2}{4}$$

$$= 6,237.6 \text{ mm}^2$$

$$= \left(\frac{6,237.6}{500 \cdot 650} \right) \% = 1,92 \%$$

$$0,1 \cdot A_g \cdot f_c = \frac{0,1 \times 500 \times 650 \times 25}{1.000}$$

$$= 812,5 \text{ kN} < P_u 613.4433 \text{ kN}$$

– Diagram Interaksi Kolom Arah X

Tabel 4.77 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	4864.147	0	71,45	613,4433	3162	368	0.194
2	4864.147	119.58					
3	4755.023	218.06					
4	3996.588	310.93					
5	3029.516	375.83					
6	1867.178	409.27					
7	1068.615	451.45					
8	177.3442	428.59					
9	-854.9423	276.64					
10	-1940.851	80.573					
11	-2322.386	0					

– **Diagram Interaksi Kolom Arah Y**

Tabel 4.78 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	4864.147	0	29.1758	613.4433	3162	150	0.194
2	4864.147	48.83					
3	4755.023	89.045					
4	3996.588	126.97					
5	3029.516	153.47					
6	1867.178	167.12					
7	1068.615	184.35					
8	177.3442	175.01					
9	-854.9423	112.97					
10	-1940.851	32.902					
11	-2322.386	0					

– **Kapasitas Gaya Geser Kolom**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa}$$

$$b = 650 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm}$$

$$dx = 429 \text{ mm}$$

$$dy = 579 \text{ mm}$$

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

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

$$= 650 \times 500$$

$$= 325000 \text{ mm}^2$$

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

$$P_u = 613.4433 \text{ kN}$$

$$V_u - x = 127.8846 \text{ kN}$$

$$V_u - y = 55.9495 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,75$$

– **Geser Arah X**

Hitung ϕV_c :

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

$$\phi V_c = \phi \left(1 + \frac{613,4433}{14.325000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 650 \cdot 429 : 1.000$$

$$= 174,1016 \text{ kN}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 22D10 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 22 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 2,488.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot d x}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{2,488.14 \cdot 420.429}{50} : 1.000 \\ &= 1,919.10 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 174,1016 + 1,919.10 \\ &= 2,093.21 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 2,093.21 \text{ kN} > V_u - x = 127.8846 \text{ kN} \quad \mathbf{Ok}$$

– Geser Arah Y

Hitung ϕV_c :

$$\begin{aligned} \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{Nu}{14.A_g} \right) \cdot \frac{\sqrt{f_c}}{6} \cdot b \cdot d y \\ \phi V_c &= \phi \left(1 + \frac{613.4433}{14.325000} \right) \cdot \frac{\sqrt{25}}{6} \cdot 650.579 : 1.000 \\ &= 235.50 \text{ kN} \end{aligned}$$

Hitung V_s :

Tulangan Geser Terpasang = 22D10 – 100

$$\begin{aligned} A_v &= 22 \times 3,14 \times 12^2 : 4 \\ &= 2,488.14 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \phi V_s &= \phi \cdot \frac{A_v \cdot f_y \cdot d x}{s} \\ &= 0,75 \cdot \frac{2,488.14 \cdot 420.429}{50} : 1.000 \\ &= 2,590.90 \text{ kN} \end{aligned}$$

Kontrol :

$$\begin{aligned} \phi V_n &= V_c + V_s \\ &= 235.50 + 2,590.90 \\ &= 2,825.95 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\phi V_n = 2,825.95 \text{ kN} > V_u - y = 55.9495 \text{ kN} \quad \text{Ok}$$

– **Pengekangan Kolom Tepi Lt. 10-12 (*confinement*)**

$$f_c = 25 \text{ Mpa} \quad d = 425.50 \text{ mm}$$

$$f_{yh} = 420 \text{ Mpa} \quad d' = 74.50 \text{ mm}$$

$$b = 650 \text{ mm} \quad d_s = 12 \text{ mm}$$

$$h = 500 \text{ mm} \quad d_t = 25 \text{ mm}$$

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

$$\text{Luas kolom (A}_g\text{)} = 325000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Lebar inti (b}_c\text{)} = 538 \text{ mm}$$

$$\text{Tinggi Inti (h}_c\text{)} = 388 \text{ mm}$$

$$\text{Luas inti (A}_c\text{)} = 208744 \text{ mm}^2$$

Tulangan Sengkang Arah X :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{388}{420}\right) \times (325.000 : 208.744 - 1) \\ &= 3,86 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{388}{420}\right) \\ &= 2,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

Kontrol :

$$\begin{aligned} A_v/S_x &= 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}\right) : 100 \\ &= 4,52 \text{ mm}^2 > 2,08 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_s &= (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (425,50 : 100)) : 1.000 \\ &= 808,46 \text{ kN} < V_{maks} = 921,92 \text{ kN} \end{aligned}$$

Tulangan Sengkang Arah Y :

$$\begin{aligned} A_{sh1/sx} &= 0,3 \times \left(\frac{538}{420}\right) \times (325.000 : 208.744 - 1) \\ &= 5,35 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{sh2/sx} &= 0,09 \times \left(\frac{538}{420}\right) \\ &= 2,88 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

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

Kontrol :

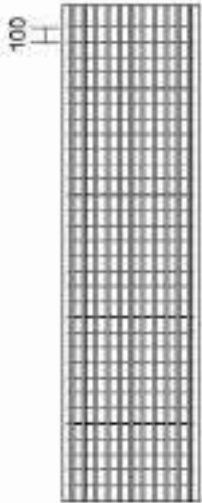
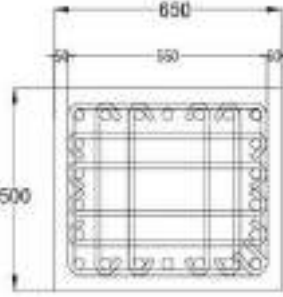
$$A_v/S_x = 4 \times \left(\frac{3,14 \cdot 12^2}{4}\right) : 100$$

$$= 4,52 \text{ mm}^2 > 2,88 \text{ mm}^2$$

$$V_s = (4 \times 3,14 \times \left(\frac{12^2}{4}\right) \times 420 \times (425,50:100) : 1.000$$

$$= 808,46 \text{ kN} < V_{\text{maks}} = 921,92 \text{ kN}$$

Tabel 4. 79 *Confinement K4 Tepi*

ELEVASI	TIPE	DIMENSI KOLOM			
	K4 TEPI 10-12	PENGIKAT	Arah X	4 D12- 100	
			Arah Y	4 D12- 100	

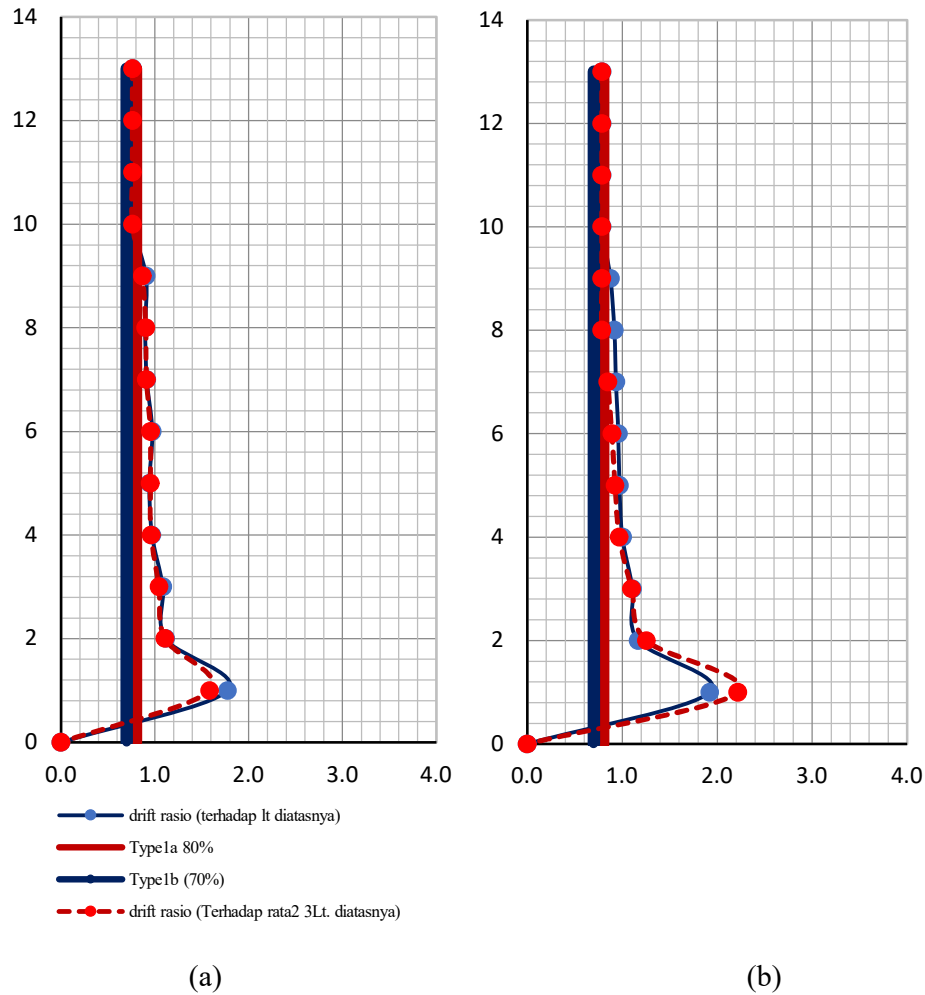
4.7 Pembahasan

Dalam proses perencanaan struktur, acuan utama yang digunakan adalah SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung. Standar ini digunakan sebagai pedoman dalam menentukan klasifikasi seismik wilayah, kategori risiko bangunan, serta pemilihan sistem struktur yang sesuai untuk menahan pengaruh beban gempa.

Selain itu, perencanaan elemen struktur seperti kolom, balok, dan pelat lantai mengacu pada SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Standar tersebut menjadi dasar dalam menentukan dimensi elemen struktur, kebutuhan serta penempatan tulangan, dan detailing struktur agar memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, serta daktilitas yang diperlukan.

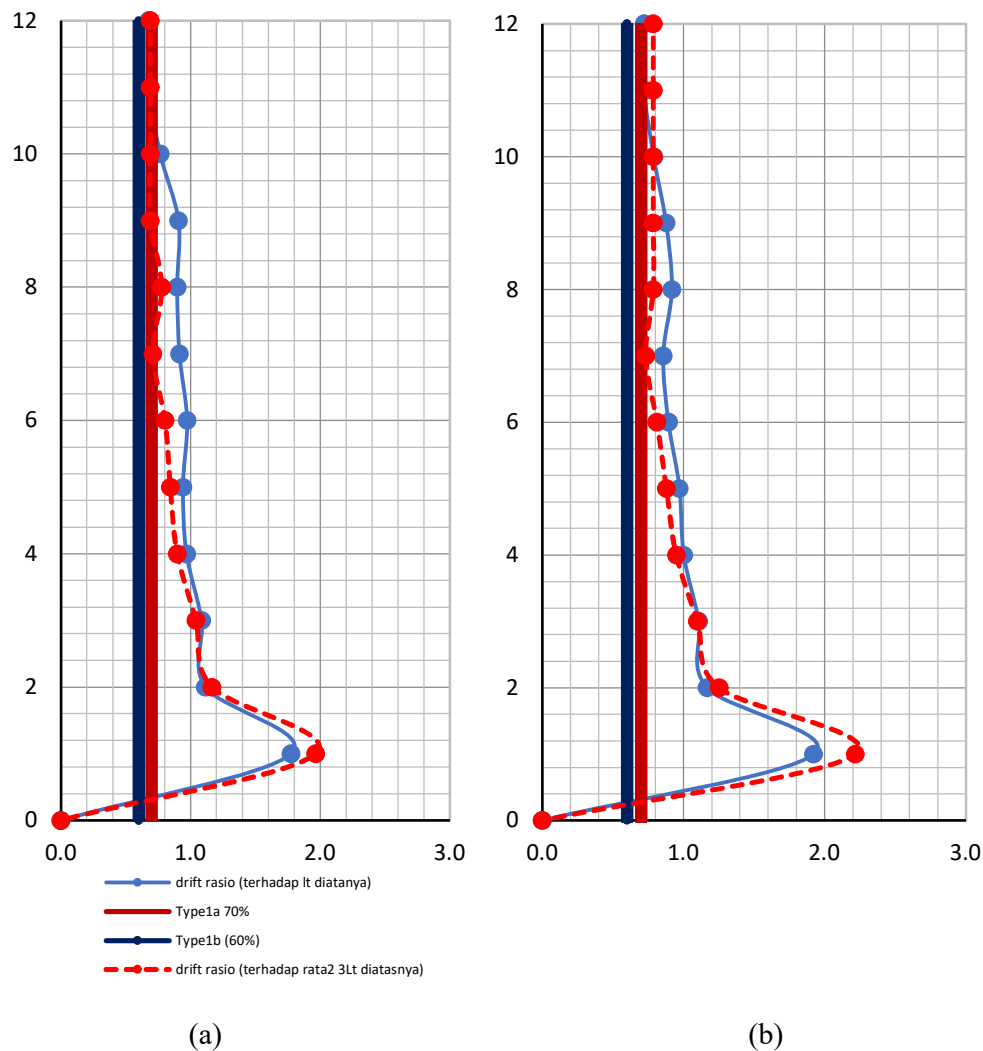
Seluruh tahapan perencanaan dilakukan secara terpadu dengan mempertimbangkan aspek keamanan struktur, kemampuan deformasi plastis (daktilitas), dan efisiensi penggunaan material. Berdasarkan hasil perencanaan yang telah dilakukan, diperoleh pembahasan sebagai berikut:

1. Analisa periode ragam getar dan frakuensi getar
2. Analisa base share
3. Analisa modal respon sepktrum
4. Pemeriksaan story drift
5. Pengaruh P- Δ
6. Ketidak beraturan Vertikal



Gambar 4. 21 Grafik Displacement Pemeriksaan story drift arah sumbu x dan sumbu y

- (a) Vertical Irregularity Type 1a (Arah X)
- (b) Vertical Irregularity Type 1a (Arah X)



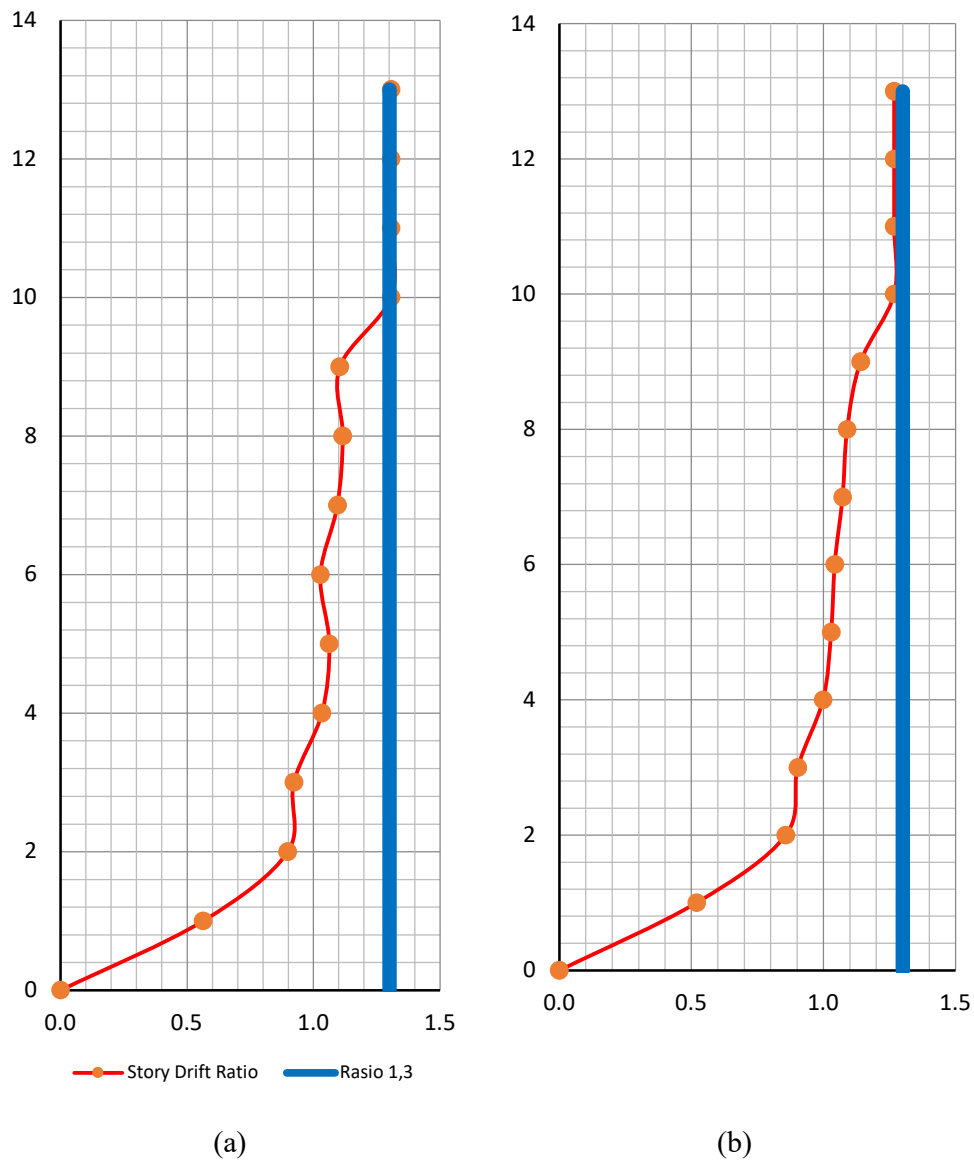
Gambar 4. 22 Grafik vertical irregularity type 1b arah sumbu X dan sumbu Y

(a) Vertical Irregularity Type 1b

(b) Vertical Irregularity Type 1b

7. Pemeriksaan story drift ratio (*exception*)

Berdasarkan hasil pemeriksaan rasio simpangan antar tingkat (story drift ratio) pada arah X melebihi 1,3 ratio tingkat di atas nya dan sedangkan Y, bahwa nilai rasio tersebut tidak melebihi 1,3 kali rasio tingkat di atasnya, sehingga tidak diperlukan penambahan pembesaran torsi tak terduga, sesuai dengan ketentuan SNI 1726:2019 Pasal 7.3.4.2. sesuai dengan gambar grafik di bawah ini :



Gambar 4. 23 Grafik vertical exception 1 arah X dan arah Y

(a) Vertical Exception 1 (Arah X)

(b) Vertical Exception 1 (Arah Y)

Untuk perencanaan elemen struktural seperti kolom, balok, dan pelat lantai, digunakan SNI 2847:2019, yang mengatur persyaratan struktur beton bertulang untuk bangunan gedung dan nongedung. Standar ini menjadi dasar dalam menentukan dimensi elemen, penempatan dan jumlah tulangan, serta detailing

struktur agar memenuhi persyaratan kekuatan, kekakuan, dan daktilitas yang diperlukan. Berikut hasil Analisa penulangan plat, balok dan kolom:

1. Plat lantai

○ Hasil Analisis Penulangan M11

Tabel 4.80 analisis penulangan M11

Tumpuan	Hasil Analisis	Hasil output ETABS	Syarat
	ϕM_n (kN.m)	M_u (kN.m)	$\phi M_n > M_u$
Arah x M11 Mtp	15,584	1,675	OK
Arah y M11 Mlp	15,573	1,918	OK

Sumber : Hasil Analisis,2026

○ Hasil Analisis Penulangan M22

Tabel 4.81 analisa penulangan M22

Tumpuan	Hasil Analisis	Hasil output ETABS	Syarat
	ϕM_n (kN.m)	M_u (kN.m)	$\phi M_n > M_u$
Arah x M22 Mtp	15,553	2,361	OK
Arah y M22 Mlp	15,571	1,971	OK

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil Analisis penulangan plat lantai pada Tabel di atas, dapat diketahui bahwa desain penulangan pelat lantai telah sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia SNI 2847:2019 mengenai persyaratan struktur beton untuk bangunan gedung.

2. Balok

○ Hasil Analisis Balok 1 Dimensi 450 x 650 mm

Tabel 4.82 hasil Analisis Balok 1 Dimensi 450 x 650 mm

Tulangan	ϕM_n (kN.m)	M_u (kN.m)	$\phi M_n > M_u$
Tumpuan	202,07	132,98	Memenuhi
Lapangan	220,07	47,15	Memenuhi
Geser	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
	438,82	34,81	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil analisis pada tabel 4.53 penulangan balok 450 × 650 mm, diketahui bahwa penulangan longitudinal dan sengkang telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019. Desain tersebut memenuhi syarat kekuatan lentur dan geser.

- Hasil Analisis Balok 2 Dimensi 400 x 600 mm

Tabel 4. 83 hasil Analisis Balok 2 Dimensi 400 x 600 mm

Tulangan	ϕM_n (kN.m)	M_u (kN.m)	$\phi M_n > M_u$
Tumpuan	218,73	142,60	Memenuhi
Lapangan	218,73	36,61	Memenuhi
Geser	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
	424,24	34,51	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil analisis pada tabel 4.54 penulangan balok 350×550 mm, diketahui bahwa penulangan longitudinal dan sengkang telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019. Desain tersebut memenuhi syarat kekuatan lentur dan geser.

- Hasil Analisis Balok 3 Dimensi 350 x 600 mm

Tabel 4.84 hasil Analisis Balok 3 Dimensi 350 x 600 mm

Tulangan	ϕM_n (kN.m)	M_u (kN.m)	$\phi M_n > M_u$
Tumpuan	217,02	112,07	Memenuhi
Lapangan	217,02	28,02	Memenuhi
Geser	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
	410,23	33,02	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil analisis pada tabel 4.55 penulangan balok 350×550 mm, diketahui bahwa penulangan longitudinal dan sengkang telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019. Desain tersebut memenuhi syarat kekuatan lentur dan geser.

- Hasil Analisis Balok kantilever Dimensi 250 x 400 mm

Tabel 4.85 hasil Analisis Balok Kantilever Dimensi 250 x 400 mm

Tulangan	ϕM_n (kN.m)	M_u (kN.m)	$\phi M_n > M_u$
	67,72	15,70	Memenuhi
Geser	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
	207,74	10,30	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Berdasarkan hasil analisis pada tabel 4.42 penulangan balok kantilever 200×300 mm, diketahui bahwa penulangan longitudinal dan sengkang telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019. Desain tersebut memenuhi syarat kekuatan lentur dan geser.

- Hasil Analisis Balok anak Dimensi 200 x 300 mm

Tabel 4.86 hasil Analisis Balok Anak Dimensi 200 x 300 mm

Tulangan	ϕM_n (kN.m)	M_u (kN.m)	$\phi M_n > M_u$
Tumpuan	45,1	7,73	Memenuhi
Geser	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
	140,07	5.49	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Berdasarkan hasil analisis pada tabel 4.57 penulangan balok kantilever 200 × 300 mm, diketahui bahwa penulangan longitudinal dan sengkang telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019. Desain tersebut memenuhi syarat kekuatan lentur dan geser.

3. Kolom

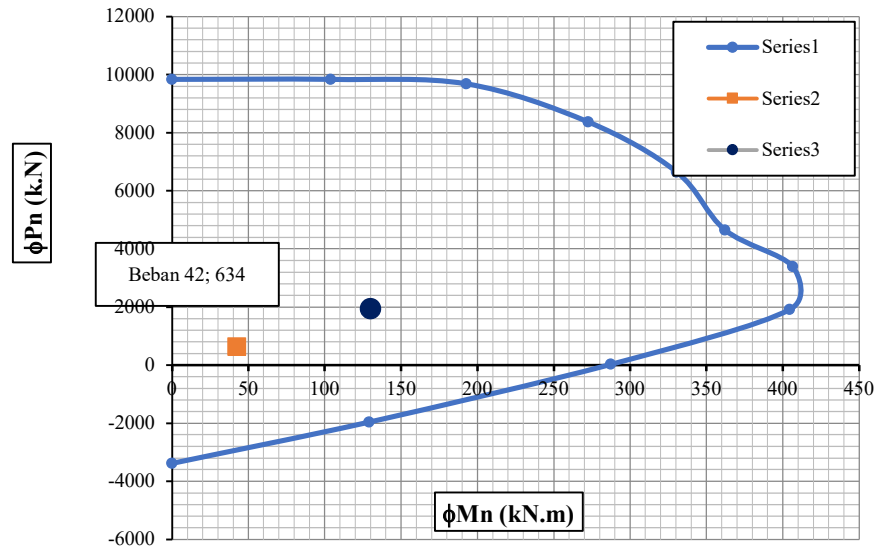
- Kolom Sudut LT. 1-3 dimensi 850 x 850 mm

Tabel 4.87 hasil Analisis kolom 850 x 850 mm

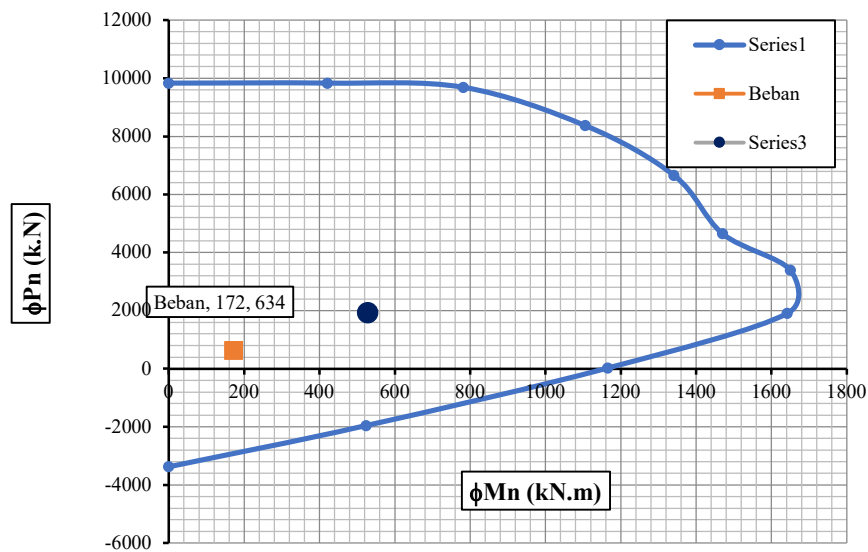
Keterangan	Hasil Analisis	Hasil output ETABS	Syarat
Penulangan Kolom			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c > P_u$
	1806	633,88	Memenuhi
Kapasitas geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	9.288,67	61,66	Memenuhi
Y	9.288,67	121,93	Memenuhi
Pengengkangan Kolom			
Arah	V_s (kN)	V_{maks}	V_s (kN) < V_{maks}
X	8.875,06	2.205,75	Memenuhi
Y	8.875,06	2.205,75	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil Analisis pada tabel 4.58 kolom 850 × 850 mm, Nilai $0,1x A_g x f'_c > P_u$, sehingga persyaratan kekuatan aksial terpenuhi. kapasitas geser ϕV_n pada arah X dan Y > V_u , mampu menahan gaya geser. Pengengkangan kolom dengan nilai $V_s > V_{maks}$ mengindikasikan bahwa telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019.



Gambar 4. 24 Diagram Interaksi pada kolom Arah X
(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4. 25 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y
(Sumber : Hasil Analisis)

Keterangan :

- = Batas arah ϕP_n dan ϕM_n
- = Untuk garis Vertikal (beban terfaktor) nilai M_n
Untuk garis Horizontal (beban terfaktor) nilai P_u
- = Untuk garis Vertikal nilai kapasitas ϕM_n
Untuk garis Horizontal nilai kapasitas ϕP_n

Hasil Analisis Diagram kolom arah X dan Y didapat Nilai Pn dan Mn tidak melebihi batas kapasitas.

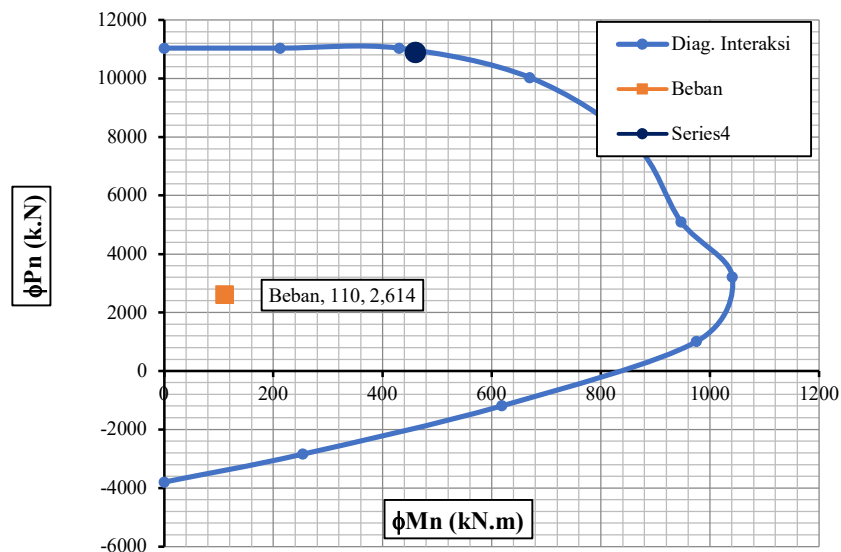
- Kolom Tengah LT. 1-3 Dimensi 900 x 900 mm

Tabel 4.88 hasil Analisis kolom 900 x 900 mm

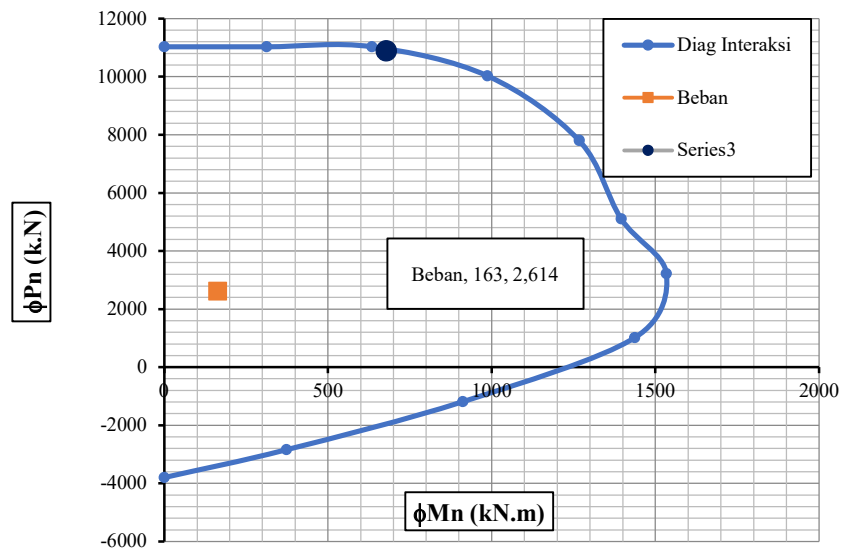
Keterangan	Hasil Analisis	Hasil output ETABS	Syarat
Penulangan Kolom			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	Pu (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
	2025	2.614,05	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	Vu (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	6.537,97	109,62	Memenuhi
Y	6.537,97	157,14	Memenuhi
Pengengkangan Kolom			
Arah	Vs (kN)	Vmaks	Vs (kN) < Vmaks
X	6.071,83	2485,50	Memenuhi
Y	6.071,83	2485,50	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil Analisis pada tabel 4.45 kolom 900×900 mm, Nilai $0,1x A_g x f'_c < P_u$, sehingga persyaratan kekuatan aksial terpenuhi. kapasitas geser ϕV_n pada arah X dan Y $> V_u$, mampu menahan gaya geser. Dengan nilai Vs $< V_{maks}$ bahwa telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019.



Gambar 4. 26 Diagram Interaksi pada kolom Arah X
(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4. 27 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y
(Sumber : Hasil Analisis)

Keterangan :

- = Batas arah ϕP_n dan ϕM_n
- = Untuk garis Vertikal (beban terfaktor) nilai M_n
Untuk garis Horizontal (beban terfaktor) nilai P_u
- = Untuk garis Vertikal nilai kapasitas ϕM_n
Untuk garis Horizontal nilai kapasitas ϕP_n

Hasil Analisis Diagram kolom arah X dan Y didapat Nilai P_n dan M_n tidak melebihi batas kapasitas.

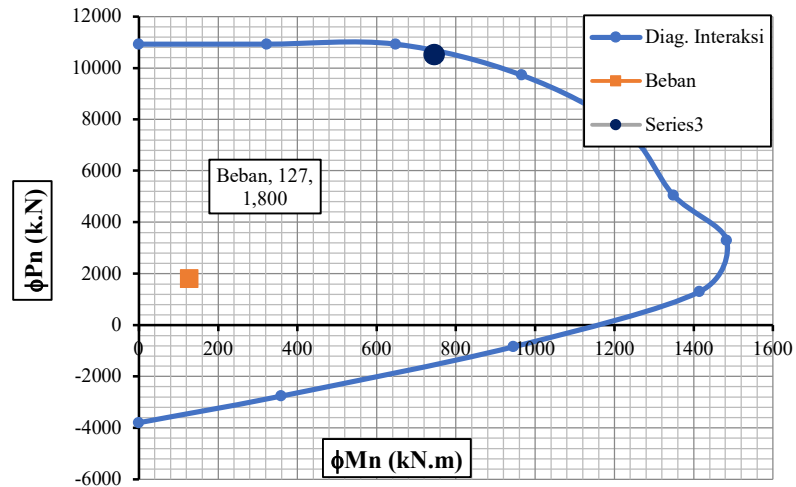
- Kolom Tepi LT. 1-3 Dimensi 1000 x 800 mm

Tabel 4. 89 hasil Analisis kolom 1000 x 800 mm

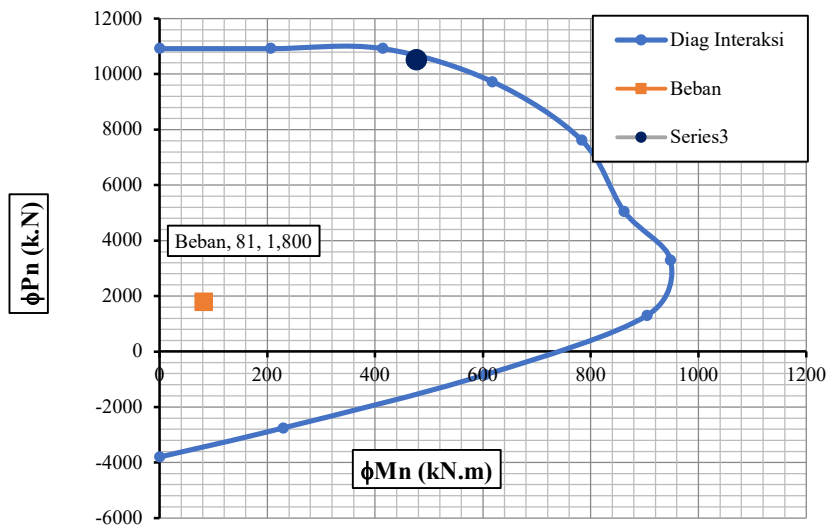
Keterangan	Hasil Analisis	Hasil output ETABS	Syarat
Penulangan Kolom			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
	2000	1799,76	Memenuhi
Kapasitas geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	5.794,35	132,43	Memenuhi
Y	7.385,11	123,32	Memenuhi
Pengengkangan Kolom			
Arah	V_s (kN)	V_{maks}	V_s (kN) < V_{maks}
X	5.338,96	2418,33	Memenuhi
Y	6.804,70	2418,33	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil Analisis pada tabel 4.60 kolom 1000×800 mm, Nilai $0,1x A_g x f'_c < P_u$, sehingga persyaratan kekuatan aksial terpenuhi. kapasitas geser ϕV_n pada arah X dan Y $> V_u$, mampu menahan gaya geser. Pengekangan kolom nilai $V_s < V_{maks}$ bahwa telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019.



Gambar 4. 28 Diagram Interaksi pada kolom Arah X
(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4. 29 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y
(Sumber : Hasil Analisis)

Keterangan :

- = Batas arah ϕP_n dan ϕM_n
- = Untuk garis Vertikal (beban terfaktor) nilai M_n
Untuk garis Horizontal (beban terfaktor) nilai P_u

● = Untuk garis Vertikal nilai kapasitas ϕM_n

Untuk garis Horizontal nilai kapasitas ϕP_n

Hasil Analisis Diagram kolom arah X dan Y didapat Nilai P_n dan M_n tidak melebihi batas kapasitas.

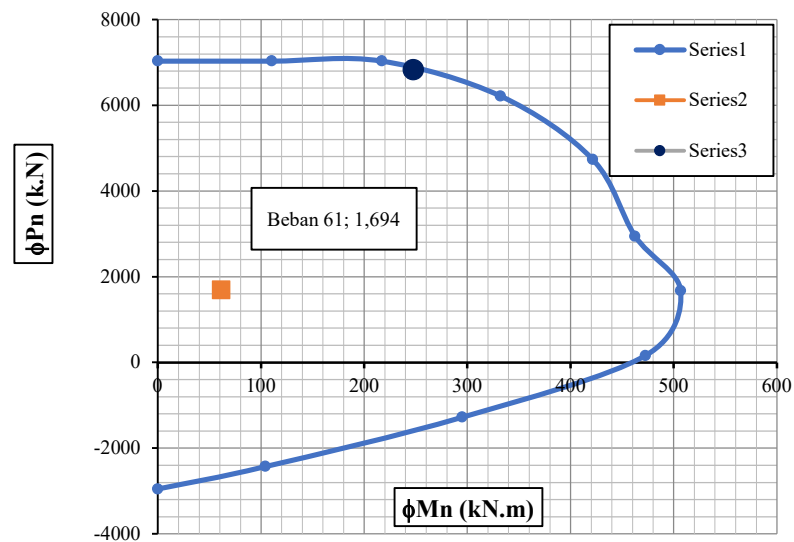
- Kolom Sudut LT. 4-6 dimensi 700 x 700 mm

Tabel 4.90 hasil Analisis kolom 700 x 700 mm

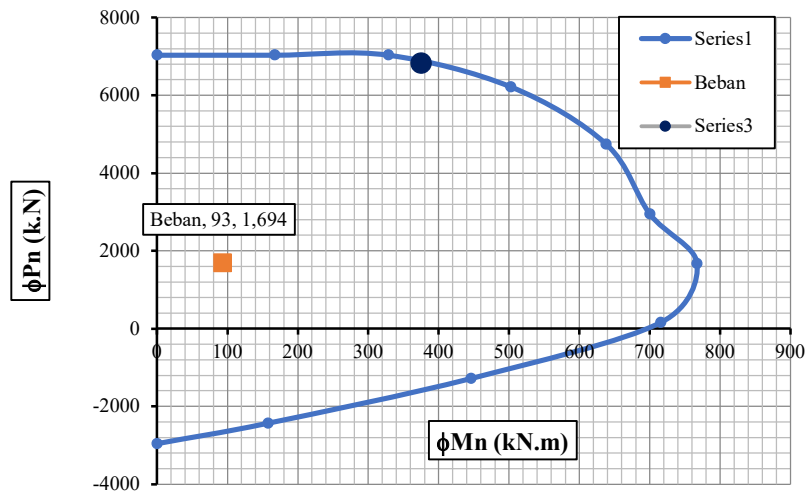
Keterangan	Hasil Analisis	Hasil output ETABS	Syarat
Penulangan Kolom			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c > P_u$
	1225	1694,24	Memenuhi
Kapasitas geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	6.544,44	79,92	Memenuhi
Y	6.544,40	94,20	Memenuhi
Pengengkangan Kolom			
Arah	V_s (kN)	V_{maks}	V_s (kN) < V_{maks}
X	6.269,40	1466.5	Memenuhi
Y	6.269,40	1466.5	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis, 2026

Hasil Analisis pada tabel 4.61 kolom 700×700 mm, Nilai $0,1x A_g x f'_c > P_u$, sehingga persyaratan kekuatan aksial terpenuhi. kapasitas geser ϕV_n pada arah X dan Y $> V_u$, mampu menahan gaya geser. Pengekangan kolom dengan nilai $V_s < V_{maks}$ mengindikasikan bahwa telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019.



Gambar 4. 30 Diagram Interaksi pada kolom Arah X
(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4. 31 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y
(Sumber : Hasil Analisis)

Keterangan :

- = Batas arah ϕP_n dan ϕM_n
- = Untuk garis Vertikal (beban terfaktor) nilai M_n
Untuk garis Horizontal (beban terfaktor) nilai P_u
- = Untuk garis Vertikal nilai kapasitas ϕM_n
Untuk garis Horizontal nilai kapasitas ϕP_n

Hasil Analisis Diagram kolom arah X dan Y didapat Nilai P_n dan M_n tidak melebihi batas kapasitas.

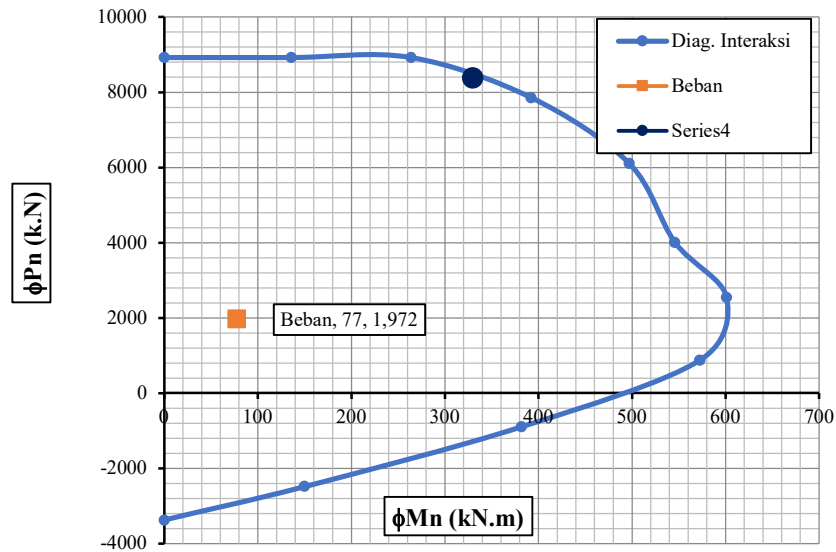
- Kolom Tengah LT. 4-6 Dimensi 800 x 800 mm

Tabel 4.91 hasil Analisis kolom 800 x 800 mm

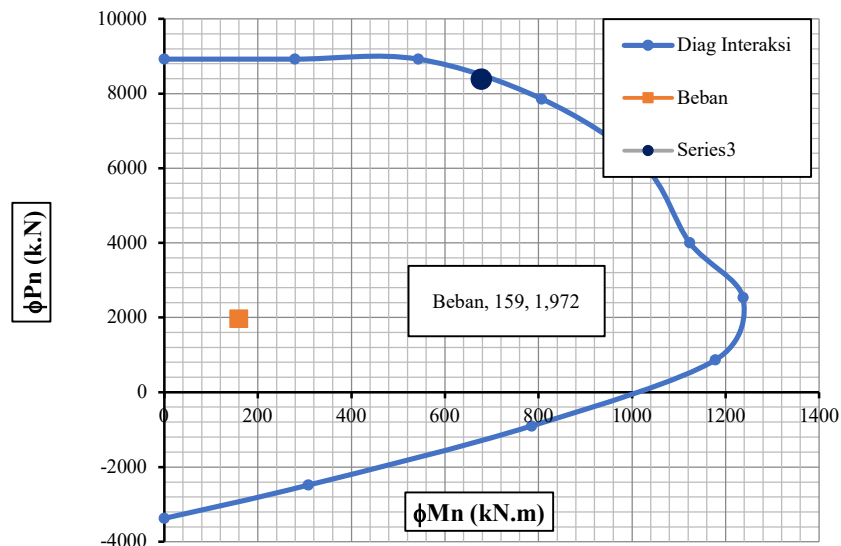
Keterangan	Hasil Analisis	Hasil output ETABS	Syarat
Penulangan Kolom			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
	1600	1971,85	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	5.110,08	139,07	Memenuhi
Y	5.110,08	193,30	Memenuhi
Pengengkangan Kolom			
Arah	V_s (kN)	V_{maks}	V_s (kN) < V_{maks}
X	4.745,75	1969,33	Memenuhi
Y	4.745,75	1969,33	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil Analisis pada tabel 4.62 kolom 800×800 mm, Nilai $0,1x A_g x f'_c < P_u$, sehingga persyaratan kekuatan aksial terpenuhi. kapasitas geser ϕV_n pada arah X dan Y $> V_u$, mampu menahan gaya geser. Dengan nilai $V_s < V_{maks}$ bahwa telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019.



Gambar 4. 32 Diagram Interaksi pada kolom Arah X
(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4. 33 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y
(Sumber : Hasil Analisis)

Keterangan :

● = Batas arah ϕP_n dan ϕM_n

- = Untuk garis Vertikal (beban terfaktor) nilai Mn
Untuk garis Horizontal (beban terfaktor) nilai Pu
- = Untuk garis Vertikal nilai kapasitas ϕMn
Untuk garis Horizontal nilai kapasitas ϕPn

Hasil Analisis Diagram kolom arah X dan Y didapat Nilai Pn dan Mn tidak melebihi batas kapasitas.

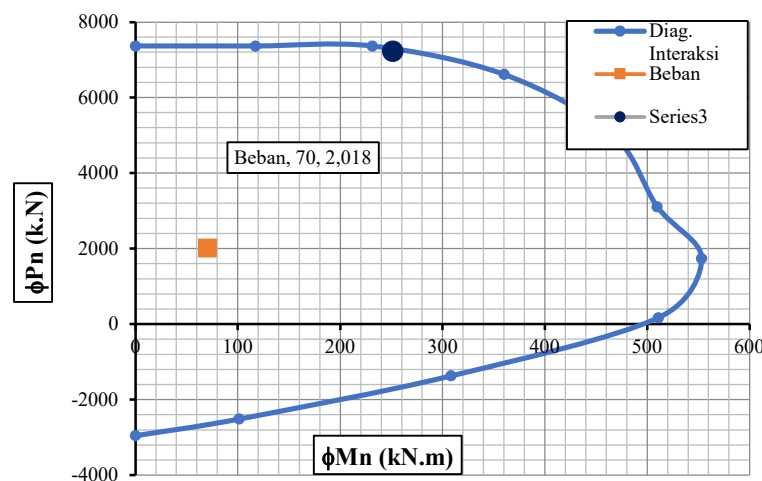
- Kolom Tepi LT. 4-6 Dimensi 800 x 650 mm

Tabel 4. 92 hasil Analisis kolom 800 x 650 mm

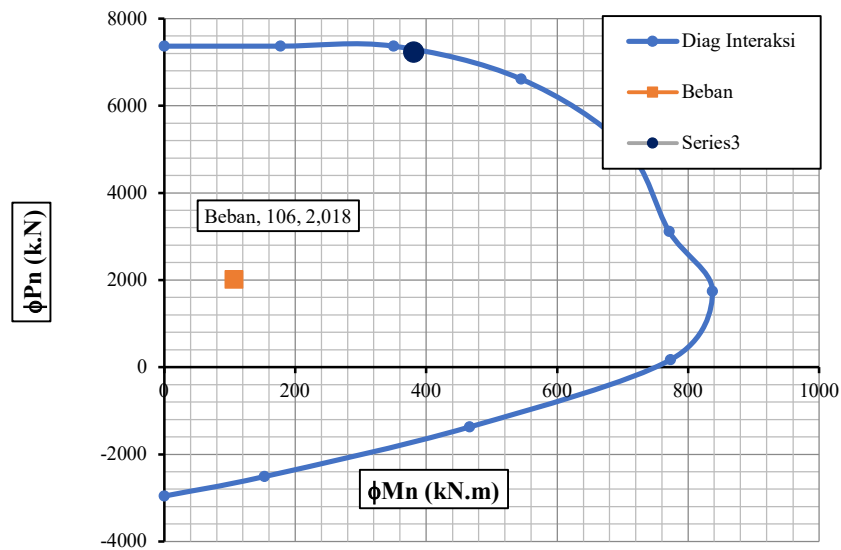
Keterangan	Hasil Analisis	Hasil output ETABS	Syarat
Penulangan Kolom			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	Pu (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
	1300	2018,49	Memenuhi
Kapasitas geser			
Arah	ϕV_n (kN)	Vu (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	3.586,84	152,40	Memenuhi
Y	4.516,53	103,69	Memenuhi
Pengengkangan Kolom			
Arah	Vs (kN)	Vmaks	$V_s (kN) < V_{maks}$
X	3.297,51	1561,33	Memenuhi
Y	4.152,53	1561,33	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil Analisis pada tabel 4.63 kolom 800×650 mm, Nilai $0,1x A_g x f'_c < P_u$, sehingga persyaratan kekuatan aksial terpenuhi. kapasitas geser ϕV_n pada arah X dan Y $> V_u$, mampu menahan gaya geser. Pengekangan kolom nilai $V_s < V_{maks}$ bahwa telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019.



Gambar 4. 34 Diagram Interaksi pada kolom Arah X
(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4. 35 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y
(Sumber : Hasil Analisis)

Keterangan :

- = Batas arah ϕP_n dan ϕM_n
- = Untuk garis Vertikal (beban terfaktor) nilai M_n
Untuk garis Horizontal (beban terfaktor) nilai P_u
- = Untuk garis Vertikal nilai kapasitas ϕM_n
Untuk garis Horizontal nilai kapasitas ϕP_n

Hasil Analisis Diagram kolom arah X dan Y didapat Nilai P_n dan M_n tidak melebihi batas kapasitas.

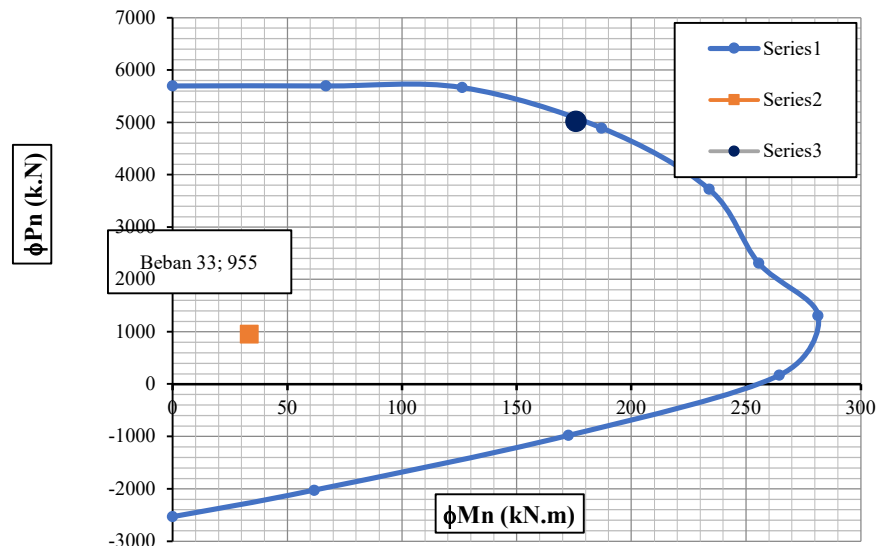
- Kolom Sudut LT. 7-9 dimensi 650 x 600 mm

Tabel 4.93 hasil Analisis kolom 650 x 600 mm

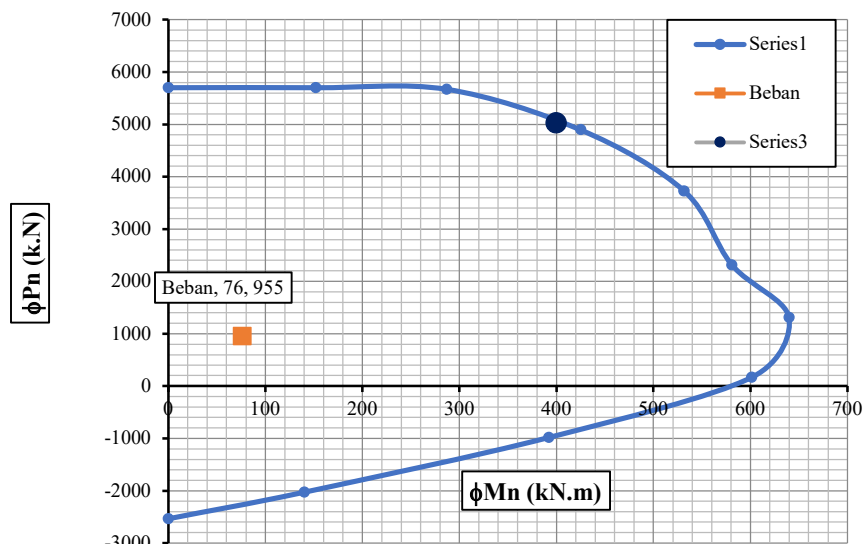
Keterangan	Hasil Analisis	Hasil output ETABS	Syarat
Penulangan Kolom			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c > P_u$
	975	955,21	Memenuhi
Kapasitas geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	4.733,5	63,94	Memenuhi
Y	5.181,3	72,91	Memenuhi
Pengengkangan Kolom			
Arah	V_s (kN)	V_{maks}	V_s (kN) < V_{maks}
X	4.518,76	1145,08	Memenuhi
Y	4.946,27	1145,08	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil Analisa pada tabel 4.64 kolom 650×600 mm, Nilai $0,1x A_g x f'_c > P_u$, sehingga persyaratan kekuatan aksial terpenuhi. kapasitas geser ϕV_n pada arah X dan Y $> V_u$, mampu menahan gaya geser. Pengekangan kolom dengan nilai $V_s < V_{maks}$ mengindikasikan bahwa telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019.



Gambar 4. 36 Diagram Interaksi pada kolom Arah X
(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4. 37 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y
(Sumber : Hasil Analisis)

Keterangan :

- = Batas arah ϕP_n dan ϕM_n
- = Untuk garis Vertikal (beban terfaktor) nilai M_n

Untuk garis Horizontal (beban terfaktor) nilai P_u

● = Untuk garis Vertikal nilai kapasitas ϕM_n

Untuk garis Horizontal nilai kapasitas ϕP_n

Hasil Analisis Diagram kolom arah X dan Y didapat Nilai P_n dan M_n tidak melebihi batas kapasitas.

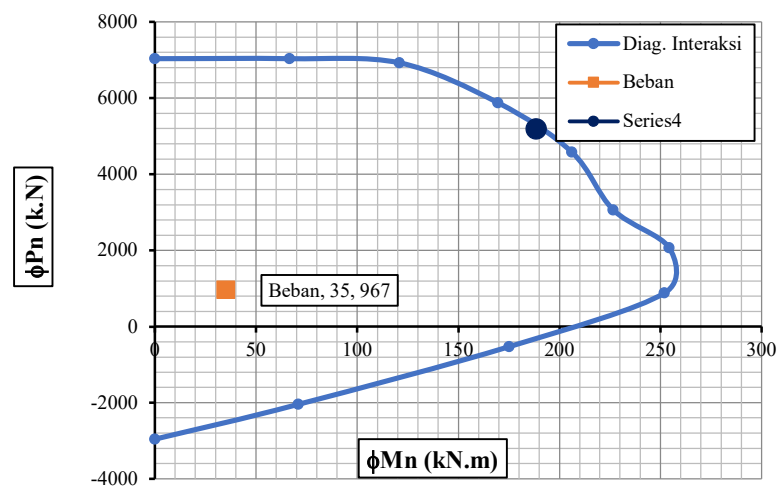
○ Kolom Tengah LT. 7-9 Dimensi 700 x 700 mm

Tabel 4.94 hasil Analisis kolom 700 x 700 mm

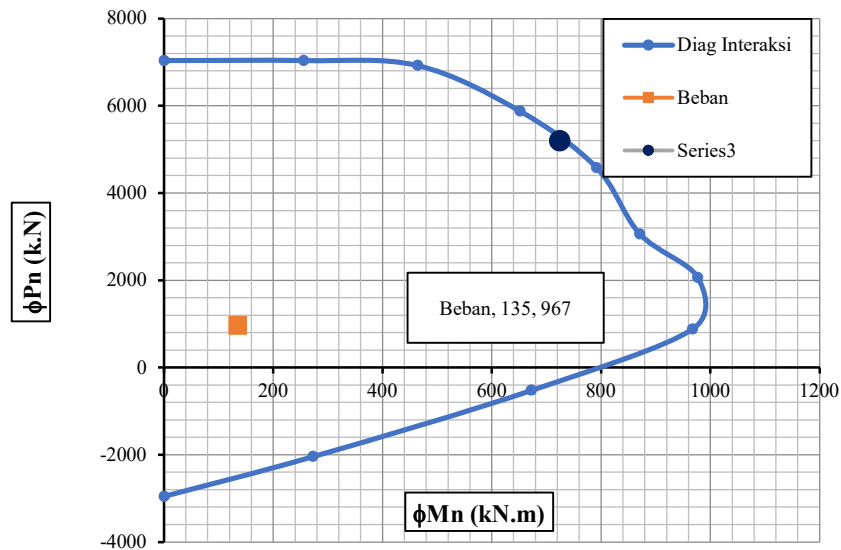
Keterangan	Hasil Analisa	Hasil output ETABS	Syarat
Penulangan Kolom			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
	1225	966,98	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	3.587,52	111,90	Memenuhi
Y	3.587,52	122,69	Memenuhi
Pengengkangan Kolom			
Arah	V_s (kN)	V_{maks}	V_s (kN) < V_{maks}
X	3.582,52	1466,50	Memenuhi
Y	3.582,52	1466,50	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil Analisa pada tabel 4.65 kolom 700 × 700 mm, Nilai $0,1x A_g x f'_c < P_u$, sehingga persyaratan kekuatan aksial terpenuhi. kapasitas geser ϕV_n pada arah X dan Y > V_u , mampu menahan gaya geser. Dengan nilai $V_s < V_{maks}$ bahwa telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019.



Gambar 4. 38 Diagram Interaksi pada kolom Arah X
(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4. 39 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y
(Sumber : Hasil Analisis)

Keterangan :

- = Batas arah ϕP_n dan ϕM_n
- = Untuk garis Vertikal (beban terfaktor) nilai M_n
Untuk garis Horizontal (beban terfaktor) nilai P_u
- = Untuk garis Vertikal nilai kapasitas ϕM_n
Untuk garis Horizontal nilai kapasitas ϕP_n

Hasil Analisis Diagram kolom arah X dan Y didapat Nilai P_n dan M_n tidak melebihi batas kapasitas.

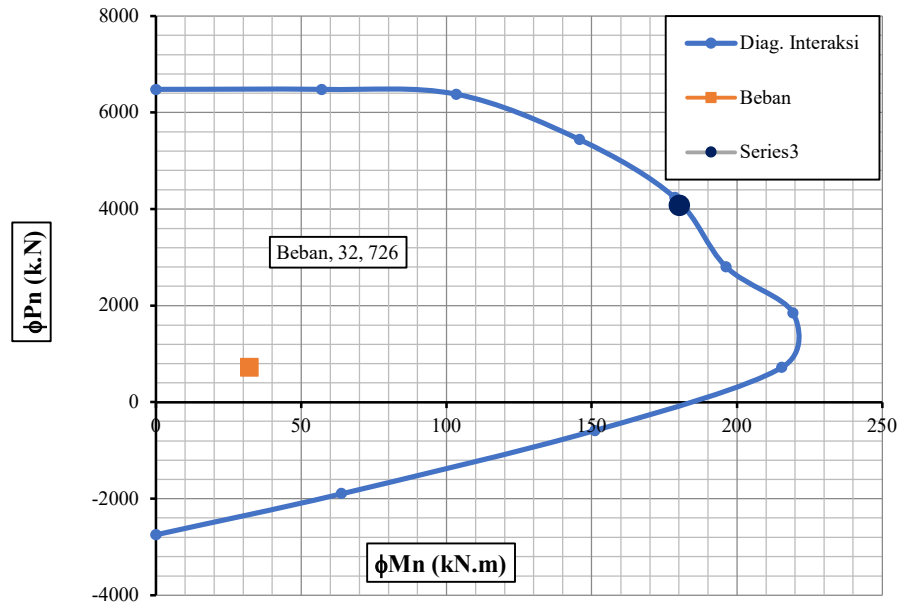
○ Kolom Tepi LT. 7-9 Dimensi 750 x 600 mm

Tabel 4. 95 hasil Analisis kolom 750 x 600 mm

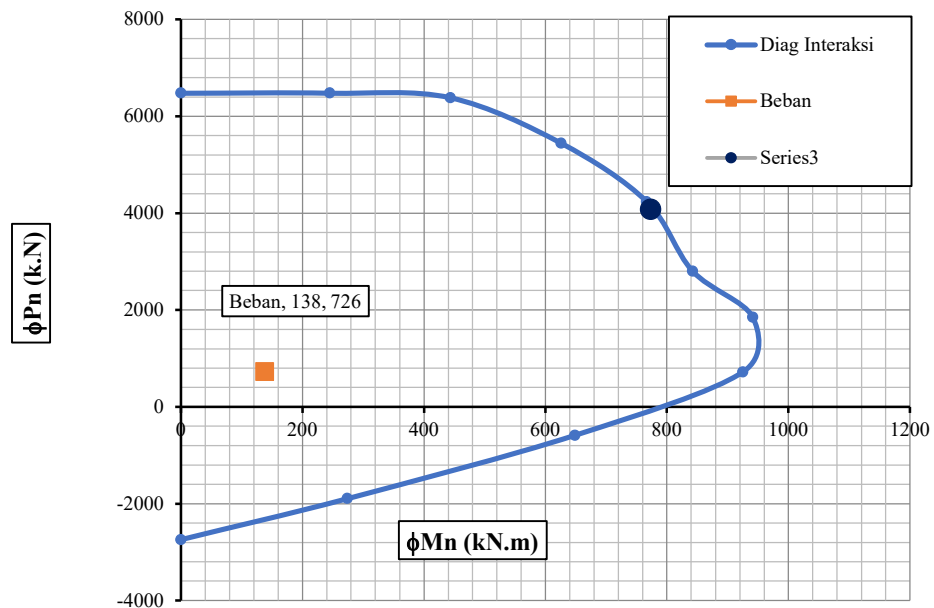
Keterangan	Hasil Analisis	Hasil output ETABS	Syarat
Penulangan Kolom			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
	1125	726,37	Memenuhi
Kapasitas geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	3.045,09	63,94	Memenuhi
Y	3.909,35	139,15	Memenuhi
Pengengkangan Kolom			
Arah	V_s (kN)	V_{maks}	V_s (kN) < V_{maks}
X	2.797,33	1313,75	Memenuhi
Y	3.591,27	1313,75	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil Analisis pada tabel 4.66 kolom 800×800 mm, Nilai $0,1x A_g x f'_c < P_u$, sehingga persyaratan kekuatan aksial terpenuhi. kapasitas geser ϕV_n pada arah X dan Y $> V_u$, mampu menahan gaya geser. Pengekangan kolom nilai $V_s < V_{maks}$ bahwa telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019.



Gambar 4. 40 Diagram Interaksi pada kolom Arah X
(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4. 41 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y
(Sumber : Hasil Analisis)

Keterangan :

- = Batas arah ϕP_n dan ϕM_n
- = Untuk garis Vertikal (beban terfaktor) nilai M_n
Untuk garis Horizontal (beban terfaktor) nilai P_u
- = Untuk garis Vertikal nilai kapasitas ϕM_n
Untuk garis Horizontal nilai kapasitas ϕP_n

Hasil Analisis Diagram kolom arah X dan Y didapat Nilai P_n dan M_n tidak melebihi batas kapasitas.

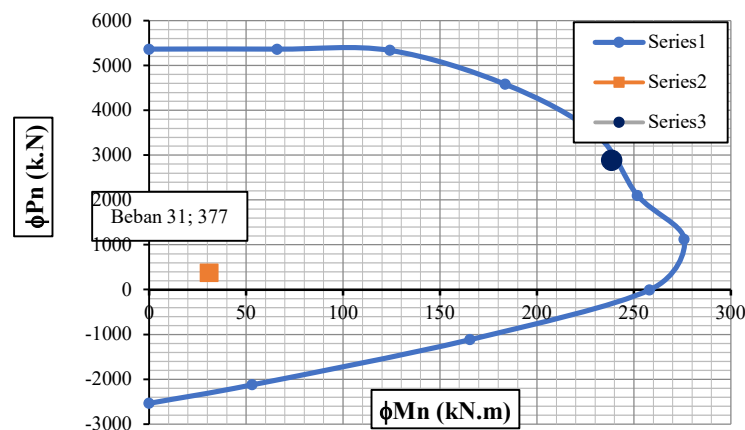
- Kolom Sudut LT. 10-12 dimensi 600 x 600 mm

Tabel 4.96 hasil Analisis kolom 600 x 600 mm

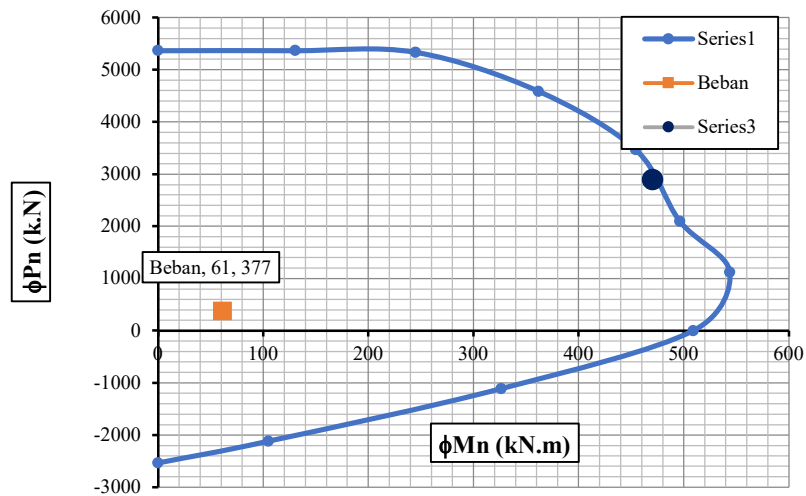
Keterangan	Hasil Analisis	Hasil output ETABS	Syarat
Penulangan Kolom			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c > P_u$
	900	376,58	Memenuhi
Kapasitas geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	4.716,961	63,94	Memenuhi
Y	4.716,961	64,94	Memenuhi
Pengengkangan Kolom			
Arah	V_s (kN)	V_{maks}	V_s (kN) < V_{maks}
X	4.518,76	1057	Memenuhi
Y	4.518,76	1057	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil Analisis pada tabel 4.67 kolom 600×600 mm, Nilai $0,1x A_g x f'_c > P_u$, sehingga persyaratan kekuatan aksial terpenuhi. kapasitas geser ϕV_n pada arah X dan Y $> V_u$, mampu menahan gaya geser. Pengengkangan kolom dengan nilai $V_s < V_{maks}$ mengindikasikan bahwa telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019.



Gambar 4. 42 Diagram Interaksi pada kolom Arah X
(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4. 43 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y
(Sumber : Hasil Analisis)

Keterangan :

- = Batas arah ϕP_n dan ϕM_n
- = Untuk garis Vertikal (beban terfaktor) nilai M_n
Untuk garis Horizontal (beban terfaktor) nilai P_u
- = Untuk garis Vertikal nilai kapasitas ϕM_n
Untuk garis Horizontal nilai kapasitas ϕP_n

Hasil Analisis Diagram kolom arah X dan Y didapat Nilai P_n dan M_n tidak melebihi batas kapasitas.

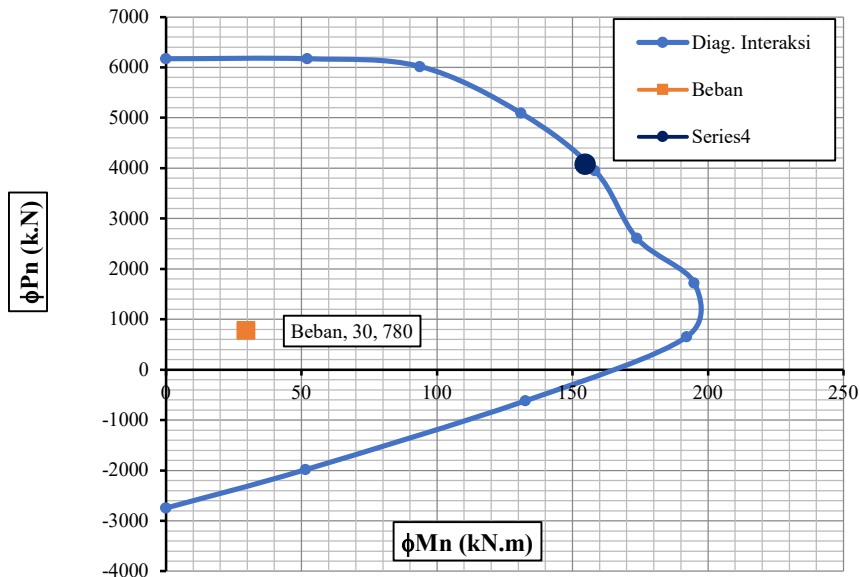
- Kolom Tengah LT. 10-12 Dimensi 650 x 650 mm

Tabel 4.97 hasil Analisis kolom 650 x 650 mm

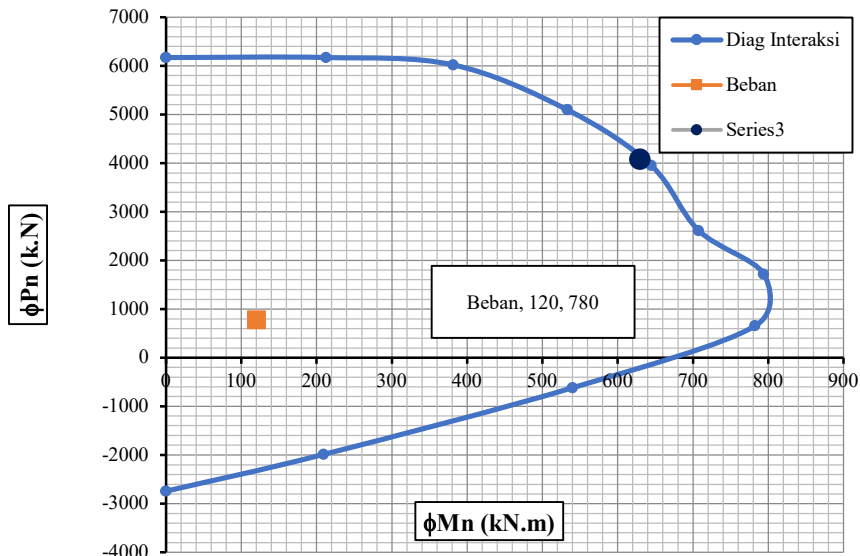
Keterangan	Hasil Analisis	Hasil output ETABS	Syarat
Penulangan Kolom			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	P_u (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
	1056,3	779,84	Memenuhi
Kapasitas Geser			
Arah	ϕV_n (kN)	V_u (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	3.297,02	111,90	Memenuhi
Y	3.297,02	105,22	Memenuhi
Pengengkangan Kolom			
Arah	V_s (kN)	V_{maks}	V_s (kN) < V_{maks}
X	3.061,97	1253,42	Memenuhi
Y	3.061,97	1253,42	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil Analisis pada tabel 4.68 kolom 650×650 mm, Nilai $0,1x A_g x f'_c < P_u$, sehingga persyaratan kekuatan aksial terpenuhi. kapasitas geser ϕV_n pada arah X dan Y $> V_u$, mampu menahan gaya geser. Dengan nilai $V_s < V_{maks}$ bahwa telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019.



Gambar 4. 44 Diagram Interaksi pada kolom Arah X
(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4. 45 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y
(Sumber : Hasil Analisis)

Keterangan :

● = Batas arah ϕP_n dan ϕM_n

- = Untuk garis Vertikal (beban terfaktor) nilai Mn
Untuk garis Horizontal (beban terfaktor) nilai Pu
- = Untuk garis Vertikal nilai kapasitas ϕM_n
Untuk garis Horizontal nilai kapasitas ϕP_n

Hasil Analisis Diagram kolom arah X dan Y didapat Nilai P_n dan M_n tidak melebihi batas kapasitas.

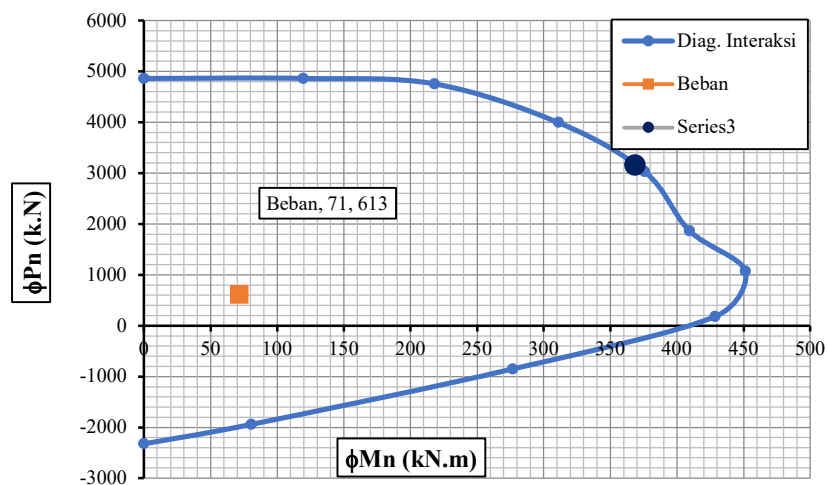
- Kolom Tepi LT. 10-12 Dimensi 650 x 500 mm

Tabel 4. 98 hasil Analisis kolom 650 x 500 mm

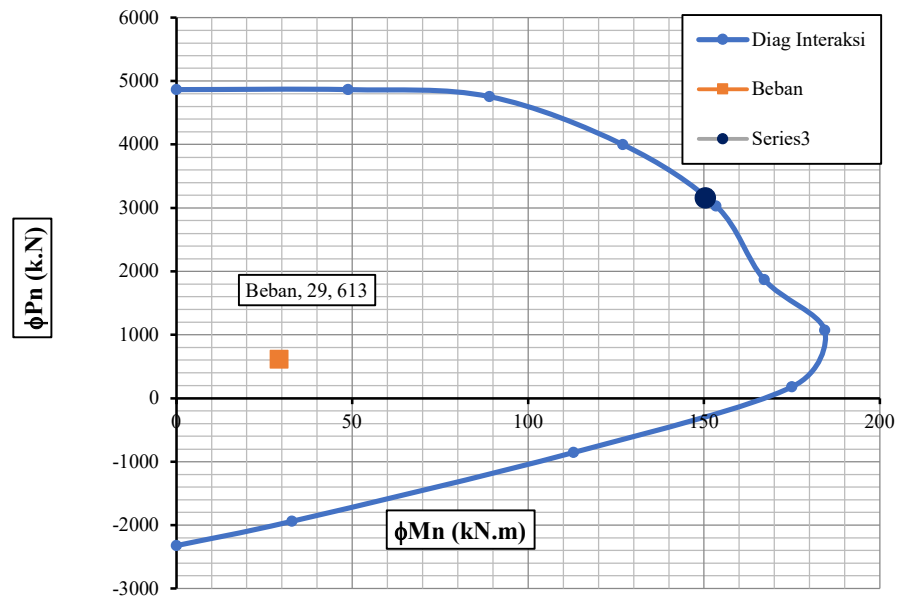
Keterangan	Hasil Analisis	Hasil output ETABS	Syarat
Penulangan Kolom			
	$0,1x A_g x f'_c$ (kN)	Pu (kN)	$0,1x A_g x f'_c < P_u$
	812,5	613,44	Memenuhi
Kapasitas geser			
Arah	ϕV_n (kN)	Vu (kN)	$\phi V_n > V_u$
X	2.093,21	127,88	Memenuhi
Y	2.825,95	55,95	Memenuhi
Pengengkangan Kolom			
Arah	Vs (kN)	Vmaks	V_s (kN) < Vmaks
X	1.919,10	921,92	Memenuhi
Y	2.590,90	921,92	Memenuhi

Sumber : Hasil Analisis,2026

Hasil Analisis pada tabel 4.69 kolom 650 × 500 mm, Nilai $0,1x A_g x f'_c < P_u$, sehingga persyaratan kekuatan aksial terpenuhi. kapasitas geser ϕV_n pada arah X dan Y > Vu, mampu menahan gaya geser. Pengekangan kolom nilai Vs < Vmaks bahwa telah memenuhi ketentuan SNI 2847:2019.



Gambar 4. 46 Diagram Interaksi pada kolom Arah X
(Sumber : Hasil Analisis)



Gambar 4. 47 Diagram Interaksi pada kolom Arah Y
(Sumber : Hasil Analisis)

Keterangan :

- = Batas arah ϕP_n dan ϕM_n
- = Untuk garis Vertikal (beban terfaktor) nilai M_n
Untuk garis Horizontal (beban terfaktor) nilai P_u
- = Untuk garis Vertikal nilai kapasitas ϕM_n
Untuk garis Horizontal nilai kapasitas ϕP_n

Hasil Analisis Diagram kolom arah X dan Y didapat Nilai P_n dan M_n tidak melebihi batas kapasitas.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan terhadap hasil perancangan struktur beton bertulang bangunan apartemen 13 lantai tahan gempa di Kota Palembang, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Permodelan struktur beton bertulang bangunan apartemen 13 lantai telah memenuhi persyaratan SNI 1726:2019
2. Desain struktur beton bertulang telah memenuhi persyaratan SNI 2847:2019

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis struktur perancangan struktur beton bertulang bangunan Apartemen 13 Lantai di Kota Palembang, berikut beberapa saran untuk pengembangan lebih lanjut :

1. Disarankan untuk melakukan analisis lebih dalam mengenai kinerja struktur
2. Selain gempa, disarankan untuk mempertimbangkan analisis risiko lain seperti angin atau banjir dalam perencanaan struktur.

Saran-saran di atas diharapkan untuk dapat menyempurnakan penelitian ini serta menjadi referensi bagi pengembangan bangunan tinggi tahan gempa lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- .Wayan, N., Theresilia, M., Pandaleke, R. E., & Handono, B. D. (2020). PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG BETON BERTULANG DENGAN DENAH BANGUNAN BERBENTUK “L.” 8(4).
- Teknik, F., Putra, U., & Yptk, I. (2021). V □ Cs . W. 4(1), 11–16.
- Tanii, A., Pah, J. J. S., Ramang, R., Rizal, A. H., Utomo, S., & Struktur, S. (2023). KEEFEKTIFAN PENEMPATAN DINDING GESER BANGUNAN. 12(1), 69–78.
- Al, Y., Afnan, K., Shulhan, M. A., Yasin, I., Lampung, B., Pinang, T., Aceh, B., Pinang, P., Selor, T., & Aurasia, L. (2019). SNI 1729+6-2012 Dan SNI 1726-2019 Di Indonesia. 36–42.
- 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.
- SNI 1726_2019 Tata cara perencanaan ketahan 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