

	FORMULIR PENYERAHAN BERKAS PENDAFTARAN YUDISIUM FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MERCU BUANA		Q

No. Dokumen	061.426.4.95.01	Distribusi				
Tanggal Efektif	2 Agustus 2023					

NIM	41122120059
Nama	Krisan Ewaldo Tarigan
Program Studi	Teknik Sipil
No. Telepon	082286603255
Dosen Pembimbing	Suci Putri Elza, S.T., M.T.
Judul Tugas Akhir	Perencanaan Struktur Beton Bertulang Gedung 8 Lantai (The Green Condovilla) Akibat Ketidakberaturan Horizontal
Tanggal Sidang TA	27 Juli 2024
Nilai Sidang TA	A

No	Uraian Penyerahan	Ceklist	Catatan	Paraf Tata Usaha
1	File Laporan Tugas Akhir format PDF (termasuk scan pernyataan dan scan pengesahan)	✓		
2	File Laporan Tugas Akhir format Word (termasuk scan pernyataan dan scan pengesahan)	✓		
3	File halaman sampul, halaman judul, scan pernyataan, scan pengesahan dan abstrak	✓		
4	File Draft Artikel Ilmiah (Word) dari Tugas Akhir (minimal format Jurnal Rekayasa Sipil)	✓		
5	Bukti Submit Artikel Ilmiah dari Tugas Akhir (tujuan sesuai arahan dosen pembimbing)	✓	JRS	
6	Poster dari Tugas Akhir *	✓		
7	Form Revisi Telah disetujui dan dikumpulkan	✓		
8	Form Verifikasi Data Mahasiswa	✓		
9	Bukti SKK/Uji Kompetensi Sertifikasi	✓	15%	

Note *: Kecuali Prodi Teknik Mesin dan Prodi Teknik Industri

Jakarta, 19 Agustus 2024
Tata Usaha Fakultas Teknik

()

Revisi Tugas Akhir_Krisan Ewaldo T_41122120059_3_removed.pdf

by Jalyn Vigil

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Submission date: 07-Aug-2024 01:36AM (UTC-0500)

Submission ID: 2428504501

File name: Revisi_Tugas_Akhir_Krisan_Ewaldo_T_41122120059_3_removed.pdf (7.24M)

Word count: 22614

Character count: 98816

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam perkembangan urbanisasi modern, kita sering kali menyaksikan pembangunan bangunan dengan layout yang tidak beraturan. Faktor-faktor seperti perubahan dalam pola perkembangan kota, kebutuhan akan penggunaan lahan yang lebih efisien, dan tantangan topografi seringkali menyebabkan ketidakberaturan dalam tata letak bangunan. Namun, ketidakberaturan ini membawa konsekuensi yang signifikan dalam hal perhitungan struktur. Hasil kinerja struktur bangunan yang tidak teratur akan berbeda dari kinerja struktur bangunan yang teratur, meskipun keduanya menerima beban dengan intensitas yang sama.

8
Semakin besar proyeksi sudut dalam pada suatu bangunan maka akan semakin besar simpangan yang terjadi pada bangunan tersebut (Khoirunnissa, Djakfar, & Setiawan, 2020). Bangunan yang tidak beraturan menghadirkan tantangan unik dalam mendistribusikan beban, menanggapi gaya lateral, dan memperhitungkan kompleksitas geometri. Oleh karena itu, diperlukan peninjauan khusus dan pendekatan yang cermat dalam perhitungan struktur untuk memastikan keamanan dan keandalan bangunan tersebut.

12
Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi bentuk ketidakberaturan lain, sehingga dapat dibandingkan bentuk ketidakberaturan yang paling ideal dengan kinerja yang lebih baik (Purba, 2014). Peninjauan spesifik terhadap perhitungan struktur untuk bangunan dengan layout tidak beraturan menjadi esensial untuk mengatasi tantangan yang dihadapi. Distribusi beban yang tidak merata dan respons kompleks terhadap gaya lateral seperti angin dan gempa merupakan aspek-aspek kritis yang harus dipertimbangkan secara hati-hati. Selain itu, kompleksitas geometri dalam bangunan yang tidak beraturan memerlukan pemodelan yang akurat dan analisis yang mendalam untuk memahami interaksi antar elemen struktur. Langkah-langkah ini penting untuk memastikan bahwa desain struktur mampu menanggung beban dan tekanan eksternal dengan aman dan efisien.

Dengan melakukan peninjauan khusus terhadap perhitungan struktur, dapat dihasilkan desain yang lebih handal, aman, dan sesuai dengan karakteristik unik bangunan yang tidak beraturan. Hal ini tidak hanya meningkatkan keamanan bagi penghuni dan pengguna bangunan, tetapi juga memastikan bahwa bangunan dapat berfungsi dengan baik dalam jangka waktu yang panjang. Dengan demikian, penelitian ini menjadi langkah

penting dalam memastikan keselamatan dan keberlanjutan pembangunan kota yang terus berkembang.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas dapat diidentifikasi permasalahan :

1. Ketidakberaturan dalam tata letak bangunan menyebabkan tantangan unik dalam perhitungan struktur, terutama terkait dengan distribusi beban yang tidak merata dan respons kompleks terhadap gaya lateral seperti angin dan gempa.
2. Peninjauan khusus terhadap perhitungan struktur merupakan langkah penting dalam memastikan keselamatan dan keberlanjutan pembangunan kota yang terus berkembang.

1.3 Perumusan Masalah

Dengan merujuk pada latar belakang dan identifikasi masalah di atas maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perioda, gaya geser, simpangan dan δ antar lantai pada bangunan dengan layout yang tidak seragam pada gedung *The Green Condovilla*?
2. Apakah bangunan tersebut memiliki iregularitas/ketidakberaturan horizontal dan vertikal?
3. Bagaimana detailing elemen struktur dengan gedung *The Green Condovilla* yang mempunyai pengaruh iregularitas/ketidakberaturan?

1.4 Maksud dan Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perioda, gaya geser, simpangan dan δ antar lantai pada bangunan dengan layout yang tidak seragam
2. Mengetahui hasil dari analisa ketidakberaturan horizontal dan vertikal
3. Merancang penulangan kolom, balok dan penambahan *shearwall*

1.5 Manfaat Penelitian

Dalam penyusunan skripsi ini diharapkan nantinya akan memberikan banyak manfaat bagi semua pihak baik yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung. Adapun manfaat yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Secara Akademis

Penelitian ini akan memberikan kontribusi baru terhadap pengetahuan dalam bidang desain perencanaan struktur beton bertulang, khususnya terkait dengan dampak ketidakberaturan horizontal. Dengan mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor yang mempengaruhi perilaku struktural dalam kondisi ini, penelitian akan memperkaya pemahaman akademis tentang prinsip-prinsip desain yang efektif.

2. Secara Umum

- Penelitian ini akan menyediakan wawasan tambahan tentang bagaimana ketidakberaturan horizontal memengaruhi desain dan perencanaan struktur beton bertulang. Ini akan membantu para insinyur dan perencana dalam memahami tantangan yang dihadapi dan strategi yang dapat digunakan untuk mengatasi ketidakberaturan tersebut.
- Dengan memahami perilaku dan respon struktural akibat ketidakberaturan horizontal, penelitian ini akan membantu dalam merancang struktur yang lebih efisien dan aman. Ini dapat mengurangi risiko kegagalan struktural serta meningkatkan kinerja struktural gedung terhadap beban dan gaya eksternal.
- Penelitian ini dapat memacu pengembangan metode dan teknologi baru dalam desain dan konstruksi struktur beton bertulang, khususnya terkait dengan penanganan ketidakberaturan horizontal. Ini akan membuka potensi untuk inovasi dalam industri konstruksi yang dapat meningkatkan efisiensi dan kualitas proyek

1.6 Pembatasan dan Ruang Lingkup Masalah

Beberapa hal yang menjadi batasan / ruang lingkup dalam perencanaan ini adalah sebagai berikut :

1. Perhitungan gempa hanya menggunakan respon spektra
2. Beban angin tidak diperhitungkan
3. Tangga tidak dimodelkan
4. Detailing penulangan merupakan detailing pada kolom, balok, diafragma dan plat
5. Lantai yang digunakan adalah lantai 1-8 dengan jumlah 5 tower
6. Tidak membahas desain struktur bawah
7. Menggunakan *software* SAP2000® dan SP Column®

1.7 Sistematika Penulisan

BAB I Pendahuluan

Dalam bab ini memuat tentang latar belakang masalah, maksud, dan tujuan, ruang lingkup permasalahan, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan

BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini memuat subbab dan landasan teori dari literatur-literatur yang dapat mendukung pembahasan sehingga permasalahan dapat diselesaikan.

BAB III Metodologi Penelitian

Dalam bab ini membuat rincian uraian tentang bagaimana penelitian akan dilaksanakan dengan menjelaskan variabel penelitian dan definisi operasional, penentuan jenis sampel, jenis dan sumber data, metode pengumpulan data, metode analisis, grafik dan gambar-gambar.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini menguraikan sebuah gagasan pokok terhadap objek penelitian berdasarkan data-data analisis, grafik dan gambar-gambar yang didukung oleh literature-literatur sehingga permasalahan dapat diselesaikan dan dipertanggungjawabkan secara ilmiah

BAB V Penutup

Bab ini berisi simpulan dari hasil pembahasan dalam bentuk pernyataan, teori baru atau perbaikan terhadap teori yang sudah ada serta saran atas penelitian yang dilakukan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Dasar-Dasar Perencanaan

Untuk keperluan analisis dan desain dari struktur digunakan beberapa standar dan peraturan yang berlaku, yaitu:

1. SNI 1727:2020 tentang Beban Desain Minimum dan Kriteria Terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
2. SNI 1726:2019 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Nongedung.
3. SNI 2847:2019 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung dan Penjelasannya.

2.2 Konsep Dasar Pembebanan

Untuk menganalisis suatu struktur bangunan, diperlukan pemahaman mengenai cara struktur tersebut berperilaku dan beban yang bekerja padanya. Beban pada struktur dapat dikelompokkan menjadi beban lateral dan beban gravitasi. Beban lateral dapat timbul akibat angin atau gempa, sementara beban gravitasi disebabkan oleh beban mati dan beban hidup. Dalam perencanaan ini, bangunan dirancang sebagai Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK).

1. Beban Mati

Beban mati merujuk pada beban sendiri dari semua bahan konstruksi (struktur utama) yang dipasang pada bangunan gedung, termasuk berat sendiri dari kolom, balok, slab/pelat, dan dinding beton. Beban mati merupakan beban yang berasal dari berat sendiri semua bagian dari gedung yang bersifat tetap, termasuk dinding dan sekat pemisah, kolom, balok, lantai, atap, penyelesaian, mesin dan peralatan yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung, yang nilai seluruhnya adalah sedemikian rupa sehingga probabilitas untuk dilampauinya dalam kurun waktu tertentu terbatas pada suatu persentase tertentu (Suharyanto, 2016). Material struktur berupa beton bertulang memiliki densitas sekitar 2400 kg/m³, sementara besi tulangan struktur memiliki densitas sekitar 7850 kg/m³.

2. Beban Hidup

Beban hidup yang diperhitungkan dalam perancangan bangunan gedung dan struktur lainnya seharusnya mencakup beban maksimum yang diperkirakan terjadi akibat penghunian dan penggunaan bangunan. Dimana beban hidup dapat diartikan sebagai beban bergerak akibat dari pengaruh dari pengguna itu sendiri termasuk benda atau unsur

tambahan yang bersifat tidak tetap (Nugroho, Hidayati, & Saputro, 2021). Namun, besaran beban hidup yang dipertimbangkan tidak boleh kurang dari nilai minimum yang telah ditetapkan dalam Tabel 4-1 dari SNI 1727:2013. Besarnya beban hidup yang harus digunakan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Beban Hidup Terdistribusi Merata Minimum, L_o dan Beban Hidup Terpusat

Hunian atau penggunaan	Merata, psf (Kn/m ²)	Terpusat, lb (kN)
Apartemen (lihat rumah tinggal)		
Sistem lantai akses		
Ruang Kantor	50 (2,4)	2000 (8,9)
Ruang Komputer	100(4,79)	2000 (8,9)
Gudang persenjataan dan ruang latihan	150 (7,18) ^a	
Ruang pertemuan		
Kursi tetap (terkait dilantai)		
Lobi	100 (4,79) ^a	
Kursi dapat dipindahkan	100 (4,79) ^a	
Panggung pertemuan	100 (4,79) ^a	
Lantai podium	150 (7,18) ^a	
Balkon dan dek	1,5 kali beban hidup untuk daerah dilayani. Tidak perlu melebihi 100 psf (4,79 kN/m ²)	
Jalur untuk akses pemeliharaan	40 (1,92)	300 (1,33)
Koridor		
Lantai pertama	100(4,79) sama seperti pelayanan hunian kecuali disebutkan lain	
Lantai lain		
Ruang makan dan restoran	100(4,79) ^a	
Hunian (lihat rumah tinggal)		
Ruang mesin elevator pada daerah 2in x 2 in (50 mm x 50 mm)		300 (1,33)
Konstruksi pelat lantai <i>finishing</i> ringan pada area 1 in x 1 in (25 mm x 25 mm)		200 (0,89)
Jalur penyelamatan terhadap kebakaran		
Hunian satu keluarga saja	100(4,79) 40 (1,92)	
Tangga permanen	Lihat pasal 4.5	
Garasi atau parkir		
Mobil penumpang saja Truk dan bus	40 (1,92) ^{a,b,c,e}	
Susunan tangga, rel pengaman dan batang pegangan	Lihat pasal 4.5	

Helipad	60 (2,87) ^{d,e} tidak boleh direduksi	e, f, g
Rumah sakit:		
Ruang operasi, laboratorium	60(2,87)	1000 (4,45)
Ruang pasien	40 (1,92)	1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Hotel (lihat rumah tinggal)		
Perpustakaan		
Ruang baca	60(2,87)	1000 (4,45)
Ruang penyimpanan	150 (7,18) ^{a,h}	1000 (4,45)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	1000 (4,45)
Pabrik		
Ringan	125 (6,00) ^a	2000 (8,90)
Berat	250 (11,97) ^a	3000 (13,40)
Gedung perkantoran		
Ruang arsip dan komputer harus dirancang untuk beban yang lebih berat berdasarkan pada perkiraan hunian		
Lobby dan koridor lantai pertama	100 (4,79)	2000 (8,90)
Kantor	50 (2,40)	2000 (8,90)
Koridor diatas lantai pertama	80 (3,83)	2000 (8,90)
Lembaga hukum		
Blok Sel	40 (1,92)	
Tahanan	100 (4,79)	
Tempat rekreasi		
Tempat bowling, kolam renang dan penggunaan yang sama	75 (3,59) ^a	
Bangsas dansa dan ruang dansa	100 (4,79) ^a	
Gymnasium	100 (4,79) ^a	
Tempat menonton baik terbuka maupun tertutup	100 (4,79) ^{a, k}	
Stadium dan tribun atau arena dengan tempat duduk tetap (terikat pada lantai)	60 (2,87) ^{a, k}	
Rumah tinggal Hunian (satu keluarga dan dua keluarga)		
Loteng yang tidak dapat didiami tanpa gudang	10 (0,48) ^l	
Loteng yang tidak dapat didiami dengan gudang	20 (0,96) ^m	
Loteng yang dapat didiami dan ruang tidur	30 (1,44)	
Semua ruang kecuali tangga dan balkon	40 (1,92)	
Semua hunian rumah tinggal lainnya	40 (1,92)	
Ruang pribadi dan koridor yang melayani mereka	40 (1,92)	
Ruang publ dan koridor yang melayani mereka	100 (4,79)	
Atap		
Atap datar, berhubung, dan lengkung		

Atap digunakan untuk taman atap Atap yang digunakan untuk tujuan lain Atap yang digunakan untuk hunian lainnya Awning dan kanopi Konstruksi pabrik yang didukung oleh struktur rangka kaku ringa Rangka tumpu layar penutup	20 (0,96) ⁿ 100 (4,79) Sama seperti hunia dilayani 5(0,24) tidak boleh direduksi	200 (0,89)
Semua konstruksi lainnya Komponen struktur atap utama, yang terhubung langsung dengan pekerjaan lantai Titik panel tunggal dari batang bawah rangka atap atau setiap titik sepanjang komponen struktur utama yang mendukung atap diatas pabrik, gudang, dan perbaikan garasi Semua komponen struktur atap utama lainnya Semua permukaan atap dengan beban pekerja pemeliharaan	5(0,24) tidak boleh direduksi dan berdasarkan luas tributari dari atap yang ditumpu oleh rangka 20 (0,96)	2000 (8,90) 300 (1,33) 300 (1,33)

(SNI 1727:2020)

3. Beban Mati Tambahan

Beban mati tambahan atau beban mati ekstra adalah beban yang memiliki nilai tetap dan selalu berada pada posisi yang sama setiap saat, di samping beban mati dari struktur utama. Beban ini mencakup berat dari elemen-elemen yang melekat secara permanen pada struktur, namun tidak terbatas pada dinding, lantai, atap, plafon, tangga, finishing, instalasi plumbing, komponen arsitektural, dan unsur struktural lainnya. Jenis beban mati ini dijelaskan dalam Pedoman Perencanaan Pembebanan untuk Rumah dan Gedung (PPPURG) SKBI-1.3.5.3-1987 dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2 Beban Mati Tambahan

Komponen Gedung	Berat (kg/m ²)
Adukan, per cm tebal: • Dari semen • Dari kapur, semen merah, atau tras	21 17
Aspal, termasuk bahan-bahan mineral penambah, per cm tebal	14
Adukan pasangan bata merah: • Satu batu • Setengah batu	450 250
Dinding Pasangan Batako Berlubang:	

• Tebal dinding 20 cm (HB 20)	200
• Tebal dinding 10 cm (HB 10)	120
Tanpa lubang:	
• Tebal dinding 15 cm	300
• Tebal dinding 10 cm	200
Langit-langit & dinding (termasuk rusuk rusuknya tanpa penggantung langit-langit/pengaku)	
• Semen asbes (etemit dan bahan lain sejenis), dengan tebal maksimum 4 mm	11
• Kaca dengan tebal 3-5 mm	10
Lantai kayu sederhana dengan balok kayu, tanpa langit-langit dengan bentang maksimum 5 m dan untuk beban hidup maksimum 200kg/m ²	40
Penggantung langit-langit (dari kayu), dengan bentang maks 5 m, dan jarak s.k.s min 0,8 m	7
Penutup atap genting dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	50
Penutup atas sirap dengan reng dan usuk/kaso per m ² bidang atap	40
Penutup atap seng gelombang, (BJLS-25) tanpa usuk	10
Penutup lantai dari ubin semen portland, teraso dan beton tanpa adukan, per cm tebal	24
Semen asbes gelombang tebal 5 mm	11

(PPURG SKBI-1.3.5.3-1987)

4. Beban Gempa

Beban gempa adalah gaya atau tekanan yang timbul akibat gempa bumi. Gempa bumi sendiri merupakan getaran atau guncangan yang terjadi pada permukaan Bumi akibat pelepasan energi yang disebabkan oleh pergeseran lempeng tektonik di dalam kerak Bumi. Beban gempa dapat memberikan pengaruh signifikan pada struktur bangunan dan infrastruktur. Dalam perencanaan struktur, perhitungan beban gempa menjadi penting untuk memastikan bahwa bangunan mampu bertahan dan memberikan perlindungan terhadap risiko kerusakan atau kegagalan struktural akibat gempa bumi.

5. Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan adalah kombinasi yang terdiri dari beban-beban terfaktor yang harus dipertimbangkan. Berikut adalah kombinasi dasar beban menurut SNI 1720-2020

Pasal 2.3.1:

a. $1,4 D$

b. $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$

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

d. $1,2 D + 1,0W + 0,5 (L_r \text{ atau } S \text{ atau } R)$

e. $0,9 D + 1,0 W$

2.3 Periode Fundamental

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.2.1, untuk mendapatkan periode fundamental pendekatan, maka digunakan persamaan berikut

$$T_a = C_t h_n^x$$

Keterangan:

T_a = Periode fundamental pendekatan

h_n = ketinggian struktur, diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur (m)

Tabel 2.3 Nilai parameter periode pendekatan C_t dan x

Tipe Struktur	C_t	x
Sistem rangka pemikul momen di mana rangka memikul 100% gaya seismik yang disyarkan dan tidak dilingkupi atau dihubungkan dengan komponen yang lebih kaku dan akan mencegah rangka dari defleksi jika dikenai gaya seismik:		
• Rangka baja pemikul momen	0,0724	0,8
• Rangka beton pemikul momen	0,0466	0,9
Rangka baja dengan bresing eksentris	0,0731	0,75
Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekut	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

SNI 1726 : 2019

2.4 Jumlah ragam

Sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model.

2.5 Geser Statis dan Geser Dinamis

Gaya geser statis adalah gaya geser yang terjadi pada struktur saat beban bekerja secara perlahan dan stabil. Beban ini umumnya berupa beban mati bangunan (berat sendiri bangunan, dinding, lantai, dll) dan beban hidup yang relatif statis (perabotan, orang).

Analisis gaya geser statis penting untuk memastikan struktur gedung cukup kuat untuk menahan beban sehari-hari.

Gaya geser dinamis adalah gaya geser yang terjadi akibat beban yang bekerja secara tiba-tiba dan berubah-ubah terhadap waktu, seperti beban gempa atau beban angin kencang. Beban dinamis ini menyebabkan struktur bergetar dan menghasilkan gaya geser yang

lebih besar dibandingkan dengan gaya geser statis. Analisis gaya geser dinamis sangat krusial untuk memastikan struktur gedung tahan terhadap gempa dan angin kencang.

2.6 Simpangan Antarlantai

Simpangan antarlantai (interstory drift) adalah perpindahan lateral relatif antara dua tingkat bangunan yang berdekatan. Sederhananya, ini adalah seberapa jauh lantai-lantai pada suatu gedung bergeser secara horizontal satu sama lain akibat beban, terutama beban lateral seperti gempa atau angin. Pengecekan simpangan antarlantai menggunakan SNI 1726: 2019 seperti pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Simpangan antar tingkat izin, $\Delta_a^{a,b}$

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 system dinding eksterior yang telah didesain untuk mengakomodasi simpangan antar tingkat	$0,025h_{sx}^c$	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$
Struktur dinding geser kantilever batu bata ^d	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$	$0,010h_{sx}$
Struktur dinding geser batu bata lainnya	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$	$0,007h_{sx}$
Semua struktur lainnya	$0,020h_{sx}$	$0,015h_{sx}$	$0,010h_{sx}$

SNI 1726: 2019

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Tabel 2.5 Faktor R , C_d dan Ω_0 untuk Sistem pemikul gaya seismic (lanjutan)

Sistem pemikul gaya seismic	Koefisien modifikasi respons, R^a	Faktor kuat lebih system, Ω_0^b	Faktor pembesaran defleksi, C_d^c	Batasan system struktur dan Batasan tinggi struktur, $h_n(m)^d$				
				Kategori desain seismic				
				B	C	D	E ^e	F ^e
4								
19. Dinding geser batu bata polos didetail	2	2½	2	TB	TI	TI	TI	TI
20. Dinding geser batu bata polos biasa	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
21. Dinding geser batu bata prategang	1½	2½	1½	TB	TI	TI	TI	TI
22. Dinding rangka ringa (kayu) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
23. Dinding rangka ringan (baja canai dingin) yang dilapisi dengan panel struktur kayu yang dimaksudkan untuk tahanan geser, atau dengan lembaran baja	7	2½	4½	TB	TB	22	22	22
24. Dinding rangka ringan dengan panel geser dari semua material lainnya	2½	2½	2½	TB	TB	10	TB	TB
25. Rangka baja dengan bresing terkekang terhadap tekuk	8	2½	5	TB	TB	48	48	30
26. Dinding geser pelat baja khusus	7	2	6	TB	TB	48	48	30
C. Sistem rangka pemikul momen								
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB

2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7	3	5½	TB	TB	48	30	TI
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½	3	4	TB	TB	10 ^k	TI ^k	TI ^k
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½	3	3	TB	TB	TI ^l	TI ^l	TI ^l
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus ^m	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TB	TI	TI	TI
8. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8	3	5½	TB	TB	TB	TB	TB
9. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5	3	4½	TB	TB	TI	TI	TI
10. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6	3	5½	48	48	30	30	TI
11. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3	3	2½	TB	TI	TI	TI	TI
12. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan ⁿ	3½	3 ⁰	3½	10	10	10	10	10

2.7 Iregularitas/Ketidakteraturan Bangunan

Iregularitas atau ketidakberaturan dalam struktur bangunan merujuk pada ketidaksempurnaan atau ketidakseragaman dalam pola geometris atau distribusi massa struktur.

1. Iregularitas/Ketidakteraturan bangunan secara Horizontal

Bangunan dikatakan mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal apabila mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan yang terdapat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Ketidakberaturan Horizontal pada Struktur

No	Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a	Ketidakberaturan torsi didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum, yang dihitung termasuk torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,2 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	0	D, E, dan F
		0	B, C, D, E, dan F
		0	C, D, E, dan F
		0	C, D, E, dan F
		Tabel 16	D, E, dan F
1b	Ketidakberaturan torsi berlebihan didefinisikan ada jika simpangan antar tingkat maksimum yang dihitung termasuk akibat torsi tak terduga dengan $A_x = 1,0$, di salah satu ujung struktur melintang terhadap suatu sumbu adalah lebih dari 1,4 kali simpangan antar tingkat rata-rata di kedua ujung struktur. Persyaratan ketidakberaturan torsi berlebihan dalam pasal-pasal referensi berlaku hanya untuk struktur di mana diafragmanya kaku atau setengah kaku.	0	E dan F
		0	D
		0	B, C, dan D
		0	C dan D
		0	C dan D
2	Ketidakberaturan sudut dalam didefinisikan ada jika kedua dimensi proyeksi denah struktur dari lokasi sudut dalam lebih besar dari 15 % dimensi denah struktur dalam arah yang ditinjau.	0	D, E, dan F
		Tabel 16	D, E, dan F
3	Ketidakberaturan diskontinuitas diafragma didefinisikan ada jika terdapat suatu diafragma yang memiliki diskontinuitas atau variasi kekakuan mendadak, termasuk yang mempunyai daerah terpotong atau terbuka lebih besar dari 50 % daerah diafragma bruto yang tertutup, atau perubahan kekakuan diafragma efektif lebih dari 50 % dari suatu tingkat ke tingkat selanjutnya.	0	D, E, dan F
		Tabel 16	D, E, dan F
4	Ketidakberaturan akibat pergeseran tegak lurus terhadap bidang didefinisikan ada jika terdapat	0	B, C, D, E, dan F

	diskontinuitas dalam lintasan tahanan gaya lateral, seperti pergeseran tegak lurus terhadap bidang pada setidaknya satu elemen vertikal pemikul gaya lateral.	0 0 Tabel 16 0	D, E, dan F 1 B, C, D, E, dan F D, E dan F B, C, D, E dan F
5	Ketidakberaturan sistem nonparalel didefinisikan ada jika elemen vertikal pemikul gaya lateral tidak paralel terhadap sumbu sumbu ortogonal utama sistem pemikul gaya seismik.	0 0 Tabel 16 0	C, D, E, dan F B, C, D, E, dan F D, E, dan F B, C, D, E dan F

SNI 1726:2019

2. Iregularitas/Ketidakberaturan bangunan secara Vertikal

Bangunan dikatakan mempunyai ketidakberaturan struktur horizontal apabila mempunyai satu atau lebih tipe ketidakberaturan yang terdapa pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7 Ketidakberaturan Vertikal pada Strukur (SNI 1726:2019)

No	1 Tipe dan penjelasan ketidakberaturan	Pasal referensi	Penerapan kategori desain seismik
1a	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 70 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 80 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya	Tabel 16	D, E, dan F
1b	Ketidakberaturan Kekakuan Tingkat Lunak Berlebihan didefinisikan ada jika terdapat suatu tingkat yang kekakuan lateralnya kurang dari 60 % kekakuan lateral tingkat di atasnya atau kurang dari 70 % kekakuan rata-rata tiga tingkat di atasnya.	0 Tabel 16	E dan F D, E dan F
2	Ketidakberaturan Berat (Massa) didefinisikan ada jika massa efektif di sebarang tingkat lebih dari 150 % massa efektif tingkat di dekatnya. Atap yang lebih ringan dari lantai di bawahnya tidak perlu ditinjau.	0 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
3	Ketidakberaturan Geometri Vertikal didefinisikan ada jika dimensi horizontal	Tabel 16	D, E, dan F

1	sistem pemikul gaya seismik di sebarang tingkat lebih dari 130 % dimensi horizontal sistem pemikul gaya seismik tingkat didekatnya.		
4	Ketidakteraturan Akibat Diskontinuitas Bidang pada Elemen Vertikal Pemikul Gaya Lateral didefinisikan ada jika pergeseran arah bidang elemen pemikul gaya lateral lebih besar dari panjang elemen itu atau terdapat reduksi kekakuan elemen pemikul di tingkat di bawahnya.	0 0 Tabel 16	B, C, D, E, dan F D, E, dan F D, E, dan F
5a	Ketidakteraturan Tingkat Lemah Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 80 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	0 Tabel 16	E dan F D, E, dan F
5b	Ketidakteraturan Tingkat Lemah Berlebihan Akibat Diskontinuitas pada Kekuatan Lateral Tingkat didefinisikan ada jika kekuatan lateral suatu tingkat kurang dari 65 % kekuatan lateral tingkat di atasnya. Kekuatan lateral tingkat adalah kekuatan total semua elemen pemikul seismik yang berbagi geser tingkat pada arah yang ditinjau.	0 0 Tabel 16	D, E, dan F B dan C D, E, dan F

SNI 1726:2019

2.8 Konsep Dasar Desain Struktur Beton

Secara umum, desain struktur suatu bangunan memiliki dua konsep desain, yaitu konsep desain struktur dengan beban gravitasi dan konsep desain struktur dengan beban gempa. Desain struktur harus direncanakan dengan baik agar bangunan yang dibangun dapat berfungsi dengan baik serta aman. Terdapat beberapa macam material yang dapat digunakan pada struktur bangunan, antara lain beton, baja, kayu, dan sebagainya. Pada perencanaan ini, digunakan struktur beton bertulang sebagai material konstruksi. Beton yang biasa diketahui adalah sebuah bahan penyusun struktur bangunan komposit yang terbuat dari kombinasi agregat, air, dan pengikat semen. Bentuk paling umum biasanya adalah beton semen Portland, yang terdiri dari campuran agregat mineral (biasanya kerikil atau batu pecah dan pasir), semen, dan air. Komponen struktur yang materialnya berupa beton bertulang antara lain adalah pelat, balok, kolom, sloof, pondasi, dan sebagainya.

2.4.1. Struktur Pelat

Pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus bidang struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton ini sangat kaku dan arahnya horizontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat akan berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal. Beban yang bekerja pada pelat umumnya diperhitungkan terhadap beban gravitasi (beban mati dan/atau beban hidup). Beban tersebut mengakibatkan terjadi momen lentur (seperti pada kasus balok). Pelat pada umumnya dikelompokkan menjadi 2 yaitu:

1. Pelat satu arah

Pelat satu arah merupakan elemen struktural yang dirancang untuk menahan beban secara dominan satu arah saja. Berikut syarat dan ketentuan yang harus dipenuhi untuk menggunakan pelat satu arah.

- a. Pelat ditumpu pada 2 sisi yang berlawanan, dan melendut dalam arah tegak lurus sisi tumpuan.
- b. Beban bekerja pada arah lendutan Pelat ditumpu pada 4 sisi namun memiliki rasio panjang sisi panjang terhadap sisi pendek (l_y/l_x) lebih dari 2.
- c. Pada kondisi ini sebagian besar beban ($> 95\%$) dipikul pada sisi pendek sebagai pelat 1 arah.

2. Pelat dua arah (*two-way-slab*)

Pelat dua arah merupakan elemen struktural yang dirancang untuk menahan beban dari dua arah. Berikut syarat dan ketentuan yang harus dipenuhi untuk menggunakan pelat dua arah.

- a. Pelat ditumpu pada ke 4 sisi tumpuan
- b. Beban bekerja pada arah lendutan Pelat ditumpu pada 4 sisi namun memiliki rasio panjang sisi panjang terhadap sisi pendek (l_y/l_x) kurang dari 2.

2.4.2. Strukur Balok

Komponen elemen lentur yang digunakan dalam konstruksi untuk menopang beban yang bekerja atau yang biasa kita kenal dengan balok adalah komponen struktur utama pada bangunan seperti gedung. Untuk memastikan keamanan dalam penggunaan balok, maka beberapa syarat harus diperhatikan. Hal-hal yang perlu diperhatikan saat mendesain komponen elemen lentur adalah sebagai berikut.

1. Tinggi Balok Minimum

2. Kekuatan Rencana
3. Desain Penampang Bertulang Tunggal
4. Desain Penampang Bertulang Rangkap
5. Tulangan Lentur Minimum Balok
6. Tulangan Transversal Balok
7. Kuat Geser Elemen lentur
8. Gaya Geser Desain Balok

2.4.3. Struktur Kolom

Komponen elemen lentur atau yang biasa disebut dengan kolom merupakan salah satu komponen struktur utama pada bangunan seperti Gedung. Untuk memastikan keamanan dalam penggunaan kolom, maka kolom didesain sesuai dengan peraturan peraturan yang berlaku. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain komponen kolom adalah sebagai berikut.

1. Penentuan Struktur Bergoyang atau Tidak Bergoyang
2. Pengaruh Kelangsingan Kolom pada Komponen Struktur Tekan
3. Prosedur Pembesaran Momen
4. Gaya Geser Desain Kolom
5. Tulangan Transversal Kolom
6. Kekuatan Geser Kolom

2.9 Diagram Interaksi

Diagram interaksi merupakan alat bantu yang sangat penting dalam perancangan struktur beton bertulang, khususnya pada elemen kolom. Diagram ini memberikan gambaran visual mengenai hubungan antara momen lentur (M) dan gaya aksial (P) yang dapat ditahan oleh suatu penampang kolom tertentu. Dengan kata lain, diagram interaksi menunjukkan kapasitas penampang kolom dalam menerima kombinasi beban lentur dan aksial. Parameter yang Mempengaruhi Diagram Interaksi:

1. Kekuatan beton (f_c')
2. Kekuatan tulangan (f_y)
3. Diameter tulangan
4. Jumlah dan distribusi tulangan
5. Dimensi penampang kolom
6. Rasio tulangan

2.10 Diafragma, balok kord dan balok kolektor

Komponen diafragma, balok chord, dan balok kolektor adalah elemen-elemen penting yang berperan dalam menahan gaya lateral, seperti gaya angin atau gempa, dan mendistribusikannya secara efektif ke seluruh struktur. Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.10

2.9.1. Diafragma

Diafragma adalah elemen struktural horizontal yang menyediakan kekakuan dan pengikatan lateral pada sebuah bangunan. Fungsinya mirip dengan lembaran bidang yang meratakan gaya lateral yang bekerja pada bangunan, seperti gaya angin atau gempa, dan mendistribusikannya ke seluruh struktur. Berdasarkan SNI 1726:2019 pasal 7.10.1, diafragma harus didesain untuk tegangan geser dan lentur yang dihasilkan dari gaya desain. Pada diskontinuitas diafragma, seperti bukaan dan sudut dalam, desain harus menjamin bahwa disipasi atau transfer gaya tepi (kord) terkombinasi dengan gaya lainnya dalam diafragma tidak boleh melebihi kapasitas geser dan tarik diafragma.

2.9.2. Balok Kord

Balok chord adalah elemen struktural horizontal yang bertanggung jawab untuk menahan dan menyalurkan gaya lateral ke balok kolektor dan fondasi bangunan. Mereka biasanya terletak di lantai atau atap bangunan dan berfungsi sebagai elemen utama dalam sistem penahan beban lateral. Balok chord bekerja sama dengan diafragma untuk menahan gaya lateral dan mencegah distorsi atau deformasi yang berlebihan pada bangunan selama kondisi beban lateral.

2.9.3. Balok Kolektor

Balok kolektor yang dapat dilihat pada Gambar 2.1 adalah elemen struktural vertikal yang berfungsi sebagai pengumpul gaya lateral dari balok chord dan mendistribusikannya secara merata ke seluruh struktur bangunan. Mereka terletak di dalam dinding pemisah atau di sekitar inti beton bertulang bangunan dan membantu menyalurkan gaya lateral ke fondasi bangunan. Balok kolektor memastikan bahwa gaya lateral yang bekerja pada bangunan didistribusikan dengan efisien, sehingga mengurangi risiko keruntuhan struktural saat terjadi beban lateral yang tinggi.



Gambar 2.1 Kolektor
(SNI 1726:2019)

2.11 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.8

Tabel 2.8 Penelitian Terhdahulu

No	Judul	Author	Tahun	Hasil Penelitian
1	Analisis Kinerja Struktur Pada Bangunan Bertingkat Beraturan Dan Ketidak Beraturan Horizontal Sesuai Sni 03-1726-2012	Hotma L Purba	2014	¹² Gedung tidak beraturan model A yaitu gedung dengan proyeksi sudut dalam 50% arahx dan 34% arahy mengalami simpangan dengan selisih +20,64% ke arahx dan +27,45% ke arahy jika dibandingkan dengan model gedung beraturan. Gedung tidak beraturan model B yaitu gedung dengan proyeksi sudut dalam 50% arahx dan 60% arahy mengalami simpangan dengan selisih +32,57% ke arahx dan +8,13% ke arahy jika dibandingkan dengan model gedung beraturan. Gedung tidak beraturan model C yaitu gedung dengan proyeksi sudut dalam 20% arahx dan 50% arahy mengalami simpangan dengan selisih +10,89% ke arahx dan +19,06% ke arahy jika dibandingkan dengan model gedung beraturan.
2	Pengaruh Struktur Bangunan Gedung Bertingkat Dengan Ketidakberaturan Horizontal Sudut Dalam Terhadap Percepatan Gempa Kota Kupang	Renny E. Parinang Partogi H. Simatupang Judi K. Nasjono	2023	⁹ Nilai perpindahan tingkat (story displacement) terbesar terjadi pada struktur gedung rasio ketidakberaturan sudut dalam sebesar 83,33 % dengan masing masing nilainya 273,207 mm arah x dan 277,079 mm arah y, sedangkan nilai nilai perpindahan terkecil terjadi pada struktur gedung rasio ketidakberaturan sudut dalam 0% dengan masing masing nilainya

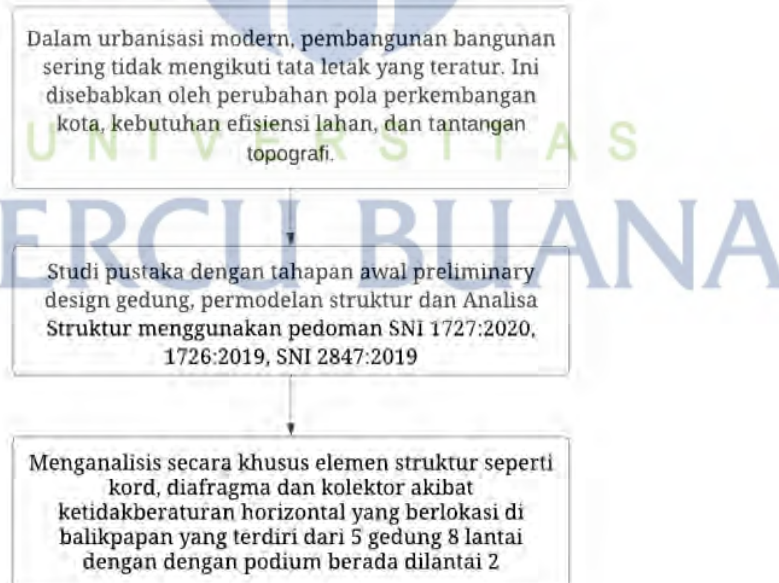
			188,0285 mm arah x dan 189,354 mm arah y. Nilai simpangan antar lantai (drift interstory) terbesar terjadi pada struktur gedung rasio ketidakberaturan sudut dalam 83,33 %, sedangkan nilai simpangan antar lantai terkecil terjadi pada struktur gedung rasio ketidakberaturan sudut dalam 0%. Semakin besar proyeksi sudut dalam pada arah x maupun y pada suatu struktur gedung maka semakin besar pula simpangan antar lantai yang terjadi, sebaliknya jika semakin kecil proyeksi sudut dalam pada arah x maupun y maka semakin kecil pula simpangan antar lantai yang terjadi pada setiap tingkatan lantainya.
3	8 Analisis Dinamik Respon Struktur Gedung Beraturan Dan Ketidakberaturan Horizontal	Ummi Khoirunnissa Rinawati Djakfar Yanuar Setiawan	2020 Simpangan (deflection) pada struktur gedung beraturan model A mengalami simpangan maksimum sebesar 6,355 mm arah-x dan 3,422 mm arah-y. Gedung tidak beraturan sudut dalam model B yaitu gedung dengan proyeksi sudut dalam 43% arah-x dan 33% arah-y mengalami simpangan maksimum sebesar 6,861 mm arah-x dan 3,84 mm arah-y dengan selisih +7,96% arah-x dan 12,22% arah-y jika dibandingkan dengan gedung beraturan model A. Gedung tidak beraturan sudut dalam model C yaitu gedung dengan proyeksi sudut dalam 50% arah-x dan 33% arah-y mengalami simpangan maksimum sebesar 7,439 mm arah-x dan 4,54 mm arah-y dengan selisih +17,05% Berdasarkan hasil analisa tersebut didapatkan bahwa semakin besar proyeksi sudut dalam pada suatu bangunan maka akan semakin besar

				simpangan yang terjadi pada bangunan tersebut.
4	Seismic Evaluation of Irregular Structures	Suchita Hirde Rahul Aher	2016	From the study it is observed that as the number of storey increases lateral load carrying capacity does not increases but corresponding displacement increases. The performance levels and location of plastic hinges are observed in all regular and plan irregular building models. It has been observed that on subsequent push to building, hinges started forming in beams first. I

2.12 Kerangka Berpikir

Kerangka berpikir adalah struktur konseptual yang digunakan untuk mengorganisir gagasan, informasi, dan langkah-langkah dalam menyelesaikan suatu masalah atau mencapai suatu tujuan. Kerangka berpikir membantu dalam merumuskan rencana kerja yang sistematis dan terarah. Kerangka berpikir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.

Gambar 2.2 Bagan Kerangka Berpikir



BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian adalah pendekatan sistematis dan terorganisir yang digunakan oleh peneliti untuk merencanakan, melaksanakan, dan menganalisis suatu penelitian. Peneliti menggunakan pengumpulan data berdasarkan data primer. Pengumpulan data menggunakan data primer berupa *layout* bangunan "The Green Condovilla"

Dari data-data yang dikumpulkan akan dihitung, yaitu hasil *layout* akan dimodelkan lalu di analisa untuk mengetahui secara spesifik pengaruh bentuk *layout* bangunan yang tidakberaturan. Dari hasil analisa tersebut dapat diambil kesimpulan dan dituangkan dalam *Detail Engineering Design*. Diagram alir penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penjelasan Diagram Alir Penelitian

1. Mulai

Tahap awal pada penyusunan tugas akhir ini yaitu kegiatan dimana didapatkan suatu ide penelitian yang diperoleh dari kondisi perkembangan desain yang disesuaikan dengan keterbatasan/ bentuk topografi lahan yang akan dibangun.

2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah proses mengidentifikasi atau mengenali permasalahan atau tantangan yang dihadapi dalam suatu situasi atau konteks tertentu. Hal tersebut sangat penting dilakukan sehingga dapat mengkaji permasalahan tersebut dengan efisien

3. Pengumpulan data

Pengumpulan data yaitu proses mengumpulkan informasi yang nantinya akan digunakan sebagai bahan penelitian. Data yang didapat dalam penelitian ini merupakan data primer yang artinya data didapat secara langsung melalui sumbernya.

4. Pembuatan Model Struktur

Pemodelan struktur merujuk pada proses pembuatan representasi visual atau konseptual dari struktur suatu sistem atau entitas. Hal ini melibatkan pembuatan model yang menggambarkan bagaimana komponen-komponen sistem tersebut saling terhubung dan berinteraksi. Pada tahap ini juga dilakukan *preliminary design* untuk setiap elemen struktur bangunan.

5. Pembebanan

Pada tahap ini, semua beban yang akan diterima oleh bangunan harus diperhitungkan. Sebelum *insert* beban kedalam pemodelan, harus ditentukan apakah beban yang digunakan merupakan beban distribusi (Contoh: 1 kN/m) atau beban merata (Contoh: 1 kN/m²).

6. Pengecekan Model

Pengecekan model harus dilakukan sebelum analisa struktur. Hal tersebut bertujuan untuk memastikan apakah model telah dibuat tepat dan akurat, sehingga hasil analisis yang diperoleh oleh *software* dapat diandalkan sesuai dengan kondisi nyata.

Berikut beberapa poin yang harus ditinjau pada tahap pengecekan model yaitu:

a. Pemeriksaan Modal Time Periode

Berdasarkan SNI 1726-2019 dikemukakan bahwa terdapat 2 macam metode analisis gempa berdasarkan respon spektra, yaitu CQC (Complete Quadratic Combination) untuk struktur dengan waktu getar alami yang berdekatan (selisih $<15\%$) dan SRSS (Square Root of the Sum of Squares) untuk struktur dengan waktu getar alami yang berjauhan

b. Pemeriksaan Jumlah Ragam

Dalam pedoman SNI 1726:2019 Pasal 7.9.1.1, analisis harus menyertakan jumlah ragam yang cukup untuk mendapatkan partisipasi massa ragam terkombinasi sebesar 100 % dari massa struktur.

c. Pemeriksaan Perbandingan Geser Dasar Statis dan Dinamis

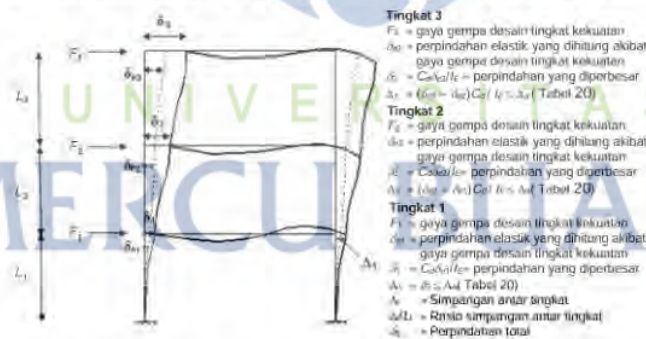
Dalam analisis respons spectra diketahui bahwa gaya geser dasar (*base shear*) dari hasil analisis *running* pada *software* SAP 2000® besarnya harus sama dengan 100% dari analisis respons dinamik ragam yang pertama.

d. Ketidakberaturan Vertikal dan Horizontal

Ketidakberaturan/irregularitas vertikal dilakukan analisis terhadap sumbu x dan sumbu y pada bangunan struktur Gedung. Ketidakberaturan horizontal dianalisis terhadap sumbu x pada bangunan struktur Gedung.

e. Simpangan Antarlantai

Berdasarkan SNI 03 1726:2012 pasal 7.8.6 penentuan simpangan antar tingkat desain (Δ) harus dihitung sebagai perbedaan simpangan pada pusat massa di atas dan di bawah tingkat yang ditinjau. Penentuan simpangan antar tingkat dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Penentuan Tingkat Antar Tingkat

Sumber: SNI 1726:2019

f. Pemeriksaan P Delta

Menurut SNI 1726 – 2019 Pengaruh P-delta pada geser tingkat dan momen, gaya dan momen elemen struktur yang dihasilkan, dan simpangan antar tingkat yang diakibatkannya tidak perlu diperhitungkan bila koefisien stabilitas (θ) seperti ditentukan oleh persamaan berikut sama dengan atau kurang dari persamaan (1)

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sc} C_d} \quad (1)$$

7. Analisa Struktur

Setelah memastikan model aman, maka tahap ini bertujuan untuk memahami perilaku, respons, dan kinerja suatu struktur terhadap beban-beban yang diberikan. Kekuatan struktur juga dicek pada tahap ini sehingga pada tahap analisa struktur, output yang dihasilkan berupa keamanan struktur dalam menahan beban searah gravitasi atau beban lateral. Dengan

8. Detail Engineering Desain

Setelah elemen struktur yang sudah dianalisa terhadap beban yang ada dikatakan sudah aman, pada tahap ini dilakukan perencanaan detail struktur lebih perinci dan spesifik seperti spesifikasi penulangan.

9. Selesai

Kegiatan ini adalah bagian akhir dari penelitian dimana semua masalah dapat dijawab dalam bentuk kesimpulan dan saran.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Data administrasi proyek adalah sebagai berikut:

Nama Proyek : The Green Condovilla

Lokasi : Jln. Duatan Baru Sakai, Sepinggan, Kecamatan Balikpapan Selatan, Kota Balikpapan.

Pemberi Tugas : PT Karya Bersama Anugerah

3.3 Peta Lokasi Proyek

Peta lokasi proyek *The Green Condovilla* dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Lokasi Proyek *The Green Condovilla*
Sumber: *Google Earth*

3.4 Data teknis

Berikut merupakan data teknis bangunan *The Green Condovilla*.

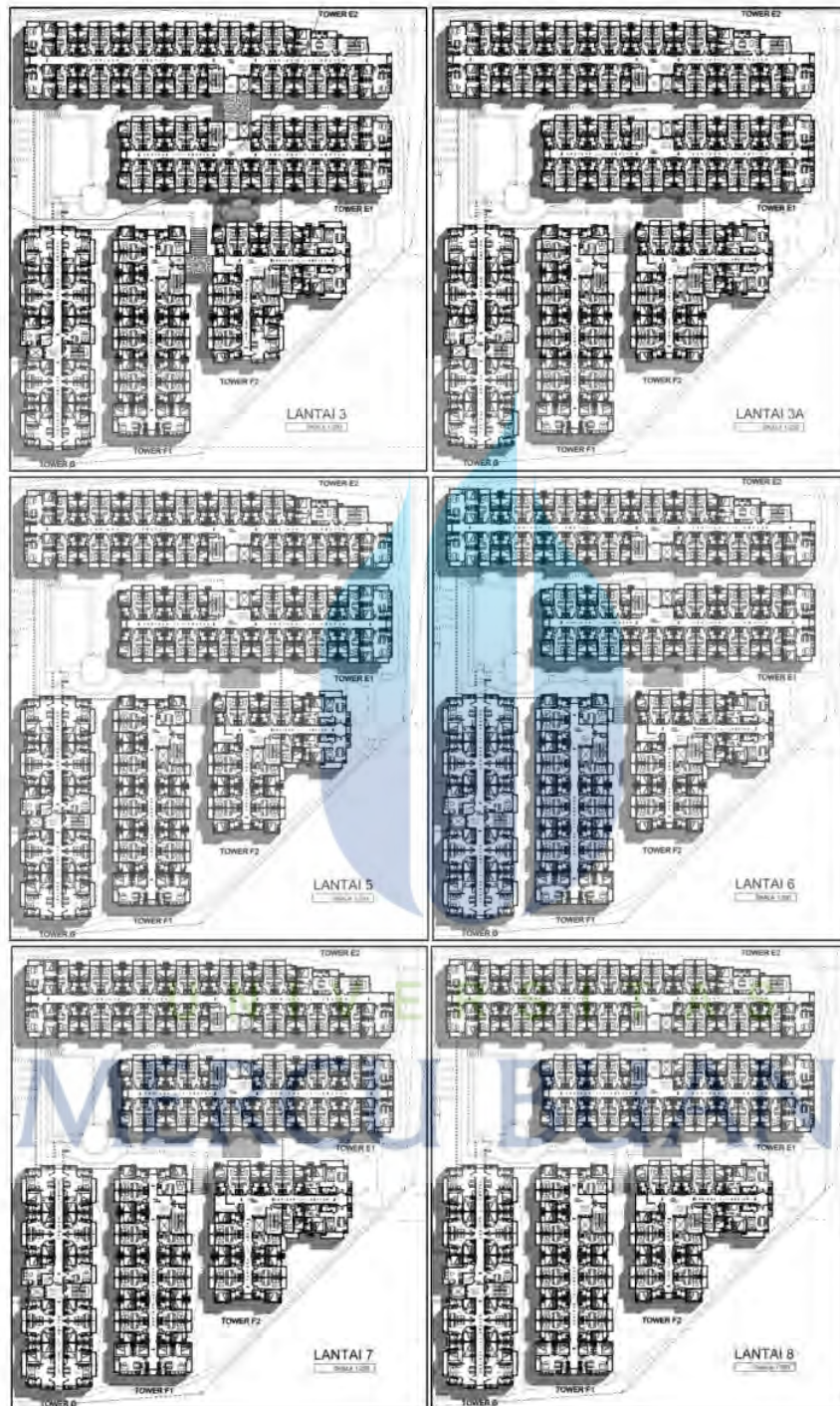
Model bangunan	: Ketidakberaturan horizontal
Luas tanah	: 31.295,65 m ²
Luas bangunan	: 17.948,83 m ²
Jumlah Gedung	: 5 Gedung
Jumlah lantai	: 1 lantai parkir
	1 Lantai Apartement dan Kolam renang
	6 Lantai Apartemen
	1 Lantai <i>Top Floor</i> (Roof Garden)
	1 Lantai <i>Roof Top</i>
Tinggi Bangunan	: + 31,50 m (<i>Roof Top</i>)

Mutu beton	: f'c 30
Mutu baja	: BjTS 420
Dimensi Elemen Balok	: Balok 3 (500 x 250) mm Balok 4 (500 x 250) mm Balok 5 (400 x 200) mm Balok 6 (400 x 200) mm
Dimensi Elemen Kolom	: Kolom 1 (500 x 500) mm Kolom 2 (600 x 300) mm Kolom 3 (500 x 300) mm Kolom 4 (400 x 250) mm
Tebal Pelat Lantai	: Pelat 1 (150 mm) Pelat 2 (120 mm) Pelat 3 (100 mm)

3.5 Layout Rencana Bangunan

Layout rencana bangunan *The Green Condovilla* yang terbagi atas 4 tower terdiri dari 5 gedung. Tower tersebut yaitu Tower E, tower F1, tower F2, dan tower G. Berikut layout dari masing masing tower dapat dilihat Gambar 3.4.





Gambar 3.4 Layout *The Green Condovilla*

3.6 Jadwal Penyusunan Tugas Akhir

Kegiatan ini akan direalisasikan pada bulan Maret 2024 sampai dengan Juni 2024. Jadwal penyusunan tugas akhir dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 *Time Line* Penyusunan Tugas Akhir

No	Uraian Kegiatan	Maret	April	Mei	Juni
1	Penyusunan Proposal Tugas Akhir				
	BAB I Pendahuluan				
	BAB II Tinjauan Pustaka				
	BAB III Metodologi Penelitian				
2	Seminar Proposal Tugas Akhir				
3	Revisi Seminar Proposal				
4	Penyusunan BAB IV				
	Pembuatan Model Struktur				
	Analisa Struktur				
	Detail Engineering Design				
5	Penyusunan BAB V				
6	Penyerahan Naskah				
7	Sidang Tugas Akhir				
8	Revisi Hasil Sidang				

BAB IV PEMBAHASAN

4.1 Preliminary Design

Preliminary Design merupakan langkah awal dalam perancangan struktur bangunan, di mana konsep dan rencana dasar dari struktur tersebut dikembangkan. Berikut merupakan *preliminary design* pada proyek *The Green Condovilla*.

Elemen Sloof

Mutu beton	: f'c 30
Mutu baja	: BjTS 420
Dimensi	:
Sloof s1	: 300 x 700
Sloof s2	: 300 x 500
Sloof s3	: 200 x 400

Elemen Kolom

Mutu beton	: f'c 30
Mutu tulangan	: BjTS 420
Dimensi	:
Kolom K1	: 500 x 500 mm
Kolom K2	: 300 x 600 mm
Kolom K3	: 300 x 500 mm
Kolom K4	: 250 x 400 mm
Kolom K5	: 200 x 400 mm

Elemen Balok

Mutu beton	: f'c 30
Mutu baja	: BjTS 420
Dimensi	:
Balok B3	: 250 x 500 mm
Balok B4	: 250 x 500 mm
Balok B5	: 200 x 400 mm
Balok B6	: 200 x 400 mm
Balok Bk.1	: 250 x 500 mm
Balok Bk.2	: 250 x 500 mm
Balok Bk.3	: 200 x 500 mm
Balok BL	: 150 x 500 mm

4.2 Pembebanan

Berdasarkan SNI 1727:2020 terdapat beberapa beban yang harus diinput yaitu:

1) Beban mati

Beban mati langsung diinput sebagai model dan dihitung secara otomatis dengan *software* SAP2000®. Elemen balok, kolom dan plat merupakan beban mati yang langsung di *Input* kedalam *software* sebagai model.

2) Beban mati tambahan

a) Beban area

Beban area untuk beban mati tambahan dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Beban mati tambahan / Super Dead Load (SDL)

Jenis Beban	Beban (kN/m ²)
Pasir tebal 0.5 cm	0,16
Spesi 3 cm	0,66
Keramik 1 cm	0,24
Plafon dan rangka plafon	0,20
Berat Instalasi ME	0,25
Total beban mati tambahan pada lantai	1,51
Waterproofing	0,28
Plafon dan rangka plafon	0,20
Berat Instalasi ME	0,25
Total beban mati tambahan pada lantai atap	

b) Beban Distribusi

Beban distribusi untuk beban mati tambahan dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 *Beban mati tambahan / Super Dead Load (SDL) lanjutan*

Beban dinding	
Material	Hebel
Beban hebel (t = 10 cm)	0,935 kN/m ²
tinggi dinding	3,5 m
Beban mati tambahan pada balok lantai	$3,5 \times 0,935 = 3,2725 \text{ kN/m}$
Beban dinding parapet	
Material	Hebel
Beban hebel (t = 10 cm)	0,935 kN/m ²
Tinggi parapet	0,9 m
Beban mati tambahan pada balok lantai di daerah khusus	$0,9 \times 0,935 = 0,8415 \text{ kN/m}$

3) Beban Hidup

- a) Koridor ruang public $= 4,79 \text{ kN / m}^2$
- b) Loteng yang dapat dihuni dan ruang tidur $= 1,44 \text{ kN / m}^2$
- c) Balkon dan dek $= 1,5 \times 1,44 = 2,16 \text{ Kn / m}^2$

4) Beban Lift

Beban lift yang digunakan diambil dari spesifikasi lift yang merupakan produk VOLKSHIFT®. Beban lift yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.1.

Load Number	Speed Gear/rev	Car size			Door opening			Shaft size					Max. floor Area m ² /m ²	Max. trav. Height Max. Travel m	Lift height m		
		Apartment			Lobby/Tram			Schacht									
		1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	7th	8th	9th	10th						
kg	rpm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm		
450	0.63	1150	1100	2500	700	2100	1650	1750	4250	1400	11	30	2500	20	60		
	4300								1400	20	60						
	4300								1400	20	60						
630	1.5	1400	1100	2500	800	2100	1850	1750	4500	1500	24	72	2500	30	90		
	4550								1500	30	90						
	4300								1400	20	60						
800	1.5	1400	1350	2500	900	2100	1960	2000	4500	1500	24	72	2500	30	90		
	1.75								4550	1500	30	90					
	2								4750	1750	40	120					
	2.5								2000	2050	5100	1900				40	130
	3								4300	1400	20	60					
1000	1.5	1600	1400	2500	900	2100	2050	2050	4500	1500	24	72	2500	30	90		
	1.75								4550	1500	30	90					
	2								4750	1750	40	120					
	2.5								5100	1900	40	130					
	3								4600	1650	24	72					
1150	1.5	2000	1350	2500	1100	2100	2350	2050	4450	1550	20	60	2500	30	90		
	1.75								4600	1650	30	90					
	2								4900	1750	40	120					
	2.5								5100	1950	40	130					
	3								4450	1550	20	60					
1350	1.5	2000	1500	2500	1100	2100	2550	2200	4650	1650	30	90	2500	30	90		
	1.75								4600	1650	24	72					
	2								4900	1750	40	120					
	2.5								5100	1950	40	130					
	3								4450	1550	20	60					
1600	1.5	2000	1700	2500	1100	2100	2550	2400	4600	1650	24	72	2500	30	90		
	1.75								4650	1650	30	90					
	2								4900	1750	40	120					
	2.5								5100	1950	40	130					
	3								4450	1550	20	60					

Gambar 4.1 Spesifikasi Lift VOLKSLIFT

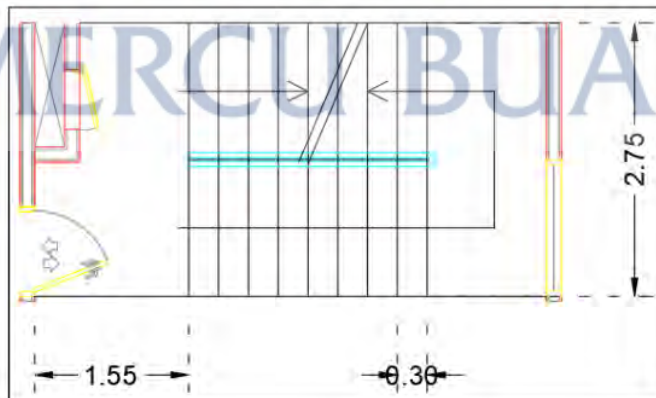
Dengan spesifikasi lift sebagai berikut:

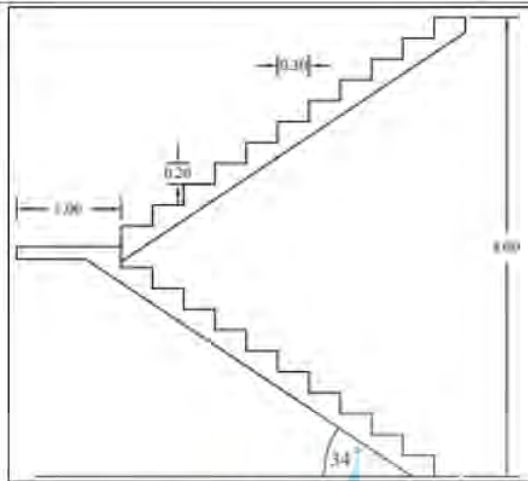
Shaft size = 2050 mm < 2500 mm

Dead Load = 1000 kg = 9.8067 kN

5) Beban tangga

Berikut merupakan denah dari tangga pada bangunan *Condovilla Superblock* yang dapat dilihat Gambar 4.2 . Penginputan beban tangga dilakukan dengan membuat model tangga secara terpisah dari model Gedung. Dengan menginputkan beban





Gambar 4.2 Denah Tangga

a) Data – data perencanaan tangga

Tinggi Tangga = 350 cm

Tebal plat tangga = 15 cm

Tebal bordes tangga = 15 cm

Lebar datar = 240 cm

Lebar tangga rencana = 137,5 cm

Dimensi bordes = 155 x 275 cm

Dimensi balok bordes = 20 x 30 cm

Lebar antrade = 30 cm

Jumlah antrade = 2 x (lebar datar/lebar antrade)

$$= 2 \times (240/30) = 16$$

Jumlah Optrade = Jumlah antrade + 1

$$= 16 + 1 = 17 \text{ buah}$$

Tinggi Optrade = $\frac{(\text{Tinggi tangga} - \text{Tebal plat bordes})}{\text{Jumlah oprtrade}}$

$$= \frac{350 \text{ cm} - 15 \text{ cm}}{17}$$

$$= 19,705 \sim 20 \text{ cm}$$

α = Arc.tg (tinggi oprtrade / lebar antrade)

$$= \text{Arc.tg} \left(\frac{20}{30} \right)$$

$$= 33,690 < 35 \text{ (OK)}$$

b) Perhitungan Tebal pelat

$$AB = 20 \text{ cm}$$

$$BC = 30 \text{ cm}$$

$$\text{Tebal plat tangga (ht)} = 15 \text{ cm}$$

$$\frac{BD}{AB} = \frac{BC}{AC}$$

$$BD = \frac{BC \times AB}{AC} = \frac{30 \times 20}{\sqrt{20^2 + 30^2}}$$

$$BD = 16,641 \text{ cm}$$

$$T_{eq} = \frac{2}{3} \times BD = \frac{2}{3} \times 16,641 = 11,094 \text{ cm}$$

Sehingga total equivalent plat tangga

$$Y = T_{eq} + ht$$

$$Y = 11,094 + 15 = 26,094 \text{ cm} = 0,26094 \text{ m}$$

c) Perhitungan pembebanan tangga

$$\text{Lebar tangga} = 1.375 \text{ m}$$

$$\text{Lebar anak tangga (Antrede)} = 0.3 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi anak tangga (Optrede)} = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah anak tangga} = 10 \text{ bh}$$

$$\text{Tinggi bordes} = 1.75 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bordes} = 2.75 \text{ m}$$

$$\text{Panjang bawah plat tangga} = 2.4 \text{ m}$$

$$\text{Panjang miring plat tangga} = 2.97 \text{ m}$$

$$\text{Beban hidup pada anak tangga dan bordes} = 4.97 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pasangan Bata} = 1.72 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pasangan Spesi} = 1.06 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pasangan Keramik} = 0.40 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban mati tambahan pada anak tangga} = 3.18 \text{ kN/m}^2$$

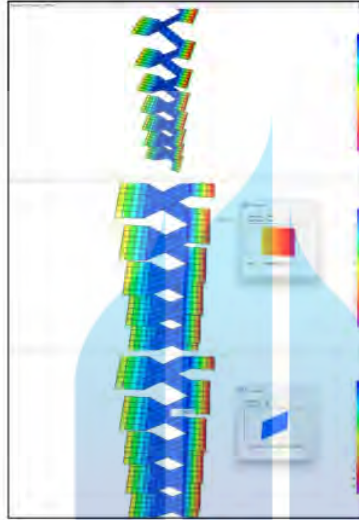
$$\text{Pasangan Spesi} = 0.63 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Pasangan Keramik} = 0.24 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Beban mati tambahan pada bordes} = 0.87 \text{ kN/m}^2$$

Desain tulangan arah memanjang/ transversal dengan menggunakan data momen searah sumbu X di daerah lapangan dan tumpuan yang dikeluarkan oleh *software* SAP2000®. Data tersebut dapat dilihat pada

Gambar 4.3 . Desain tulangan arah melintang/tulangan utama dengan menggunakan data momen searah sumbu Y di daerah lapangan dan tumpuan yang dikeluarkan oleh *software* SAP2000®. Besarnya momen pada daerah tumpuan dan lapangan dapat dilihat pada **Error! Reference source not found..**



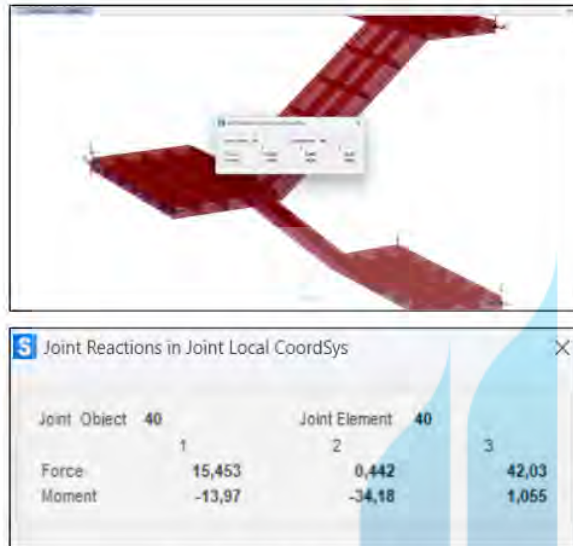
Gambar 4.3 Output momen searah sumbu x menggunakan Software SAP2000®



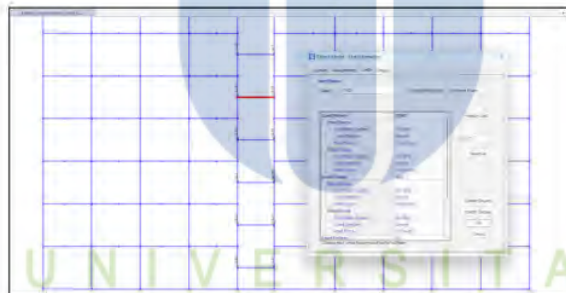
Gambar 4.4 Output momen searah sumbu y menggunakan Software SAP2000®

Tampilkan output gaya dalam pada setiap joint balok bordes seperti pada Gambar 4.5, lalu input kedalam model bangunan dan tambahkan balok bordes seperti pada Gambar 4.6. Reaksi join dari SAP2000® untuk setiap lantai dapat dilihat pada

Tabel 4.3.



Gambar 4.5 Reaksi Gaya dalam pada joint balok bordes



Gambar 4.6 Input reaksi gaya dalam akibat D, SDL dan LIVE LOAD

Tabel 4.3 Output joint reaction dari SAP2000®

Reaksi join				
	Frame	Dead	SDL	LIVE
Lantai 1	871	11.007	4.201	12.848
	883	18.903	9.456	23.82
Bordes	40	11.863	4.549	13.96
	54	12.193	4.828	14.427

Lantai 2	84	18.533	9.154	23.353
	99	18.84	9.415	23.788
Bordes	135	12.26	4.88	14.522
	149	12.367	4.972	14.674
Lantai 3	179	18.936	9.498	23.925
	194	19.051	9.596	24.087
Bordes	230	12.386	4.988	14.7
	244	12.425	5.021	14.755
Lantai 4	274	19.085	9.625	24.136
	289	19.123	9.657	24.19
Bordes	325	12.431	5.026	14.764
	339	12.441	5.034	14.778
Lantai 5	369	19.132	9.665	24.202
	384	19.132	9.665	24.202
Bordes	420	12.441	5.034	14.778
	434	12.431	5.026	14.764
Lantai 6	464	19.123	9.657	24.19
	479	19.085	9.625	24.136
Bordes	515	12.425	5.021	14.755
	529	12.386	4.988	14.7
Lantai 7	559	19.051	9.596	24.087
	574	18.936	9.498	23.925
Bordes	610	12.367	4.972	14.674
	624	12.26	4.88	14.522
Lantai 8	654	18.84	9.415	23.788
	669	18.533	9.154	23.353
Bordes	705	12.193	4.828	14.427
	719	11.863	4.549	13.96
Lantai 9	749	18.903	9.456	23.82
	764	11.007	4.201	12.848

4.3 Pengecekan Model

4.3.1 Periode Fundamental pendekatan (SNI 1726:2019)

Berdasarkan SNI 1726:2019 Pasal 7.8.2.1, untuk mendapatkan periode fundamental pendekatan, maka digunakan persamaan berikut

$$T_a = C_t h_n^x$$

Keterangan:

T_a = Periode fundamental pendekatan

h_n = ketinggian struktur, diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur (m)

Tabel 4.4 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 disyarkan 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 tekut	0,0731	0,75
Semua sistem struktur lainnya	0,0488	0,75

Dengan Tipe struktur rangka beton pemikul momen dan tinggi total bangunan 31,5 m, maka dengan menggunakan persamaan didapat:

$$T_a = C_t h_n^x = (0,0466)(31,5^{0,9}) = 1,03959 \text{ detik}$$

$$T_a = 0,1 \times N = 0,9 = 0,9 \text{ detik}$$

PENGECUALIAN Sebagai alternatif, analisis diizinkan untuk memasukkan jumlah ragam yang minimum untuk mencapai massa ragam terkombinasi paling sedikit 90 % dari massa aktual dalam masing-masing arah horizontal ortogonal dari respons yang ditinjau oleh model. Sehingga dinaikkan modalnya dari 12 mode menjadi 50 mode untuk mencapai massa ragam terkombinasi minimum 90%.

OutputCase	StepType Text	StepNum	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless
MODAL	Mode	1	2.332908	0.0643	0.01577	3.112E-07	0.0643	0.01577	3.112E-07	0.00114
MODAL	Mode	2	2.274909	1.28E-05	0.87638	1.156E-06	0.06431	0.89214	1.488E-06	0.04534
MODAL	Mode	3	2.181983	0.64129	0.00187	7.336E-07	0.7056	0.69401	2.201E-06	0.00015
MODAL	Mode	4	0.708993	0.01709	0.00659	1.066E-07	0.72269	0.70061	2.31E-06	0.00278
MODAL	Mode	5	0.76399	0.00129	0.09106	1.192E-07	0.72398	0.79167	2.429E-06	0.0382
MODAL	Mode	6	0.727278	0.0782	4.35E-07	3.395E-07	0.80218	0.79167	2.769E-06	1.179E-07
MODAL	Mode	7	0.469054	0.00854	0.00522	3.384E-07	0.81071	0.79699	3.107E-06	0.0007
MODAL	Mode	8	0.44715	0.00297	0.03054	7.954E-07	0.81369	0.82743	3.902E-06	0.0043
MODAL	Mode	9	0.413207	0.02396	0.00035	1.767E-06	0.83765	0.82778	5.67E-06	7.623E-05
MODAL	Mode	10	0.334998	0.0007	0.01238	4.347E-06	0.83805	0.84018	5.713E-06	0.00367
MODAL	Mode	11	0.322068	0.0065	0.00123	9.938E-07	0.845	0.84139	6.707E-06	0.00041
MODAL	Mode	12	0.284031	0.0123	1.858E-05	9.406E-05	0.8573	0.84141	0.0001	2.289E-05

Gambar 4.7 Output Modal Participing Mass Ratios

Periode (T_a) = 2.33 detik

4.3.2 Pemeriksaan Jumlah Ragam

OutputCase	StepType Text	StepNum	Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless
MODAL	Mode	1	2.332908	0.0643	0.01577	3.112E-07	0.0643	0.01577	3.112E-07	0.00114
MODAL	Mode	2	2.274909	1.28E-05	0.87638	1.156E-06	0.06431	0.89214	1.488E-06	0.04534
MODAL	Mode	3	2.181983	0.64129	0.00187	7.336E-07	0.7056	0.69401	2.201E-06	0.00015
MODAL	Mode	4	0.708993	0.01709	0.00659	1.066E-07	0.72269	0.70061	2.31E-06	0.00278
MODAL	Mode	5	0.76399	0.00129	0.09106	1.192E-07	0.72398	0.79167	2.429E-06	0.0382
MODAL	Mode	6	0.727278	0.0782	4.35E-07	3.395E-07	0.80218	0.79167	2.769E-06	1.179E-07
MODAL	Mode	7	0.469054	0.00854	0.00522	3.384E-07	0.81071	0.79699	3.107E-06	0.0007
MODAL	Mode	8	0.44715	0.00297	0.03054	7.954E-07	0.81369	0.82743	3.902E-06	0.0043
MODAL	Mode	9	0.413207	0.02396	0.00035	1.767E-06	0.83765	0.82778	5.67E-06	7.623E-05
MODAL	Mode	10	0.334998	0.0007	0.01238	4.347E-06	0.83805	0.84018	5.713E-06	0.00367
MODAL	Mode	11	0.322068	0.0065	0.00123	9.938E-07	0.845	0.84139	6.707E-06	0.00041
MODAL	Mode	12	0.284031	0.0123	1.858E-05	9.406E-05	0.8573	0.84141	0.0001	2.289E-05

Gambar 4.8 OutputPartisipasi massa dari SAP2000®

Maka didapatkan data sebagai berikut:

$$\text{SumUx} = 0.88957 = 85.73\% \leq 90\% \text{ (Not Ok)}$$

$$\text{SumUy} = 0.88967 = 84.14\% \leq 90\% \text{ (Not Ok)}$$

Berdasarkan data yang didapat pada Gambar 4.8, maka jumlah mode ditingkatkan seperti pada Gambar 4.9 menjadi 1000 modes sehingga didapat hasilnya seperti pada Gambar 4.10.



Gambar 4.9 Penambahan Number of Modes

OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX
			Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	987	0.116342	8.444E-07	1.121E-09	2.187E-05	0.88952	0.88967	0.73606	6.709E-07
MODAL	Mode	988	0.11033	8.637E-08	8.602E-05	1.802E-05	0.88952	0.88967	0.73607	4.257E-05
MODAL	Mode	989	0.110322	2.677E-00	2.2E-07	1.127E-05	0.88952	0.88967	0.73609	8.766E-05
MODAL	Mode	990	0.110258	2.456E-06	1.876E-07	5.922E-05	0.88952	0.88967	0.73614	1.895E-05
MODAL	Mode	991	0.110296	1.062E-06	1.78E-08	2.662E-05	0.88952	0.88967	0.73617	4.148E-05
MODAL	Mode	992	0.110288	2.81E-06	3.441E-08	3.94E-05	0.88953	0.88967	0.73621	4.78E-05
MODAL	Mode	993	0.110216	1.75E-06	9.743E-08	2.197E-05	0.88953	0.88967	0.73623	7.595E-06
MODAL	Mode	994	0.110155	1.566E-05	2.627E-06	1.884E-05	0.88954	0.88967	0.73625	2.762E-06
MODAL	Mode	995	0.110196	5.861E-07	3.188E-09	8.098E-05	0.88954	0.88967	0.73633	0.00017
MODAL	Mode	996	0.110054	1.297E-14	1.157E-16	1.597E-05	0.88954	0.88967	0.73635	1.383E-05
MODAL	Mode	997	0.109986	7.132E-07	3.283E-08	0.00019	0.88954	0.88967	0.73654	0.00035
MODAL	Mode	998	0.109977	2.279E-07	2.075E-09	6.648E-05	0.88954	0.88967	0.73661	0.00035
MODAL	Mode	999	0.109915	2.303E-05	8.959E-07	3.683E-07	0.88957	0.88967	0.73661	1.159E-06
MODAL	Mode	1000	0.10989	2.239E-06	4.38E-08	1.073E-05	0.88957	0.88967	0.73662	1.733E-05

Gambar 4.10 Output Partisipasi massa dari SAP2000® mode 1000

Maka didapatkan data sebagai berikut:

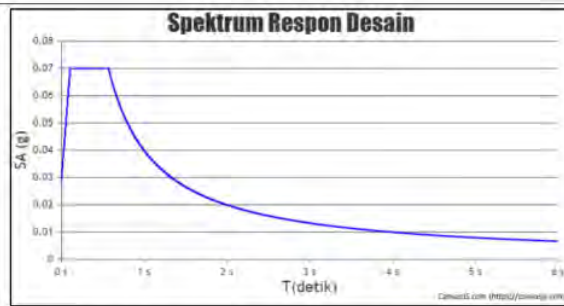
$$\text{SumUx} = 0.88957 = 88.957\% \leq 90\% (Ok)$$

$$\text{SumUy} = 0.88967 = 88.967\% \leq 90\% (Ok)$$

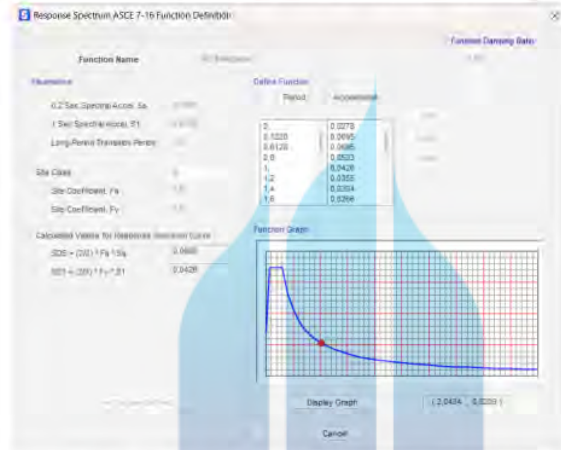
4.3.3 Pemeriksaan Perbandingan Geser Dasar Statis dan Dinamis

Geser Dasar Dinamis

Geser dasar Dinamis menggunakan data Desain Spektra Indonesia seperti pada Gambar 4.11. Data tersebut selanjutnya diinput kedalam SAP2000® sehingga dapat dilihat seperti Tabel 4.28.



Gambar 4.11 Spektrum Reson Desain daerah Balikpapan



Gambar 4.12 Hasil Input data respon spektrum di SAP2000

Parameter Percepatan Gempa (S_s dan S_1)

SS MCER = 0,1159 g

S1 MCER = 0,0799 g

TL = 16 detik

T0 = 0,11 detik

Ts = 0,57 detik

Sds = 0,07 g

Sd1 = 0,04 g

Koefisien Situs & Parameter Respon (MCER)

Koefisien situs didapat dengan menggunakan SNI 1726 : 2019 seperti pada ⁵Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5 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					
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,25$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s = 1,25$	$S_s \geq 1,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
SC	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,2
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0	1,0
SE	2,4	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8
SF	$SS^{(a)}$					

SNI 1726 : 2019

Tabel 4.6 Koefisien situs, F_v

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

SNI 1726 : 2019

Kelas situs = SB (dari Gambar 4.11)

 $F_a = 0,9$ (dari Tabel 4.5) $F_v = 0,8$ (dari Tabel 4.6)

$$S_{MS} = F_a \times S_s = (0,9) * (0,1159) = 0,104 \text{ g}$$

$$S_{M1} = F_v \times S_1 = (0,8) * (0,1159) = 0,064 \text{ g}$$

$$S_{DS} = \left(\frac{2}{3}\right) S_{MS} = \left(\frac{2}{3}\right) * 0,104 = 0,06954 \text{ g}$$

$$S_{D1} = \left(\frac{2}{3}\right) S_{M1} = \left(\frac{2}{3}\right) * 0,064 = 0,043 \text{ g}$$

$$T_0 = 0,2 \left(\frac{S_{D1}}{S_{DS}}\right) = 0,2 * \left(\frac{0,043}{0,06954}\right) = 0,123 \text{ s}$$

$$T_s = \left(\frac{S_{D1}}{S_{DS}}\right) = \left(\frac{0,043}{0,06954}\right) = 0,613 \text{ s}$$

Gaya Geser Statis

Geser dasar seismik

Perhitungan koefisien respons seismik (SNI 1726 : 2019 Pasal 7.8.1.1)

$$S_{D1} = 0,043 \text{ g}$$

$$S_{DS} = 0,06954 \text{ g}$$

$$R = 5$$

$$C_d = 4,5$$

$$I_e = 1$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{R/I_e}$$

$$= \frac{0,06954}{5/1} = 0,0139$$

$$C_s > 0,044 * S_{DS} * I_e$$

$$0,0139 > 0,044 * 0,06954 * 1$$

$$0,0139 > 0,00306 \text{ (OK)}$$

$$W_{total} = 156216,89 \text{ kN}$$

Perhitungan Distribusi Vertikal Gaya seismik pada lantai 2

$$\text{Bagian berat seismik efektif total struktur, } W_{lantai\ 2} = 18315,52 \text{ kN}$$

$$\text{Tinggi dari dasar sampai tingkat, } h_{lantai\ 2} = 3,5 \text{ m}$$

$$k = 1,6294 \text{ (hasil interpolasi)}$$

$$h^k = 3,5^{1,6294} = 7,7 \text{ m}$$

$$W * h^k = 18315,52 * 7,7 = 141033,99 \text{ kNm}$$

$$\sum_{i=1}^n w_i h_i^k = 13517447 \text{ kNm}$$

$$h_{total} = 31,5 \text{ m}$$

$$V = C_s W_{total}$$

$$= (0,0139) * (156216,89) = 2172,66 \text{ kN}$$

$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum_{i=1}^n w_i h_i^k}$$

$$C_{v2} = \frac{(18315,52) * (7,7)}{13517447} = 0,01043$$

$$F_x = C_{vx} V$$

$$F_2 = (0,01043) * (2172,66) = 22,6684 \text{ kN}$$

Untuk perhitungan distribusi Vertikal Gaya Seismik selain lantai 2 dapat dilihat dari pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Perhitungan Distribusi Vertikal Gaya Seismik

Lantai	W _x (kN)	h _x (m)	k	h ^k	W* _h k	H _{total} l	C _v x	V	F _x (kn)
Roof Top	1027.40	31.5	1.629	276	283848	31.5	0.0209	2172.6	45.623
Lantai 9	16647	28	1.629	228	379625	31.5	0.2808	2172.6	610.17
Lantai 8	15620	24.5	1.629	183	286548	31.5	0.2119	2172.6	460.57
Lantai 7	16444	21	1.629	142	234657	31.5	0.1735	2172.6	377.16
Lantai 6	15840	17.5	1.629	106	167943	31.5	0.1242	2172.6	269.93
Lantai 5	16444	14	1.629	74	121202	31.5	0.0896	2172.6	194.80
Lantai 4	16938	10.5	1.629	46	781263	31.5	0.0577	2172.6	125.57
Lantai 3	17274	7	1.629	24	411528	31.5	0.0304	2172.6	66.145
Lantai 2	18315	3.5	1.629	8	141033	31.5	0.0104	2172.6	22.668
Lantai 1	22088	0	1.629	0	0	31.5	0	2172.6	0
Total	156640			812	1351744		1		2172

Untuk gaya geser statis menggunakan ASCE 7-16 seperti pada Tabel 4.15 dengan menginput data yang telah diperhitungkan.



Gambar 4.13 Input Seismic Load Pattern

Perbandingan besarnya gaya geser statis dan dinamis dapat dilihat dengan bantuan *software* SAP2000® yang dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Output Case	Case Type	Step Type	Global FX KN	Global FY KN	Global FZ KN	Global MX KN-m	Global MY KN-m	Global MZ KN-m	Global RX m	Global RY m	Global RZ m
Base	LinStatic		-699,832	-2,297E-07	0,285-08	4,577E-08	-15111,5316	33361,8551	0	0	0
Eaxy	LinStatic		-4,453E-08	489,832	-2,851E-08	15111,5321	-8,648E-07	-35727,8227	0	0	0
Eaxd	LinRespSpec	Max	88,04	10,823	0,562	152,7325	1520,3895	3587,9682	0	0	0
Eayd	LinRespSpec	Max	10,823	100,035	0,154	1535,2938	133,8804	4536,8841	0	0	0

Gambar 4.14 Base Reaction / Gaya geser dasar

Sehingga didapatkan informasi seperti pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Gaya dasar dinamik dan statik

	Global FX (Kn)	Global FY (Kn)
Earthquake Static X	-699,832	-1,829E-07
Earthquake Static Y	9,102E-09	-699,832
Earthquake Dinamic X	98,04	10,823
Earthquake Dinamic Y	10,823	100,035

Base shear static = Base shear dynamic

Maka dihitung selisih antara statik dan dinamik

$$\text{Ratio} = \frac{\text{The Biggest Earthquake}}{\text{The Smallest Earthquake}}$$

$$\text{Ratio X} = \frac{699,832}{98,04} = 7,138$$

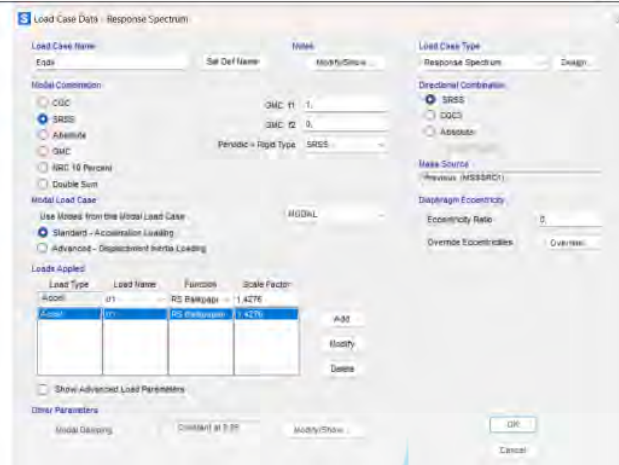
$$\text{Ratio Y} = \frac{699,832}{100,035} = 6,9958$$

$$\text{Factor} = \frac{\text{Faktor Keutamaan Gempa}}{\text{Koefisien Modifikasi Respon, } R_a} \times \text{Ratio X atau Y}$$

$$\text{Factor X} = \frac{1}{5} \times 7,138 = 1,4276$$

$$\text{Factor Y} = \frac{1}{5} \times 6,9958 = 1,39916$$

Setelah diperhitungkan *ratio*nya ,input *ratio* ke *software* seperti pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Load Case Response Spectrum

Sehingga hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.16 dimana *Base shear static* = *Base shear dynamic*

Getset/Case	Case Type	Step Type	Global X KN	Global Y KN	Global Z KN	Global MX KN-m	Global MY KN-m	Global MZ KN-m	Global RX m	Global RY m	Global RZ m
Static	Static		-898.832	-1.829E-07	75.49	3.561E-08	-1811.5318	3081.8548	0	0	0
Dynamic	Dynamic		9.162E-09	-486.832	-3.462E-08	1511.5317	-6.886E-07	-28727.6188	0	0	0
Static	Unfused/Spec	Max	998.832	77.258	4.81	947.4729	12984.4241	24025.5588	0	0	0
Dynamic	Unfused/Spec	Max	75.716	-898.832	1.078	12829.5148	938.4721	32788.8232	0	0	0

Gambar 4.16 Base Reaction Gempa Statik dan Dinamik

4.3.4 Ketidakberaturan Vertikal dan Horizontal

1) Ketidakberaturan Horizontal

a) Ketidakberaturan Torsi

Contoh perhitungan Lantai 1 Arah X

$$\text{Cek Ketidakberaturan Torsi Lantai 10} = \frac{\delta_{\max}}{\delta_{\text{avg}}} = \frac{5,787}{4,462} = 1,3 \leq 1,4$$

Disimpulkan berdasarkan Tabel 4.9 bahwa torsi lantai 10 mengalami ketidakberaturan torsi (1.a)

Tabel 4.9 Ketidakberaturan Torsi

Lantai	Arah X				Arah Y			
	$\Delta_{\max}$ (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{\max}/\Delta_a$ vg	Cek	$\Delta_{\max}$ (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{\max}/\Delta_a$ vg	Cek
Roof	5.787	4.46	1.30	H.1a	5.177	4.46	1.16	OK
9	6.309	3.98	1.59	H.1b	5.477	3.86	1.42	H.1b
8	5.815	3.67	1.58	H.1b	5.061	3.59	1.41	H.1b
7	5.198	3.30	1.57	H.1b	4.545	3.23	1.41	H.1b
6	4.426	2.83	1.56	H.1b	3.888	2.76	1.41	H.1b
5	3.521	2.27	1.55	H.1b	3.107	2.20	1.41	H.1b
4	2.571	1.67	1.54	H.1b	2.279	1.61	1.42	H.1b
3	1.553	1.04	1.49	H.1b	1.379	0.97	1.42	H.1b
2	0.546	0.40	1.35	H.1a	0.498	0.37	1.35	H.1a
1	0	0.00			0	0		

b) Ketidakberaturan Sudut Dalam

Ketidakberaturan sudut dalam di *check* dan hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 *Checking* Ketidakberaturan Sudut Dalam

Lantai	Lx m	Px m	Ly m	Py m	Lx/Px m	Ly/Py m	Besar sudut dalam		Cek
							Selisih X	Selisih Y	
Roof	64	2,7	1215	1950	2370,37%	6,2307	2270%	523%	H.2
	4800	4800	1215	1215	100,00%	1	0%	0%	OK
	0	0	0	0					
	2445	1230	2437	1207	198,78%	2,0186	99%	102%	H.2
	0	0	5	5		3			
	1215	1215	3600	3600	100,00%	1	0%	0%	OK
	0	0	0	0					
	1100	1100	4000	4000	100,00%	1	0%	0%	OK
	0	0	0	0					

8	6400 0	2700	1215 0	1950	2370.37 %	6.2307 6	2270%	523%	H.2
	4800 0	4800 0	1215 0	1215 0	100.00%	1	0%	0%	OK
	2445 0	1230 0	2437 5	1207 5	198.78%	2.0186	99%	102%	H.2
	1215 0	1215 0	3600 0	3600 0	100.00%	1	0%	0%	OK
	1100 0	1100 0	4000 0	4000 0	100.00%	1	0%	0%	OK
7	6400 0	2700	1215 0	1950	2370.37 %	6.2307 6	2270%	523%	H.2
	4800 0	4800 0	1215 0	1215 0	100.00%	1	0%	0%	OK
	2445 0	1230 0	2437 5	1207 5	198.78%	2.0186 3	99%	102%	H.2
	1215 0	1215 0	3600 0	3600 0	100.00%	1	0%	0%	OK
	1100 0	1100 0	4000 0	4000 0	100.00%	1	0%	0%	OK
6	6400 0	2700	1215 0	1950	2370.37 %	6.2307 6	2270%	523%	H.2
	4800 0	4800 0	1215 0	1215 0	100.00%	1	0%	0%	OK
	2445 0	1230 0	2437 5	1207 5	198.78%	2.0186 3	99%	102%	H.2
	1215 0	1215 0	3600 0	3600 0	100.00%	1	0%	0%	OK
	1100 0	1100 0	4000 0	4000 0	100.00%	1	0%	0%	OK
5	6400 0	2700	1215 0	1950	2370.37 %	6.2307 6	2270%	523%	H.2

	4800 0	4800 0	1215 0	1215 0	100.00%	1	0%	0%	OK
	2445 0	1230 0	2437 5	1207 5	198.78%	2.0186 3	99%	102%	H.2
	1215 0	1215 0	3600 0	3600 0	100.00%	1	0%	0%	OK
	1100 0	1100 0	4000 0	4000 0	100.00%	1	0%	0%	OK
4	6400 0	2700	1215 0	1950	2370.37 %	6.2307 6	2270%	523%	H.2
	4800 0	4800 0	1215 0	1215 0	100.00%	1	0%	0%	OK
	2445 0	1230 0	2437 5	1207 5	198.78%	2.0186 3	99%	102%	H.2
	1215 0	1215 0	3600 0	3600 0	100.00%	1	0%	0%	OK
	1100 0	1100 0	4000 0	4000 0	100.00%	1	0%	0%	OK
3	4800 0	2700	1215 0	1950	1777.78 %	6.2307 6	1678%	523%	H.2
	2445 0	5350	3600 0	5125	457.01%	7.0243 9	357%	602%	H.2
	1100 0	1100 0	4000 0	4000 0	100.00%	1	0%	0%	OK
2	4800 0	5350	3600 0	1950	897.20%	18.461 5	797%	1746%	H.2
	1100 0	1100 0	4000 0	4000 0	100.00%	1	0%	0%	OK
1	4830 0	1100 0	4025 0	2470 0	439.09%	1.6295 5	339%	63%	H.2

c) Ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma (SNI 1726 : 2019)

Ketidakteraturan Diskontinuitas Diafragma pada Gedung Condovilla dapat dilihat pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Checking ketidakberaturan Diskontinuitas Diafragma

		Lantai	Luas Lantai	Selisish		Cek
Story7	Story8	9	511.7415	0.00%	0.00%	Ok
		8	3097			Ok
Story5	Story6	7	3097	0.00%	0.00%	Ok
		6	3097			Ok
Story3	Story4	5	3097	1.41%	0.00%	Ok
		4	3097			Ok
Story1	Story2	3	3141.152	13.87%	8.88%	Ok
		2	3447.34			Ok
		1	4002.5436			

2) Ketidakteraturan Vertikal

a) Ketidakteraturan kekakuan

Berikut merupakan pengecekan ketidakberaturan kekakuan dengan data displacement dari SAP2000® yang dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Kekakuan Lantai 3

$$\text{Lantai 3} = \frac{1}{\delta_{xe}} = \frac{1}{1.553} = 0.64$$

$$\text{Lantai 4} = \frac{1}{\delta_{xe}} = \frac{1}{2.571} = 0.39$$

$$\text{Lantai 5} = \frac{1}{\delta_{xe}} = \frac{1}{3.521} = 0.28$$

$$\text{Lantai 6} = \frac{1}{\delta_{xe}} = \frac{1}{4.426} = 0.23$$

$$70\% * \frac{1}{\delta_{xe}} \text{ lantai 4} = 0.273$$

$$\text{Rata-rata kekakuan lantai 4,5 dan 6} = (0.39 + 0.28 + 0.23)/3 = 0,3$$

$$80\% * \frac{1}{\delta_{xe}} \text{ rata rata} = 0.24$$

Cek ketidakberaturan kekakuan lantai 3

$$0.64 > 0.24 > 0.273 \text{ (AMAN)}$$

Tabel 4.12 Checking Ketidakteraturan Kekakuan

Lantai	Arah X	Arah Y
--------	--------	--------

	δ_{xe}	Kekakuan	Cek	δ_{xe}	Kekakuan	Cek
	m	kN/m		m	kN/m	
10	5.787	0.17	OK	5.177	0.19	OK
9	6.309	0.16	OK	5.477	0.18	OK
8	5.815	0.17	OK	5.061	0.20	OK
7	5.198	0.19	OK	4.545	0.22	OK
6	4.426	0.23	OK	3.888	0.26	OK
5	3.521	0.28	OK	3.107	0.32	OK
4	2.571	0.39	OK	2.279	0.44	OK
3	1.553	0.64	OK	1.379	0.73	OK
2	0.546	1.83	OK	0.498	2.01	OK
1	0			0		

b) Ketidakberaturan Berat (massa)

Massa Lantai 2 = 1867634

Massa Lantai 3 = 1761449

Cek ketidakberaturan berat (massa)

Massa lantai $n \geq 1,5 \times \text{Massa lantai } (n + 1)$

Massa lantai 2 $\geq 1,5 \times \text{Massa lantai 3}$

$1867634 \geq 1,5 \times 1761449$

$1867634 \geq 2642173,6$ (Tidak ada ketidakberaturan berat)

Hasil pengecekan ketidakberaturan berat setiap lantai dapat dilihat pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 *Checking* Ketidakberaturan Berat

Lantai	Massa		Cek	Keterangan
	kN	kg		
10	1027.401	104764.1		RoofTop
9	16647.75	1697571	V.2	dikarenakan pembandingnya atap maka tidak perlu ditinjau (V.2 diabaikan)
8	15620.35	1592807	OK	
7	16444.11	1676806	OK	
6	15840.07	1615213	OK	
5	16444.11	1676806	OK	
4	16938.36	1727205	OK	
3	17274.18	1761449	OK	
2	18315.52	1867634	OK	
1	22088.37	2252351	OK	

4.3.5 Simpangan Antarlantai

Faktor untuk sistem pemikul gaya seismik

Rangka beton bertulang pemikul momen menengah

Koefisien Modifikasi Respons, $R = 5$

Faktor Kuat Lebih Sistem $= 3$

Faktor pembesaran defleksi, $C_d = 4,5$

Jenis Pemanfaatan $=$ Apartemen

Kategori Risiko $=$ II

Faktor Keutamaan Gempa, $I = 1$

Struktur $=$ Struktur dinding geser batu bata lainnya

Nilai Simpangan antar tingkat izin $= 0,007h_{sx}$

$h_{sx} = 3500 \text{ mm}$

Perhitungan simpangan antarlantai

$\delta_{xe, \text{lantai } 2} = 0,546 \text{ mm}$

$\delta_{xe, \text{lantai } 3} = 1,553 \text{ mm}$

$\Delta\delta_{xe, \text{lantai } 3} = \delta_{xe, \text{lantai } 3} - \delta_{xe, \text{lantai } 2}$

$\Delta\delta_{xe, \text{lantai } 3} = 1,553 - 0,546 = 1,007$

$$\Delta_i = \frac{|\Delta\delta_{xe} * C_d|}{I}$$

$$\Delta_i = \frac{|1,007 * 4,5|}{1} = 2,457 \text{ mm}$$

Nilai simpangan antara tingkat izin $= 0,007 * h_{sx}$

Nilai simpangan antara tingkat izin $= 0,007 * 3500 = 24,5 \text{ mm}$

Cek nilai simpangan

$\Delta_i \leq 24,5$

$2,457 \leq 24,5 \text{ (OK)}$

Hasil perhitungan simpangan antar izin dapat dilihat pada Tabel 4.14.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Tabel 4.14 Hasil simpangan antar lantai

Lantai	Load Case/Combo	Direction	δ_{xe}	$ \Delta\delta_{xe} $	Cd	Δi	Tinggi Tingkat	Delta Izin	Cek
			mm	mm		mm			
RoofTop	Ex Max	X	5.78	0.52	4.5	2.349	3500	24.5	OK
9	Ex Max	X	6.31	0.49	4.5	2.223	3500	24.5	OK
8	Ex Max	X	5.81	0.617	4.5	2.776	3500	24.5	OK
7	Ex Max	X	5.20	0.72	4.5	3.474	3500	24.5	OK
6	Ex Max	X	4.43	0.95	4.5	4.072	3500	24.5	OK
5	Ex Max	X	3.51	0.95	4.5	4.275	3500	24.5	OK
4	Ex Max	X	2.57	1.02	4.5	4.581	3500	24.5	OK
3	Ex Max	X	1.55	1.01	4.5	4.531	3500	24.5	OK
2	Ex Max	X	0.55	0.55	4.5	2.457	3500	24.5	OK
1	Ex Max	X	0.00	0	4.5	0	3500	24.5	OK
Lantai	Load Case/Combo	Direction	δ_{xe}	$\Delta\delta_{xe}$	Cd	Δi	Tinggi Tingkat	Delta Izin	Cek
			mm	mm		mm			
RoofTop	Ey Max	Y	5.18	0.3	4.5	1.35	3500	24.5	OK
9	Ey Max	Y	5.48	0.42	4.5	1.872	3500	24.5	OK
8	Ey Max	Y	5.06	0.52	4.5	2.322	3500	24.5	OK
7	Ey Max	Y	4.55	0.66	4.5	2.956	3500	24.5	OK
6	Ey Max	Y	3.89	0.78	4.5	3.514	3500	24.5	OK
5	Ey Max	Y	3.12	0.83	4.5	3.726	3500	24.5	OK
4	Ey Max	Y	2.28	0.9	4.5	4.05	3500	24.5	OK
3	Ey Max	Y	1.38	0.88	4.5	3.964	3500	24.5	OK
2	Ey Max	Y	0.50	0.50	4.5	2.241	3500	24.5	OK
1	Ey Max	Y	0.00	0	4.5	0	3500	24.5	OK

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Gambar 4.17 Grafik Simpangan Antar Lantai

4.3.6 Pemeriksaan P Delta

Beta	=	1	
Cd	=	4.5	
Teta max	=	0.11111	
Story 2			
Px	=	46,6 kN	(<i>Elemen Force Maximum / V2 pada story 2 dari software SAP2000</i>)
ΔI_e	=	0,546 mm	(<i>Joint Displacement Maximum/ U1 pada story 2 dari software SAP2000</i>)
Faktor Keutamaan Gempa, I_e	=	1	(Berdasarkan kategori risiko dan jenis pemanfaatan bangunan; SNI 1726 : 2019)
Vx	=	0,179 kN	(<i>Element Force Maximum / V2 pada story 1 dari software SAP2000</i>)
hsx	=	3500 mm	(Tinggi story 2)
Faktor Pembesaran Defleski, Cd	=	4,5	(Berdasarkan Sistem Pemikul Gaya Seismik Tabel 12 SNI 1726 : 2019)
Teta			

$$\theta = \frac{P_x \Delta I_e}{V_x h_{sx} C_d}$$

$$\theta = \frac{(46,6) (0,546) (1)}{(0,179)(3500)(4,5)} = 0,0090$$

Koefisien Stabilitas (θ) tidak boleh melebihi $\theta_{\max}$ yang didapat dengan rumus:

$$\theta_{\max} = \frac{0,5}{\beta C_d} \leq 0,25$$

$$\theta_{\max} = \frac{0,5}{(1)(4,5)} \leq 0,25$$

$$\theta_{\max} = 0,1111 \leq 0,25 \text{ (Ok)}$$

Checking Koefisien Stabilitas (θ) terhadap $\theta_{\max}$ yaitu:

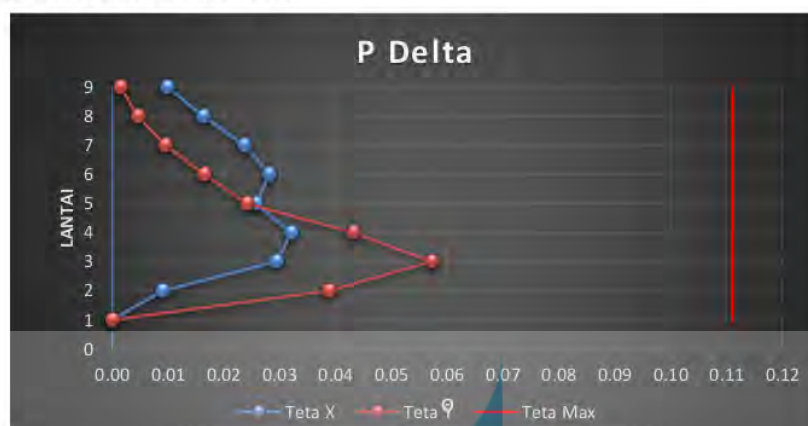
$$\theta_{\max} = 0,009 \leq 0,111 \text{ (Ok)}$$

Checking P delta pada setiap story dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Checking P Delta pada sumbu X dan Y

Arah X								
Story	Px kN	Delta mm	Ie	Vx kN	hsx mm	Cd	Teta	Cek
9	2.9	6.309	1	0.119	3500	4.5	0.0098	Aman
8	5.4	5.815	1	0.122	3500	4.5	0.0164	Aman
7	7.7	5.198	1	0.107	3500	4.5	0.0237	Aman
6	12.5	4.426	1	0.125	3500	4.5	0.0281	Aman
5	18.7	3.521	1	0.162	3500	4.5	0.0257	Aman
4	26.5	2.571	1	0.135	3500	4.5	0.0321	Aman
3	36.1	1.553	1	0.121	3500	4.5	0.0294	Aman
2	46.6	0.546	1	0.179	3500	4.5	0.0090	Aman
1	8.4	0.000	1	0.066	3500	4.5	0.0000	Aman
Arah Y								
Story	Px kN	Delta mm	Ie	Vx kN	hsx mm	Cd	Teta	Cek
9	2.9	1.872	1	0.2	3500	4.5	0.0015	Aman
8	5.4	2.322	1	0.2	3500	4.5	0.0046	Aman
7	7.7	2.957	1	0.2	3500	4.5	0.0095	Aman
6	12.5	3.515	1	0.2	3500	4.5	0.0165	Aman
5	18.7	3.726	1	0.2	3500	4.5	0.0241	Aman
4	26.5	4.050	1	0.2	3500	4.5	0.0432	Aman
3	36.1	3.965	1	0.2	3500	4.5	0.0572	Aman
2	46.6	2.241	1	0.2	3500	4.5	0.0388	Aman
1	8.4	0.000	1	0.0	3500	4.5	0.0000	Aman

Hasil perhitungan P delta untuk masing masing *story* dituangkan kedalam grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.18



Gambar 4.18 Grafik P Delta

4.4 Analisa Struktur

Setelah memastikan model aman, maka tahap ini bertujuan untuk memahami perilaku, respons, dan kinerja suatu struktur terhadap beban-beban yang diberikan. Kekuatan struktur juga dicek pada tahap ini sehingga pada tahap analisa struktur, output yang dihasilkan berupa keamanan struktur dalam menahan beban searah gravitasi atau beban lateral. Dengan peninjauan rotasi pada sumbu x y dan z berdasarkan modal pada mode 1 2 dan 3 Model awal

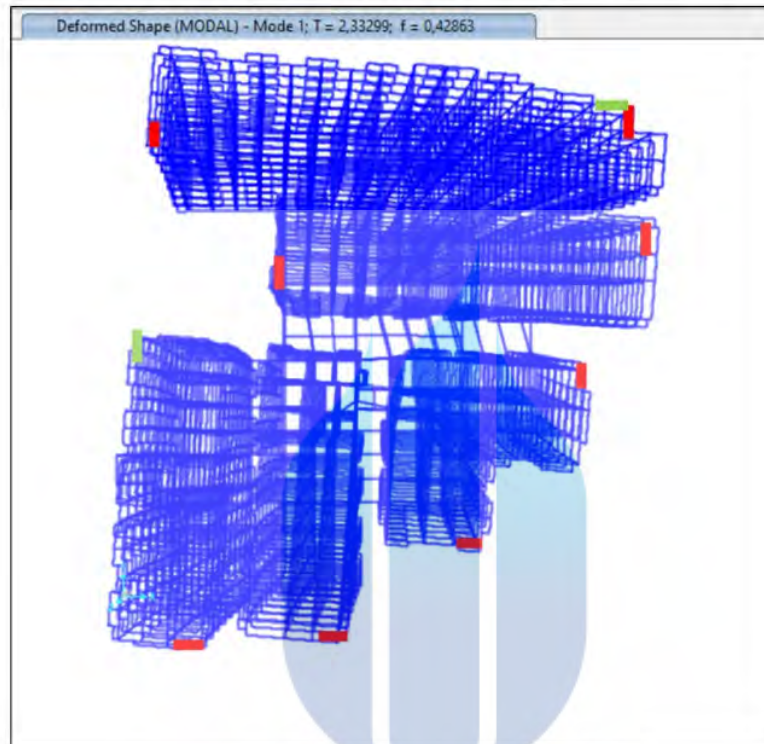


Gambar 4.19 Model awal SAP2000®

4.4.1 Penambahan Shearwall

1) Trial Shearwall 1

Penambahan *Diafragma/ Shearwall (Trial 1)* pada “THE GREEN CONDOVILLA” dapat dilihat pada Gambar 4.20. *Output SAP2000®* dapat dilihat pada Gambar 4.21.



Gambar 4.20 Penambahan Shearwall (Trial 1)

Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	SumRX	SumUY
Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
1.475150	0.39147	0.1778	1.078E-06	0.39147	0.1778	1.078E-06	0.0164	0.04545	0.05872	0.0164	0.05872
1.371499	0.18553	0.43052	2.122E-06	0.57791	0.60832	3.2E-06	0.0394	0.02216	0.00432	0.0555	0.0555
1.062978	0.05047	0.00666	3.754E-06	0.62748	0.61498	6.954E-06	0.00056	0.0967	0.55752	0.05636	0.55752
0.378750	0.08167	0.04596	3.13E-07	0.78914	0.60094	7.267E-06	0.00763	0.6212	0.01201	0.00389	0.6212
0.35785	0.06628	0.03419	1.935E-06	0.77542	0.69514	9.202E-06	0.0061	0.61714	0.00323	0.07009	0.61714
0.298377	0.00349	0.09857	6.063E-07	0.77891	0.79371	9.868E-06	0.01452	0.00131	9.501E-05	0.06482	0.00131
0.278712	0.00208	6.788E-05	0.00022	0.78099	0.79377	0.00023	7.443E-05	2.175E-05	0.02358	0.08469	0.00023
0.263668	9.438E-06	3.038E-06	0.00245	0.78099	0.79378	0.00268	0.00052	0.00272	2.147E-05	0.08521	0.00052
0.259239	3.967E-06	3.378E-06	0.00159	0.781	0.79378	0.00427	0.00172	0.00439	9.203E-06	0.08694	0.00172
0.253672	1.268E-12	2.448E-11	0.00057	0.781	0.79378	0.00484	3.556E-07	3.282E-05	6.456E-15	0.08694	0.00057
0.243803	0.00122	1.159E-05	0.00726	0.78222	0.79379	0.0121	0.00675	0.01042	2.684E-05	0.08769	0.00675
0.236584	0.00184	0.00013	0.00235	0.78407	0.79383	0.01445	8.054E-05	0.001	0.00564	0.09377	0.001

Gambar 4.21 Output Penambahan Shearwall (Trial 1)

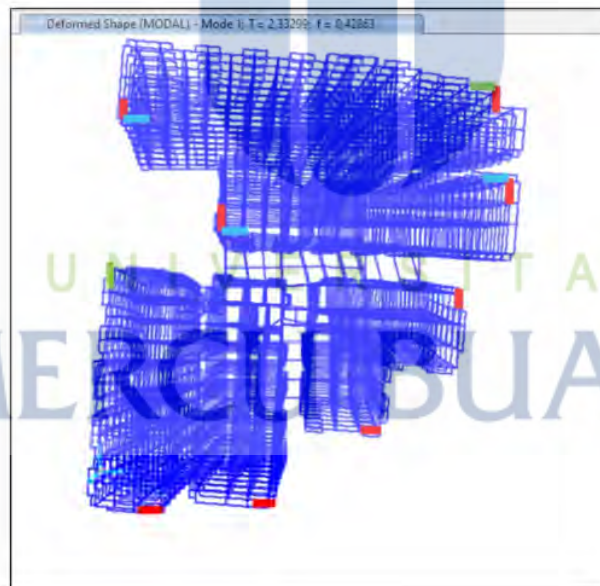
Data *displacement* dari SAP2000® dihitung untuk mengecek ketidakberaturan torsi setelah Penambahan *shearwall*. Hasil pengecekan ketidakberaturan torsi dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil Checking Ketidakberaturan Torsi (Trial 1)

Lantai i	Arah X				Arah Y			
	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
10	5.787	4.462	1.30	H.1a	2.704	2.520	1.07	OK
9	6.309	3.98	1.59	H.1b	2.48	2.270	1.09	OK
8	5.815	3.67	1.58	H.1b	2.127	1.942	1.10	OK
7	5.198	3.30	1.57	H.1b	1.768	1.594	1.11	OK
6	4.426	2.83	1.56	H.1b	1.402	1.245	1.13	OK
5	3.521	2.27	1.55	H.1b	1.039	0.906	1.15	OK
4	2.571	1.67	1.54	H.1b	0.698	0.593	1.18	OK
3	1.553	1.04	1.49	H.1b	0.392	0.321	1.22	H.1a
2	0.546	0.40	1.35	H.1a	0.144	0.110	1.31	H.1a
1	0.00	0.00			0.00	0		

2) Trial Shearwall 2

Penambahan Diafragma/ *Shearwall* (Trial 2) pada “THE GREEN CONDOVILLA” dapat dilihat pada Gambar 4.22. *Output* SAP2000® dapat dilihat pada Gambar 4.23.



Gambar 4.22 Penambahan Shearwall (Trial 2)

Period Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless	RY Unitless	RZ Unitless	SumRX Unitless	Sum Unitless
1.413888	0.25922	0.32762	7.413E-07	0.25922	0.32762	7.413E-07	0.02993	0.03051	0.0332	0.02993	
1.165701	0.34642	0.27692	1.144E-06	0.02955	0.03364	1.895E-06	0.02456	0.04285	6.405E-05	0.05451	
0.95037	0.01364	0.01757	1.032E-05	0.01926	0.0211	1.22E-05	0.00143	0.00183	0.00914	0.05594	
0.965709	0.0191	0.0602	2.619E-07	0.03038	0.0893	1.247E-09	0.01221	0.00416	0.00377	0.06815	
0.320955	0.03748	0.00981	3.960E-06	0.72506	0.68911	1.646E-05	0.00134	0.01648	0.00474	0.00949	
0.278182	0.00862	0.0107	0.00024	0.73488	0.70901	0.00026	0.00026	0.00118	0.01789	0.07245	
0.272221	0.03374	0.08846	1.985E-06	0.78882	0.79626	0.00026	0.01383	0.0111	0.00239	0.08628	
0.263981	5.963E-02	7.710E-05	0.00241	0.70868	0.79634	0.00267	0.0004	0.00241	1.882E-05	0.08668	
0.259238	2.121E-05	1.44E-06	0.00157	0.7687	0.79634	0.00424	0.0018	0.00416	0.059E-06	0.08248	
0.253848	0.0002E-08	2.707E-08	0.00057	0.7687	0.79634	0.0048	2.548E-07	3.248E-05	5.74E-12	0.08848	
0.243343	0.00151	0.00031	0.00798	0.77622	0.79665	0.01279	0.00826	0.0119	9.821E-05	0.09474	
0.238319	2.053E-05	1.821E-05	0.00137	0.77624	0.79668	0.01416	0.00105	0.00314	0.00013	0.09583	

Gambar 4.23 Output Penambahan Shearwall (Trial 2)

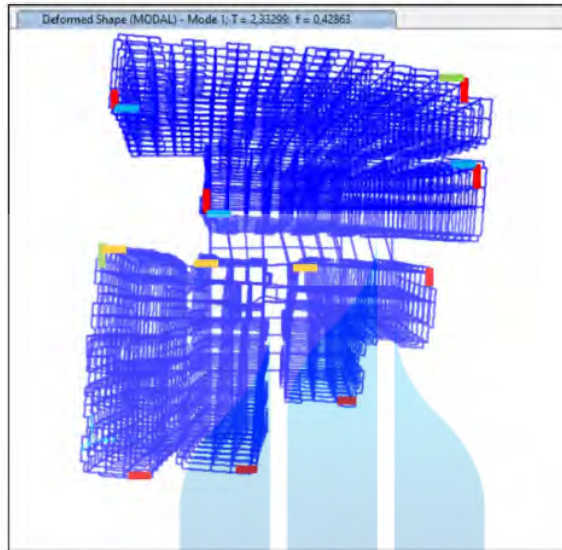
Data *displacement* dari SAP2000® dihitung untuk mengecek ketidakberaturan torsi setelah Penambahan *shearwall*. Hasil pengecekan ketidakberaturan torsi dapat dilihat pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Hasil Checking Ketidakberaturan Torsi (Trial 2)

Lantai	Arah X				Arah Y			
	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
10	2.642	2.113	1.25	H.1a	2.768	2.271	1.22	H.1a
9	2.348	1.94	1.21	H.1a	2.425	2.016	1.20	H.1a
8	2	1.65	1.21	H.1a	2.062	1.712	1.20	H.1a
7	1.648	1.36	1.21	H.1a	1.695	1.408	1.20	H.1a
6	1.294	1.06	1.22	H.1a	1.325	1.102	1.20	H.1a
5	0.947	0.77	1.22	H.1a	0.965	0.805	1.20	OK
4	0.626	0.51	1.23	H.1a	0.632	0.529	1.19	OK
3	0.345	0.28	1.22	H.1a	0.35	0.301	1.16	OK
2	0.117	0.09	1.29	H.1a	0.121	0.101	1.19	OK
1	0.00	0.00			0.00	0		

3) Trial Shearwall 3

Penambahan Diafragma/ *Shearwall* (*Trial 3*) pada “*THE GREEN CONDOVILLA*” dapat dilihat pada Gambar 4.24. *Output SAP2000®* dapat dilihat pada Gambar 4.25.



Gambar 4.24 Penambahan *Shearwall* (*Trial 3*)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Modal Participating Mass Ratios

File View Edit Format-Filter-Sort Options

Units: N/A Noted

Filter:

Step/Num	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ	S
Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	UK
1	1.31932	0.07562	0.5167	1.374E-06	0.07562	0.5167	1.374E-06	0.04696	0.00969	0.02916	
2	1.096155	0.51267	0.00255	3.794E-06	0.58829	0.00925	5.077E-06	0.00016	0.0034	0.01402	
3	0.947597	0.02632	0.01342	7.013E-06	0.61461	0.02286	1.269E-05	0.0011	0.00337	0.57971	
4	0.357163	0.00173	0.05485	2.848E-06	0.61834	0.67751	1.594E-05	0.01033	0.00039	0.00169	
5	0.2929	0.00931	0.07778	2.384E-06	0.68585	0.7553	1.742E-05	0.0120	0.00756	0.00746	
6	0.278538	0.00215	1.181E-05	0.00026	0.6878	0.75531	0.00020	0.00013	2.528E-05	0.01847	
7	0.264683	0.00907	0.03978	0.00061	0.72687	0.78997	0.00069	0.00063	0.02176	0.00245	
8	0.263573	0.00671	0.00372	0.00186	0.73358	0.78678	0.00275	1.424E-05	0.472E-05	0.984E-05	
9	0.259217	0.00034	6.511E-05	0.0015	0.73392	0.78685	0.00425	0.0021	0.00337	1.277E-06	
10	0.25356	1.779E-08	5.417E-08	0.00056	0.73392	0.78685	0.00481	2.856E-07	3.046E-05	4.288E-10	
11	0.24294	0.00273	0.00028	0.00799	0.73685	0.78912	0.0128	0.00028	0.01357	2.89E-05	
12	0.238314	0.859E-06	0.188E-06	0.00131	0.73688	0.78914	0.01412	0.00115	0.00318	0.00011	

Record: 1 of 12

Add Tables Done

Gambar 4.25 Output Penambahan *Shearwall* (Trial 3)

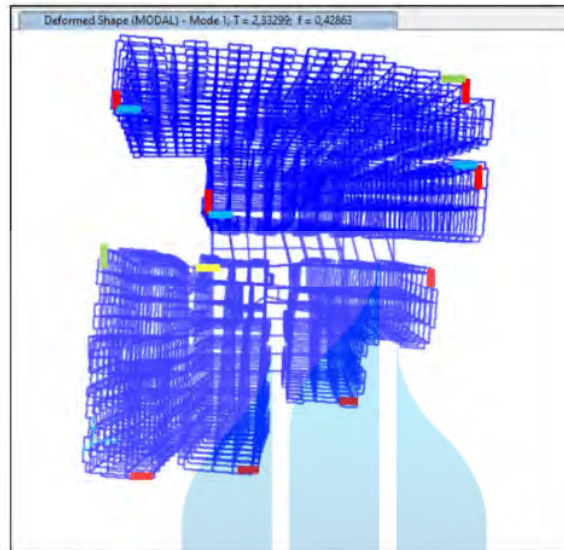
Data *displacement* dari SAP2000® dihitung untuk mengecek ketidakberaturan torsi setelah Penambahan *shearwall*. Hasil pengecekan ketidakberaturan torsi dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Hasil Checking Ketidakberaturan Torsi (Trial 3)

Lantai	Arah X				Arah Y			
	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
10	2.686	2.184	1.23	H.1a	3.323	2.657	1.25	H.1a
9	2.503	1.90	1.32	H.1a	2.967	2.290	1.30	H.1a
8	2.128	1.61	1.32	H.1a	2.525	1.965	1.29	H.1a
7	1.748	1.32	1.32	H.1a	2.077	1.616	1.29	H.1a
6	1.366	1.03	1.33	H.1a	1.625	1.265	1.28	H.1a
5	0.996	0.74	1.34	H.1a	1.185	0.922	1.28	H.1a
4	0.654	0.48	1.35	H.1a	0.778	0.606	1.28	H.1a
3	0.356	0.26	1.37	H.1a	0.431	0.331	1.30	H.1a
2	0.126	0.09	1.38	H.1a	0.155	0.118	1.31	H.1a
1	0	0			0.00	0		

4) Trial Shearwall 4

Penambahan Diafragma/ *Shearwall* (*Trial 4*) pada “*THE GREEN CONDOVILLA*” dapat dilihat pada Gambar 4.26. *Output SAP2000®* dapat dilihat pada Gambar 4.27 Gambar 4.25.



Gambar 4.26 Penambahan *Shearwall* (*Trial 4*)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Modal Participating Mass Ratios

FileViewEditFormat-Filter-SortOptions

Units: As Listed

Table: Modal Participating Mass Ratios

pn	Period	Sec	UX Unitless	UY Unitless	UZ Unitless	SumUX Unitless	SumUY Unitless	SumUZ Unitless	RX Unitless	RY Unitless	RZ Unitless	SumRX Unitless
1	1.597815	0.29996	0.37371	6.754E-07	0.29996	0.37371	6.754E-07	0.03416	0.02408	0.0354	0.0354	0.0354
2	1.148782	0.30844	0.23117	1.758E-06	0.5994	0.68487	2.435E-06	0.02653	0.04829	0.00157	0.08	0.08
3	0.948284	0.31802	0.1646	9.552E-06	0.61641	0.62134	1.199E-05	0.00134	0.00239	0.58644	0.05	0.05
4	0.933748	0.3117	0.06741	5.787E-07	0.62811	0.68975	1.258E-05	0.01222	0.00248	0.00335	0.06	0.06
5	0.913775	0.67753	0.02254	5.591E-06	0.70594	0.71129	1.815E-05	0.00335	0.01573	0.00647	0.07	0.07
6	0.275844	0.00537	0.00227	0.00026	0.7113	0.71355	0.00026	0.00104	0.00043	0.0184	0.07	0.07
7	0.279358	0.04793	0.00224	1.299E-05	0.75823	0.7958	0.00029	0.01395	0.01421	0.00151	0.08	0.08
8	0.263857	0.00012	0.00013	0.00235	0.75836	0.79593	0.00027	0.00035	0.00225	1.381E-05	0.08	0.08
9	0.259234	3.977E-05	5.825E-06	0.00156	0.7594	0.79594	0.00422	0.00185	0.00406	6.581E-08	0.08	0.08
10	0.25356	5.813E-05	3.509E-05	0.00067	0.7594	0.79594	0.00479	2.451E-07	3.215E-05	4.748E-11	0.08	0.08
11	0.243225	0.00175	0.00035	0.008	0.76115	0.79629	0.01278	0.00619	0.01232	5.89E-05	0.09	0.09
12	0.236317	1.591E-05	1.488E-05	0.00135	0.76116	0.7963	0.01414	0.0011	0.00216	0.00012	0.09	0.09

Records: 12 of 12

Add Tables...Done

Gambar 4.27 Output Penambahan *Shearwall* (Trial 4)

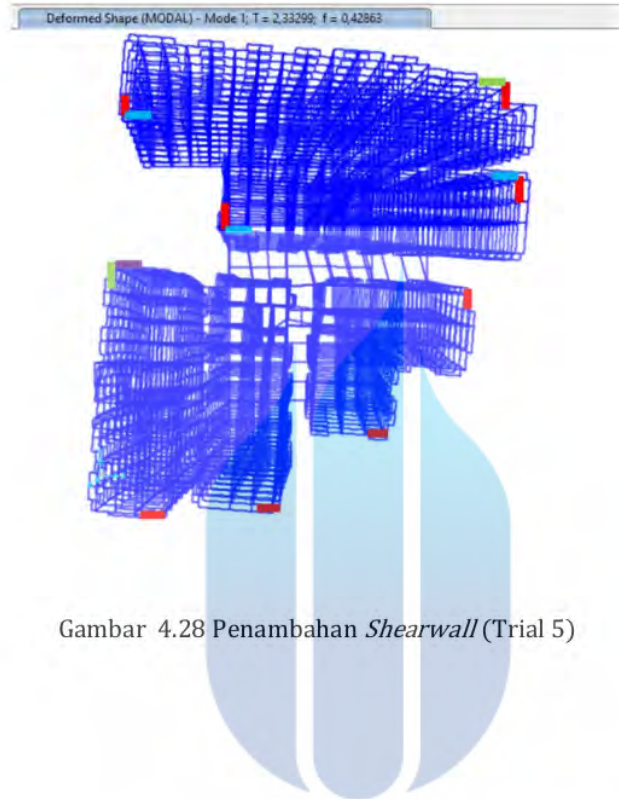
Data *displacement* dari SAP2000® dihitung untuk mengecek ketidakberaturan torsi setelah Penambahan *shearwall*. Hasil pengecekan ketidakberaturan torsi dapat dilihat pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Hasil Checking Ketidakberaturan Torsi (Trial 4)

Lantai	Arah X				Arah Y			
	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
10	2.474	2.084	1.19	H.1a	2.888	2.339	1.23	H.1a
9	2.322	1.87	1.24	H.1a	2.564	2.092	1.23	H.1a
8	1.975	1.59	1.24	H.1a	2.181	1.792	1.22	H.1a
7	1.625	1.31	1.24	H.1a	1.793	1.474	1.22	H.1a
6	1.272	1.02	1.25	H.1a	1.401	1.153	1.22	H.1a
5	0.929	0.74	1.26	H.1a	1.02	0.840	1.21	H.1a
4	0.611	0.48	1.27	H.1a	0.667	0.551	1.21	H.1a
3	0.333	0.26	1.28	H.1a	0.367	0.299	1.23	H.1a
2	0.117	0.09	1.31	H.1a	0.13	0.104	1.25	H.1a
1	0.00	0.00			0.00	0		

5) Trial Shearwall 5

Penambahan *Shearwall* (Trial 5) pada “THE GREEN CONDOVILLA” dapat dilihat pada . *Output* SAP2000® dapat dilihat pada Gambar 4.29.



Gambar 4.28 Penambahan *Shearwall* (Trial 5)

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Step/Num	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY	SumUZ	RX	RY	RZ
Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
1	1.517697	0.12004	0.47247	1.203E-06	0.12004	0.47247	1.203E-06	0.04263	0.01375	0.02822
2	1.128851	0.48303	0.13442	1.747E-06	0.60307	0.60888	2.02989986	0.01191	0.05879	0.05411
3	0.846243	0.01933	0.01948	8.4E-06	0.61839	0.62234	1.143E-05	0.00127	0.00199	0.00866
4	0.387945	0.00275	0.05481	1.895E-06	0.62114	0.67716	1.312E-05	0.0102	0.00064	0.00166
5	0.298124	0.07094	0.04977	3.145E-06	0.69108	0.72893	1.627E-05	0.006	0.01472	0.00969
6	0.27581	0.00454	0.00178	0.00000	0.68852	0.72088	0.00000	0.0009	0.00025	0.00186
7	0.268362	0.05833	0.0702	5.25E-05	0.75468	0.79899	0.00031	0.01222	0.01644	0.00197
8	0.263656	0.00019	0.00016	0.00236	0.75504	0.79915	0.00268	0.00033	0.00213	0.0048-06
9	0.259231	0.064E-05	5.28E-06	0.00155	0.75511	0.79916	0.00422	0.00185	0.00383	4.353E-06
10	0.253646	1.042E-06	3.03E-08	0.00056	0.75511	0.79916	0.00479	2.799E-07	3.028E-05	4.353E-11
11	0.242145	0.00205	0.00023	0.00006	0.75717	0.79938	0.01285	0.00648	0.01265	8.764E-06
12	0.236316	1.398E-06	1.003E-05	0.00134	0.75718	0.79939	0.01419	0.00113	0.00318	0.00012

Gambar 4.29 Output Penambahan *Shearwall* (Trial 5)

Data *displacement* dari SAP2000® dihitung untuk mengecek ketidakberaturan torsi setelah Penambahan *shearwall*. Hasil pengecekan ketidakberaturan torsi dapat dilihat pada Tabel 4.20Tabel 4.18.

Tabel 4.20 Hasil Checking Ketidakberaturan Torsi (Trial 5)

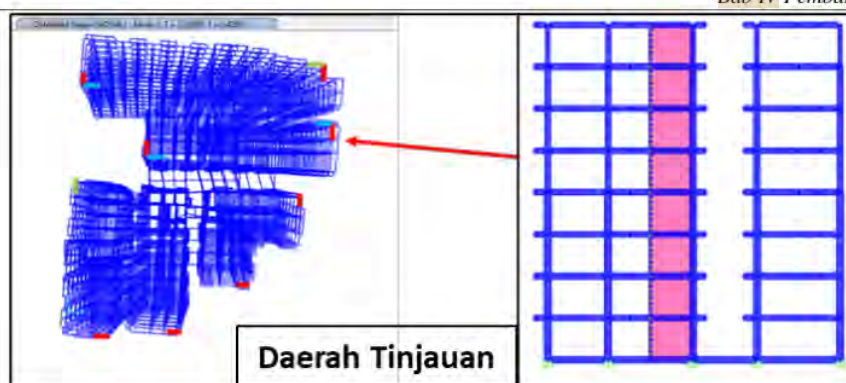
Lantai i	Arah X				Arah Y			
	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
10	2.505	2.184	1.15	H.1a	3.122	2.514	1.24	H.1a
9	2.335	1.93	1.21	H.1a	2.778	2.195	1.27	H.1a
8	1.989	1.64	1.22	H.1a	2.366	1.883	1.26	H.1a
7	1.638	1.34	1.22	H.1a	1.946	1.549	1.26	H.1a
6	1.285	1.05	1.23	H.1a	1.523	1.213	1.26	H.1a
5	0.942	0.76	1.24	H.1a	1.111	0.885	1.26	H.1a
4	0.623	0.50	1.25	H.1a	0.729	0.582	1.25	H.1a
3	0.343	0.27	1.27	H.1a	0.404	0.318	1.27	H.1a
2	0.123	0.10	1.28	H.1a	0.145	0.112	1.29	H.1a
1	0.00	0.00			0.00	0		

Disimpulkan bahwa pemasangan *Shearwall* trial 3 yang memiliki hasil terbaik walaupun masih ada ketidakberaturan torsi (H.1a).

4.4.2 Penambahan Kolom *Shearwall*

1) Trial Kolom *Shearwall* 1

Penambahan Kolom *Shearwall* l pada daerah yang sudah dipasang *shearwall* dengan tujuan mengurangi panjang *shearwall* seperti pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Penambahan Kolom Shearwall(Trial 1)

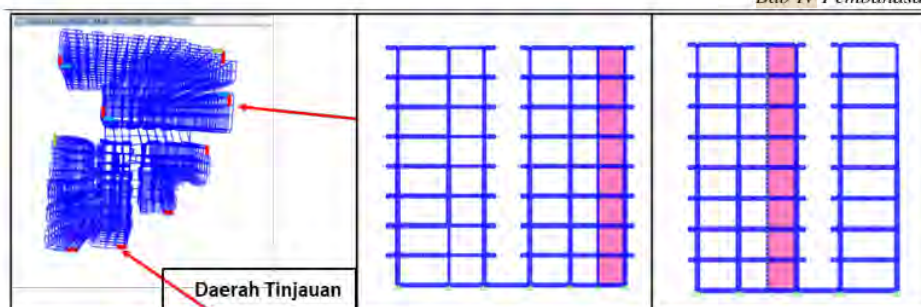
Data *displacement* setelah Penambahan Kolom *Shearwall* di cek kembali untuk mengetahui ketidakberaturan torsi seperti pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Hasil Checking Ketidakberaturan torsi (Trial Kolektor 1)

Lantai	Arah X				Arah Y			
	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
10	3.132	2.084	1.50	H.1b	2.936	2.736	1.07	OK
9	2.924	2.00	1.46	H.1b	2.6	2.504	1.04	OK
8	2.487	1.72	1.45	H.1b	2.217	2.134	1.04	OK
7	2.045	1.41	1.45	H.1b	1.827	1.759	1.04	OK
6	1.601	1.10	1.46	H.1b	1.433	1.379	1.04	OK
5	1.168	0.80	1.46	H.1b	1.046	1.007	1.04	OK
4	0.767	0.52	1.47	H.1b	0.686	0.661	1.04	OK
3	0.422	0.28	1.50	H.1b	0.374	0.323	1.16	OK
2	0.138	0.09	1.51	H.1b	0.127	0.116	1.09	OK
1	0.00	0.00			0.00	0		

2) Trial Kolom Shearwall 2

Penambahan Kolom *Shearwall* pada daerah yang sudah dipasang *shearwall* dengan tujuan mengurangi panjang *shearwall* seperti pada Gambar 4.31.

Gambar 4.31 Penambahan Kolom *Shearwall*(Trial 2)

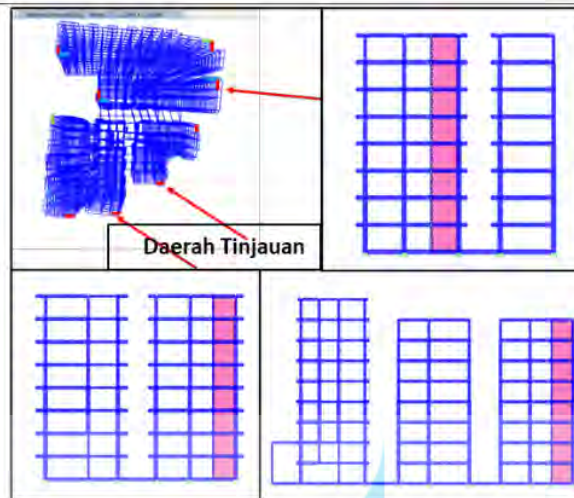
Data *displacement* setelah Penambahan Kolom *Shearwall* di cek kembali untuk mengetahui ketidakberaturan torsi seperti pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Hasil Checking Ketidakberaturan torsi (Trial Kolektor 2)

Lantai	Arah X				Arah Y			
	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
10	2.688	2.225	1.21	H.1a	2.716	2.528	1.07	OK
9	2.529	2.09	1.21	H.1a	2.586	2.266	1.14	OK
8	2.154	1.79	1.20	H.1a	2.204	1.935	1.14	OK
7	1.774	1.47	1.21	H.1a	1.815	1.595	1.14	OK
6	1.391	1.15	1.21	H.1a	1.423	1.252	1.14	OK
5	1.017	0.84	1.21	H.1a	1.04	0.915	1.14	OK
4	0.67	0.55	1.21	H.1a	0.684	0.602	1.14	OK
3	0.368	0.30	1.22	H.1a	0.374	0.311	1.20	H.1a
2	0.125	0.10	1.23	H.1a	0.128	0.111	1.15	OK
1	0.00	0.00			0.00	0		

3) Trial Kolom *Shearwall* 3

Penambahan Kolom *Shearwall* pada daerah yang sudah dipasang *shearwall* dengan tujuan mengurangi panjang *shearwall* seperti pada Gambar 4.32.

Gambar 4.32 Penambahan Kolom *Shearwall*(Trial 3)

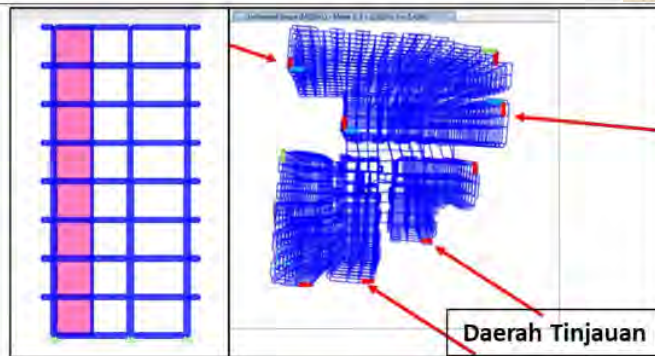
Data *displacement* setelah Penambahan *Kolom Shearwall* di cek kembali untuk mengetahui ketidakberaturan torsi seperti pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Hasil Checking Ketidakberaturan torsi (Trial Kolektor 3)

Lantai i	Arah X				Arah Y			
	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
10	3.12	2.535	1.23	H.1a	2.74	2.454	1.12	OK
9	3.207	2.37	1.35	H.1a	2.321	2.173	1.07	OK
8	2.745	2.03	1.36	H.1a	1.981	1.853	1.07	OK
7	2.273	1.68	1.35	H.1a	1.635	1.527	1.07	OK
6	1.791	1.32	1.35	H.1a	1.285	1.198	1.07	OK
5	1.313	0.97	1.35	H.1a	0.943	0.876	1.08	OK
4	0.866	0.65	1.34	H.1a	0.623	0.578	1.08	OK
3	0.455	0.32	1.42	H.1b	0.341	0.292	1.17	OK
2	0.157	0.12	1.29	H.1a	0.117	0.105	1.11	OK
1	0.00	0.00			0.00	0		

4) Trial Kolom *Shearwall* 4

Penambahan Kolom *Shearwall* dari Trial Kolekt 3 pada daerah yang sudah dipasang *shearwall* dengan tujuan mengurangi panjang *shearwall* seperti pada Gambar 4.33.

Gambar 4.33 Penambahan Kolom *Shearwall*(Trial 4)

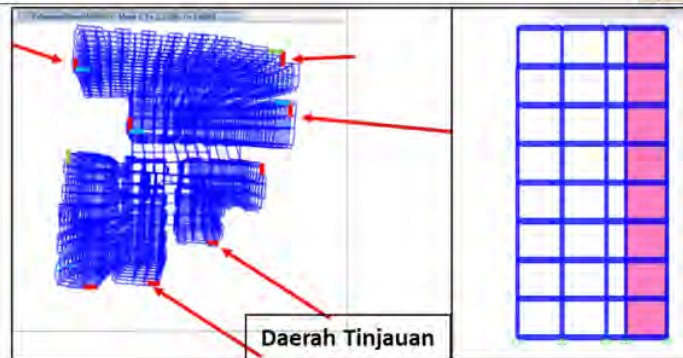
Data *displacement* setelah Penambahan Kolom *Shearwall* di cek kembali untuk mengetahui ketidakberaturan torsi seperti pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Hasil *Checking* Ketidakberaturan torsi (Trial Kolektor 4)

Lantai	Arah X				Arah Y			
	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
10	3.414	2.564	1.33	H.1a	3.257	2.920	1.12	OK
9	3.769	2.39	1.58	H.1b	2.96	2.699	1.10	OK
8	3.216	2.04	1.57	H.1b	2.528	2.307	1.10	OK
7	2.652	1.69	1.57	H.1b	2.089	1.910	1.09	OK
6	2.08	1.33	1.57	H.1b	1.644	1.505	1.09	OK
5	1.518	0.97	1.56	H.1b	1.204	1.104	1.09	OK
4	0.996	0.64	1.55	H.1b	0.791	0.727	1.09	OK
3	0.511	0.31	1.66	H.1b	0.433	0.343	1.26	H.1a
2	0.179	0.12	1.52	H.1b	0.143	0.123	1.17	OK
1	0.00	0.00			0.00	0		

5) Trial Kolom *Shearwall* 5

Penambahan Kolom *Shearwall* dari Trial Kolektor 4 pada daerah yang sudah dipasang *shearwall* dengan tujuan mengurangi panjang *shearwall* seperti pada Gambar 4.34.

Gambar 4.34 Penambahan Kolom *Shearwall* (Trial 5)

Data *displacement* setelah Penambahan Kolom *Shearwall* di cek kembali untuk mengetahui ketidakberaturan torsi seperti pada Tabel 4.25

Tabel 4.25 Hasil Checking Ketidakberaturan torsi (Trial Kolektor 5)

Lantai	Arah X				Arah Y			
	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek	Δ_{max} (mm)	Δ_{avg} (mm)	$\Delta_{max}/\Delta_{avg}$	Cek
10	3.395	2.634	1.29	H.1a	3.303	2.712	1.22	H.1a
9	3.564	2.45	1.46	H.1b	3.01	2.514	1.20	OK
8	3.043	2.09	1.45	H.1b	2.572	2.149	1.20	OK
7	2.512	1.73	1.45	H.1b	2.127	1.779	1.20	OK
6	1.971	1.37	1.44	H.1b	1.675	1.403	1.19	OK
5	1.44	1.01	1.43	H.1b	1.226	1.029	1.19	OK
4	0.945	0.67	1.42	H.1b	0.804	0.677	1.19	OK
3	0.489	0.33	1.49	H.1b	0.445	0.355	1.25	H.1a
2	0.17	0.12	1.40	H.1b	0.144	0.120	1.20	H.1a
1	0.00	0.00			0.00	0		

Disimpulkan pemasangan Kolom *shearwall trial 2* yang memiliki hasil terbaik walaupun masih ada ketidakberaturan torsi (H.1a)

4.4.3 Elemen Diafragma, kord dan kolektor

Diafragma harus didesain untuk menahan gaya gesek seismik desain dari analisis struktur dengan persamaan berikut

$$F_{px} = \frac{\sum_{i=x}^n F_i}{\sum_{i=x}^n W_i} W_{px}$$

Perhitungan lantai 9

$$W_{\text{RoofTop}} = 2478 \text{ kN}$$

$$W_{\text{Lantai9}} = 15790 \text{ kN}$$

$$\sum_{i=9}^n W_9 = 2478 + 15790 = 18268 \text{ kN}$$

$$F_{\text{RoofTop}} = 51 \text{ kN}$$

$$F_{\text{Lantai9}} = 661 \text{ kN}$$

$$\sum_{i=9}^n F_9 = 51 + 661 = 712 \text{ kN}$$

$$W_{px} = 14071 \text{ kN}$$

$$F_{p9} = \frac{\sum_{i=9}^n F_9}{\sum_{i=9}^n W_9} W_{p9}$$

$$F_{p9} = \frac{712}{18268} 15071 = 549 \text{ kN}$$

Dikarenakan struktur bangunan mengalami ketidakberaturan horizontal sudut dalam maka gaya desain ditingkatkan 25%

$$F_{p9+25\%} = 546 * 1,25 = 686 \text{ kN}$$

Batas nilai F_{px}

$$F_{px \text{ min}} = 0,2 S_{DS} I_e W_{px} \\ = 0,2 (0,06954)(1)(14071) = 196 \text{ kN}$$

$$F_{px \text{ max}} = 0,4 S_{DS} I_e W_{px} \\ = 0,4 (0,06954)(1)(14071) = 391 \text{ kN}$$

$$F_{px \text{ min}} < F_{px} < F_{px \text{ max}}$$

$$196 < 686 < 391 \text{ (Not Ok)}$$

Sehingga nilai F_{px} yang digunakan yaitu 391 kN

Gaya geser seismic desain untuk setiap lantai dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Gaya Desain Diafragma

Gaya Desain Diafragma										
Lantai	Wx (Kn)	wi kumulatif	Fi	Fi kumulatif	Wpx	Fpx	Batas Bawah	Batas Atas	Cek	Fpx yang digunakan
RoofTop	2478	2478	51	51	2231	46	31	62	Ok	45.965

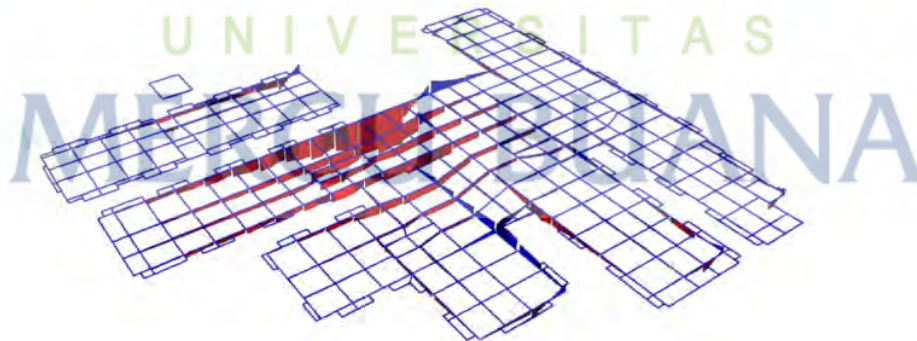
Lantai 9	15790	18268	661	712	14071	549	196	391	NotOk	391.390
Lantai 8	17317	35584	482	1194	13960	468	194	388	NotOk	388.321
Lantai 7	17711	53295	378	1572	13960	412	194	388	NotOk	388.321
Lantai 6	17703	70998	258	1830	13970	360	194	389	NotOk	388.581
Lantai 5	17950	88947	175	2005	13960	315	194	388	NotOk	388.321
Lantai 4	18219	107166	104	2109	13970	275	194	389	Ok	274.970
Lantai 3	18551	125718	49	2159	14296	245	199	398	Ok	245.475
Lantai 2	19633	145350	14	2173	15353	230	214	427	Ok	229.500
Lantai 1	21322	166673	0	2173	19172	250	267	533	Ok	249.911

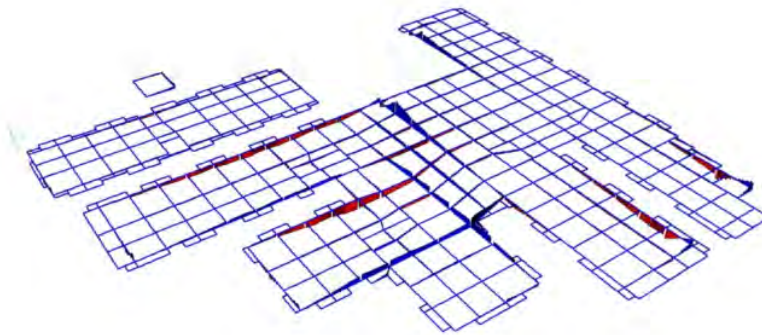
Berikut merupakan hasil *displacement* diafragma setelah diberikan gaya geser seismic pada Gambar 4.35.



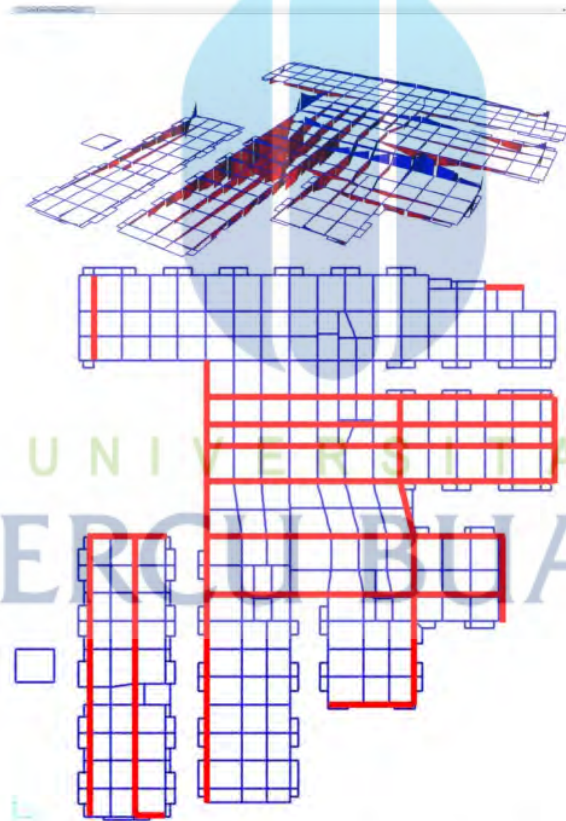
Gambar 4.35 *Displacement* diafragma

Menentukan penempatan area kord berdasarkan gaya tarik dan tekan pada diafragma seperti pada Gambar 4.36.





Gambar 4.36 Gaya Dalam tarik tekan diafragma untuk menentukan bagian kord
Menentukan penempatan area kolektor berdasarkan gaya tarik dan tekan pada diafragma seperti pada Gambar 4.37.



Gambar 4.37 Penempatan area kolektor

4.5 Perancangan Penulangan

4.5.1 Perancangan Penulangan Balok

Perhitungan Penulangan Balok B3

Output dari software SAP2000® yang digunakan untuk desain penulangan dapat dilihat pada

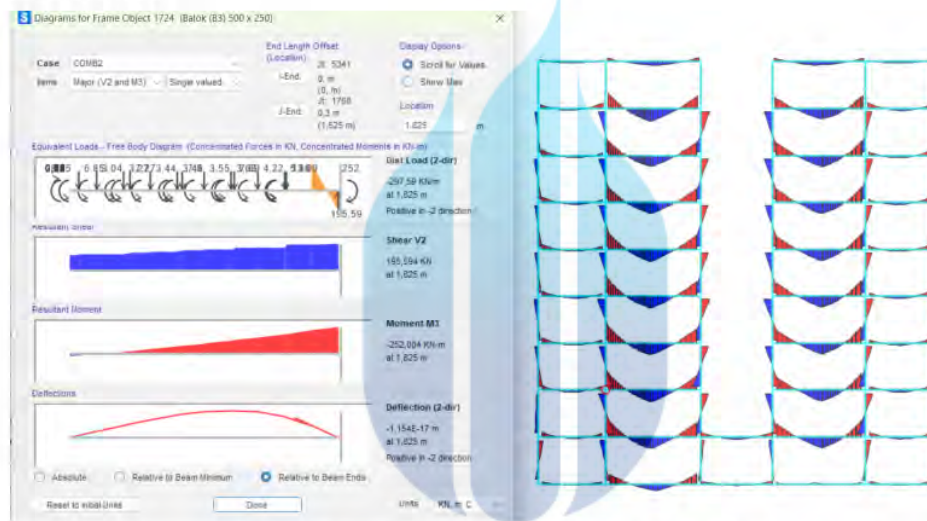
Gambar 4.38 dan Gambar 4.39.

$$M_{u,tumpuan}(-) = 252,004 \text{ ($$

Gambar 4.38)

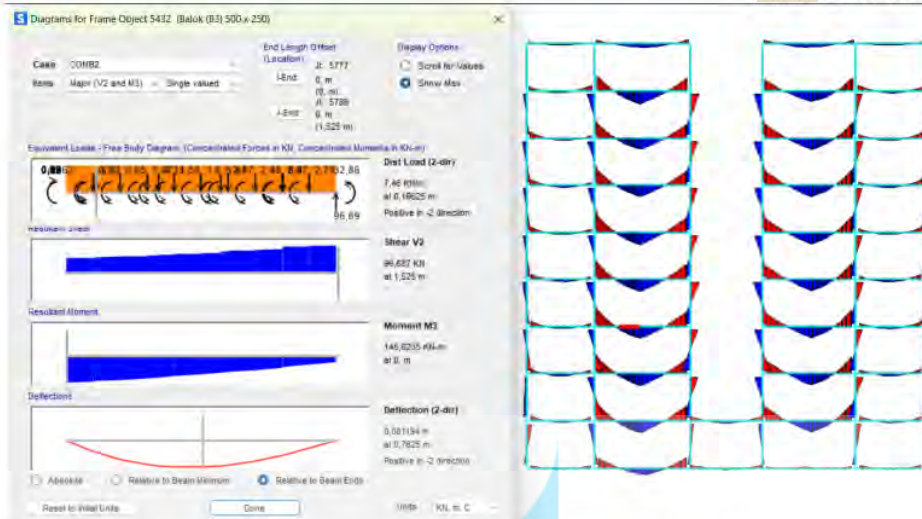
$$M_{u,lapangan}(+) = 145,624 \text{ ($$

Gambar 4.38)



Gambar 4.38 Output bagian Tumpuan Balok B3

UNIVERSITAS
MERCU BUANA



Gambar 4.39 Output bagian Lapangan Balok B3

5) 1) Properti Material Penampang

Panjang balok (L)

= 7075 mm

Lebar balok (b)

= 250 mm

Tinggi balok (h)

= 500 mm

Panjang Tumpuan = $2 \times h = 2 \times 500 = 1000 \text{ mm}$ (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.6.4.1)

Diameter Tulangan Longitudinal (d_b)

= 22 mm

Diameter Tulangan Sengkang (d_s)

= 16 mm

Selutut bersih (C_c)

= 40 mm

Tinggi Efektif Balok (d)

$$= h - C_c - d_s - \frac{d_b}{2}$$

Tinggi Efektif Balok (d)

$$= 500 - 40 - 13 - \frac{22}{2} = 436 \text{ mm}$$

Kuat Tekan Beton (f_c')

= 30 MPa

Kuat Leleh Baja Tulangan (f_y)

= 420 MPa

$$\beta_1 = 0,65 \leq 0,85 - \frac{0,05(f_c' - 28)}{7} \leq 0,85 \text{ (Tabel 4.27)}$$

$$= 0,65 \leq 0,85 - \frac{0,05(30 - 28)}{7} \leq 0,85$$

$$= 0,65 \leq 0,8357 \leq 0,85 \text{ (OK)}$$

Tabel 4.27 Nilai β_1 untuk distribusi tegangan beton persegi ekuivalen

$f_c', \text{ MPa}$	β_1	
---------------------	-----------	--

$17 < f'c' < 28$	0,85	a)
$28 < f'c' < 55$	$0,85 - \frac{0,05(f'c' - 28)}{7}$	b)
$f'c' \geq 55$	0,65	c)

SNI 2847 : 2019 Pasal 22.2.2.4.3

10

Panjang Kolom (C_1) = 600 mm (Sisi tegak lurus lebar balok)Lebar Kolom (C_2) = 300 mm (Sisi yang ditempel balok/sejajar lebar balok)

$$L_n = L - C_1 = 7075 - 2 * 300 = 6475 \text{ mm}$$

 $\lambda = 1$ (Asumsi tidak menggunakan beton ringan)

Syarat Gaya dan Geometri (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.6.2.1)

Syarat Tinggi Efektif = $L_n \geq 4d$

$$\text{Syarat Tinggi Efektif} = 6475 \geq 4(433) = 6475 \geq 1732 \text{ (OK)}$$

Syarat Lebar = $b \geq 0,3 h$ atau 250 mm

$$= 250 \geq 0,3(500) \text{ atau } 250 \text{ mm}$$

$$= 250 \geq 150 \text{ atau } 250 \text{ mm (OK)}$$

Syarat Lebar = $b \leq C_2$ dan $0,75C_1$ mm

$$= b \leq 300 \text{ dan } 0,75(600) \text{ mm}$$

$$= 250 \leq 300 \text{ dan } 540 \text{ mm (OK)}$$

2) Penulangan Lentur untuk Area Tumpuan

$$M_u, \text{ tumpuan (-)} = 252,004 \text{ kNm}$$

$$\text{Jumlah Tulangan negatif Tumpuan (n)} = 5$$

$$\text{Diameter Tulangan Longitudinal (d}_b\text{)} = 22 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Bersih Antar Tulangan} &= \frac{b - 2C_c - 2d_s - n * d_b}{n - 1} \\ &= \frac{250 - 2(40) - 2(13) - 5 * (22)}{5 - 1} = 8,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek jarak bersih = Jarak bersih $\geq d_b$ mm dan 25 mm (SNI 2847 : 2019 Pasal 25.2.1)

$$= 8,5 \geq 22 \text{ mm dan } 25 \text{ mm}$$

Jumlah lapis = Dikarenakan tidak memenuhi persyaratan Pasal 25.2.1 maka penulangan dibuat menjadi 2 lapis

Batasan Penulangan (SNI 2847:2019 Pasal 9.6.1.2)

$$A_{spasang} = n * \frac{\pi}{4} * d_b^2$$

$$= 5 * \frac{\pi}{4} * 22^2 = 1900,664 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{min,1}} = \frac{0,25\sqrt{f'_c}}{f_y} b_w d$$

$$= \frac{0,25\sqrt{30}}{420} (250)(436) = 1421,470 \text{ mm}^2$$

$$A_{s_{min,2}} = \frac{1,4}{f} b_w d$$

$$= \frac{1,4}{420} (250)(436) = 363,333 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cek } A_{s_{min}} = A_{s_{pasang}} \geq A_{s_{min,1}} \text{ dan } A_{s_{min,2}}$$

$$= 1900,664 \geq 1421,470 \text{ dan } 363,333 \text{ (OK)}$$

Rasio Penulangan (SNI 2847:2019 Pasal 18.6.3.1)

$$\rho = \frac{A_s}{b \times d}$$

$$= \frac{1900,664}{(250)(436)} = 0,01744$$

$$\rho_{max,1} = 0,75 * \rho_b = 0,75 * 0,85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} * (600(600 + f_y))$$

$$= 0,75 * \rho_b = 0,75 * 0,85 * 0,8357 * \frac{30}{420} * (600(600 + 420))$$

$$\rho_{max,1} = 0,02238$$

$$\rho_{max,2} = 2,5 \% = 0,025$$

$$\text{Cek } A_{s_{max}} = \rho \leq \rho_{max,1} \text{ dan } \rho_{max,2}$$

$$= 0,01744 \leq 0,02238 \text{ dan } 0,025 \text{ (OK)}$$

Jarak terjauh distribusi tegangan persegi beton (SNI 2847:2019 Pasal 22.2.2.4.1)

$$a = \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * b}$$

$$a = \frac{1900,664 * 420}{0,85 * 30 * 250} = 125,22 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - \frac{a}{2})$$

$$M_n = 2280,796 * 420 * \left(436 - \frac{125,22}{2}\right) = 298,069 \text{ kNm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = \frac{125,22}{0,8357} = 149,836 \text{ mm}$$

Regangan maksimum (SNI 2847:2019 Pasal 22.2.2.1)

$$\varepsilon_s = \frac{(d - c)}{c} * 0,003$$

$$\varepsilon_s = \frac{(436 - 149,836)}{149,836} * 0,003 = 0,006$$

Faktor reduksi kekuatan (SNI 2847:2019 Pasal 22.2.1; 22.2.2)

$$\varepsilon_{ty} = 0,002$$

$$\varepsilon_s = 0,004$$

$$\text{Regangan tarik netto} = 0,006 \geq 0,004$$

$$\text{Jenis tulangan} = \text{Tulangan lainnya}$$

Tabel 4.28 Faktor Reduksi kekuatan (ϕ) untuk momen, gaya aksial, atau kombinasi momen dan gaya aksial

Regangan tarik netto (ε_s)	Klasifikasi i	ϕ			
		Jenis tulangan transversal			
		Spiral sesuai 25.7.3		Tulangan lainnya	
$\varepsilon_s \leq \varepsilon_{ty}$	Tekanan terkontrol	0,75	a)	0,65	b)
$\varepsilon_{ty} < \varepsilon_s < 0,005$	Transisi ^[1]	$0,75 + 0,15 \frac{(\varepsilon_t - \varepsilon_{ty})}{(0,005 - \varepsilon_{ty})}$	c)	$0,65 + 0,25 \frac{(\varepsilon_t - \varepsilon_{ty})}{(0,005 - \varepsilon_{ty})}$	d)
$\varepsilon_s \geq 0,005$	Tekanan terkontrol	0,9	e)	0,9	f)

[1] Untuk penampang transisi, diperbolehkan memakai nilai faktor kekuatan sama dengan penampang terkontrol tekan

SNI 2847:2019 Pasal 22.2.1

$$\phi = 0,9 \text{ (dari Tabel 4.28)}$$

Kapasitas tulangan lentur pada balok B3

$$\phi M_n = 0,9 * 298,069 = 268,262 \text{ kNm}$$

Output SAP2000®

$$M_{u,tumpuan}(-) = 252,004 \text{ (dari}$$

Gambar 4.38)

Cek kapasitas

$$\phi M_n > M_{u,tumpuan}(-)$$

$$268,262 > 252,004 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{\left[f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right) \right]}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{252,004}{\left[420 * \left(436 - \frac{125,220}{2} \right) \right]} = 1606,925 \text{ mm}^2$$

Kesimpulan: Dibutuhkan 5D22 tulangan lentur untuk area tumpuan pada balok B3

3) Penulangan Lentur untuk Area Lapangan

$$M_{u, \text{lapangan}} (+) = 145,6235 \text{ kNm}$$

$$\text{Jumlah Tulangan negatif Tumpuan (n)} = 4$$

$$\text{Diameter Tulangan Longitudinal (d}_b\text{)} = 22 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \text{Jarak Bersih Antar Tulangan} &= \frac{b - 2C_c - 2d_s - n * d_b}{n - 1} \\ &= \frac{250 - 2(40) - 2(13) - 4 * (22)}{4 - 1} = 18,667 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek jarak bersih = Jarak bersih $\geq d_b$ mm dan 25 mm (SNI 2847 : 2019 Pasal 25.2.1)

$$= 18,667 \geq 22 \text{ mm dan } 25 \text{ mm}$$

Jumlah lapis = Dikarenakan tidak memenuhi persyaratan Pasal 25.2.1 maka penulangan dibuat menjadi 2 lapis

Batasan Penulangan (SNI 2847:2019 Pasal 9.6.1.2)

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= n * \frac{\pi}{4} * d_b^2 \\ &= 4 * \frac{\pi}{4} * 22^2 = 1520,531 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min},1} &= \frac{0,25 \sqrt{f_c'}}{f_y} b_w d \\ &= \frac{0,25 \sqrt{30}}{420} (250)(436) = 1421,470 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ min},2} &= \frac{1,4}{f} b_w d \\ &= \frac{1,4}{420} (250)(436) = 363,333 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek $A_{s \text{ min}} = A_{s \text{ pasang}} \geq A_{s \text{ min},1}$ dan $A_{s \text{ min},2}$

$$= 1520,531 \geq 1421,470 \text{ dan } 363,333 \text{ (OK)}$$

Rasio Penulangan (SNI 2847:2019 Pasal 18.6.3.1)

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{A_s}{b \times d} \\ &= \frac{1520,531}{(250)(436)} = 0,01395\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho_{\max,1} &= 0,75 * \rho_b = 0,75 * 0,85 * \beta_1 * \frac{f'_c}{f_y} * (600(600 + f_y)) \\ &= 0,75 * \rho_b = 0,75 * 0,85 * 0,8357 * \frac{30}{420} * (600(600 + 420))\end{aligned}$$

$$\rho_{\max,1} = 0,02238$$

$$\rho_{\max,2} = 2,5 \% = 0,025$$

$$\begin{aligned}\text{Cek } A_{s\max} &= \rho \leq \rho_{\max,1} \text{ dan } \rho_{\max,2} \\ &= 0,01395 \leq 0,02238 \text{ dan } 0,025 \text{ (OK)}\end{aligned}$$

Jarak terjauh distribusi tegangan persegi beton (SNI 2847:2019 Pasal 22.2.2.4.1)

$$\begin{aligned}a &= \frac{A_s * f_y}{0,85 * f'_c * b} \\ a &= \frac{1520,531 * 420}{0,85 * 30 * 250} = 100,1764 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - \frac{a}{2})$$

$$M_n = 1520,531 * 420 * \left(436 - \frac{100,1764}{2}\right) = 246,452 \text{ kNm}$$

$$c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$c = \frac{100,1764}{0,8357} = 119,869 \text{ mm}$$

Regangan maksimum (SNI 2847:2019 Pasal 22.2.2.1)

$$\epsilon_s = \frac{(d - c)}{c} * 0,003$$

$$\epsilon_s = \frac{(436 - 119,869)}{179,803} * 0,003 = 0,008$$

Faktor reduksi kekuatan (SNI 2847:2019 Pasal 22.2.1; 22.2.2)

$$\varepsilon_s = 0,008$$

$$\text{Regangan tarik netto} = 0,008 > 0,005$$

$$\text{Jenis tulangan} = \text{Tulangan lainnya}$$

$$\phi = 0,9 \text{ (Tabel 4.28)}$$

Kapasitas tulangan lentur pada balok B3

$$\phi M_n = 0,9 * 246,452 = 221,807 \text{ kNm}$$

Ouput SAP2000®

$$M_{u,tumpuan}(+) = 145,624 \text{ kNm (}$$

Gambar 4.38)

Cek kapasitas

$$\phi M_n > M_{u,tumpuan}(+)$$

$$221,807 > 145,624 \text{ (OK)}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{M_u}{\left[f_y * \left(d - \frac{a}{2} \right) \right]}$$

$$A_s \text{ perlu} = \frac{145,624}{\left[420 * \left(436 - \frac{100,176}{2} \right) \right]} = 898,450 \text{ mm}^2$$

Kesimpulan: Dibutuhkan 4D22 tulangan lentur untuk area lapangan pada balok B3

4) Penulangan geser untuk area Tumpuan

Gaya desain

$$V_{u,tumpuan}(-) = 195,594 \text{ kN}$$

$$V_{g,tumpuan}(-) = \text{Kombinasi Ultimit} = \text{Kombinasi 2}$$

$$= 1.2DL + 1.2SDL + 1.6LL = 195,594 \text{ kNm}$$

$$A_{s,tumpuan}(-) = 2280,796 \text{ mm}^2 \text{ (Kebutuhan Tulangan Lentur area tumpuan)}$$

$$a_{pr}^- = 1,25 * a$$

$$= 1,25 * 125,220 = 156,525 \text{ mm}$$

Momen lentur maksimum yang mungkin terjadi (SNI 2847:2019 Pasal 18.6.5)

$$M_{pr}^- = A_s^- * (1,25f_y) * \left(d - \frac{a_{pr}^-}{2} \right)$$

$$M_{pr}^- = 1900,664 * (1,25 * 420) * \left(436 - \frac{156,525}{2} \right) = 356967663 \text{ Nmm}$$

$$V_{sway} \text{ atau } V_{pr} = \frac{M_{pr}^-}{L_n}$$

$$= \frac{356967663}{5875} = 60760 \text{ N}$$

$$V_e = V_g + V_{pr}$$

$$= 195,594 * 1000 + 60760 = 256354 \text{ N}$$

Tahanan Geser Beton

Perhitungan $V_c = 0$ (SNI 2847: 2019 Pasal 18.6.5.2)

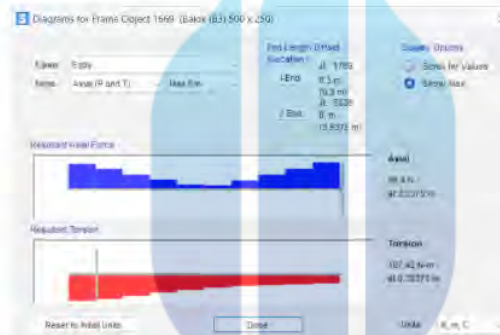
$$V_{pr} = 60760 \text{ N}$$

$$\frac{1}{2} V_e = \frac{256354}{2} = 128117 \text{ N}$$

$$A_g = b * h = 250 * 500 = 125000 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_g * f_c'}{20} = \frac{125000 * 30}{20} = 187500 \text{ N}$$

$$P_u = 96,4 \text{ N (dari Gambar 4.40)}$$



Gambar 4.40 Output SAP2000® (Gaya Aksial dan Torsi)

$$V_{pr} \geq \frac{1}{2} V_e \text{ dan } P_u < \frac{A_g * f_c'}{20}, \text{ maka } V_c = 0$$

$$60760 \geq 128117 \text{ (Not Ok)}$$

$$96,4 \geq 187500 \text{ (Not Ok)}$$

Sehingga $V_c = 0,17\lambda\sqrt{f_c'}b_w * d$ (dari SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.5.1)

$$= (0,17)(1)\sqrt{30}(250) * (436) = 101493 \text{ N}$$

Penulangan geser

$$\text{Jumlah kaki} = 2$$

$$A_v = n * \frac{\pi}{4} * d_s^2$$

$$= 2 * \frac{\pi}{4} * 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan (s) $\bar{=}$ 100 mm

Syarat maksimum spasi (dari SNI 2847 : 2019 Pasal 18.6.4.4)

Penempatan sengkang pengekang pertama harus tidak lebih dari 50 mm dari permukaan kolom penumpu.

$$\frac{d}{4} = \frac{436}{4} = 109 \text{ mm}$$

$$6 * d_b = 6 * 22 = 132 \text{ mm}$$

150 mm

Cek spasi $\bar{=}$ 100 < 109 < 132 < 150 mm (OK)

$$V_s = \frac{A_v * f_y * d}{s} \text{ (dari SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.10.5.3)}$$

$$= \frac{(265,465) * (420) * (436)}{100} = 486119 \text{ N}$$

Batas V_s (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.1.2)

$$V_s \leq 0,066 \sqrt{f_c'} b_w d$$

$$V_s \leq 0,066 \sqrt{30} (250) * (436) = 39403 \text{ N}$$

$\phi = 0,75$ (dari SNI 2847 : 2019 Pasal 12.5.3.2; 21.2.4)

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 100795 + 486119 = 587612 \text{ N}$$

$$V_u = V_e = 256354 \text{ N}$$

$$\text{Cek kapasitas } \frac{\phi V_n}{V_u} = \frac{(0,75)(587612)}{256354} = 1,719 \leq 1 \text{ (OK)}$$

Kesimpulan: Dibutuhkan D13_100 tulangan transversal untuk area tumpuan pada balok

B3. Bentuk penulangan dapat dilihat pada Lampiran

5) Penulangan geser untuk area Lapangan

Penulangan geser

Jumlah kaki $\bar{=}$ 2

$$A_v = n * \frac{\pi}{4} * d_s^2$$

$$= 2 * \frac{\pi}{4} * 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2$$

Jarak antar tulangan (s) $\bar{=}$ 130 mm

Syarat maksimum spasi (dari SNI 2847 : 2019 Pasal 18.6.4.4)

Penempatan sengkang pengekang pertama harus tidak lebih dari 50 mm dari permukaan kolom penumpu.

$$\frac{d}{2} = \frac{436}{2} = 218 \text{ mm (dari SNI 2847 : 2019 Pasal 18.6.4.6)}$$

Cek spasi $s = 130 < 218 \text{ mm (OK)}$

$$V_s = \frac{A_v * f_y * d}{s} \text{ (dari SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.10.5.3)}$$

$$= \frac{(265,465) * (420) * (436)}{130} = 373937 \text{ N}$$

Batas V_s (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.1.2)

$$V_s \leq 0,066\sqrt{f_c'}b_wd$$

$$V_s \leq 0,066\sqrt{30}(250) * (436) = 39403 \text{ N}$$

$$V_c = 0,17\lambda\sqrt{f_c'}b_w * d \text{ (dari SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.5.1)}$$

$$= (0,17)(1)\sqrt{30}(250) * (436) = 101493 \text{ N}$$

$\phi = 0,75$ (dari SNI 2847 : 2019 Pasal 12.5.3.2; 21.2.4)

$$V_n = V_c + V_s$$

$$= 101493 + 373937 = 475430 \text{ N}$$

$$V_u = V_e = 96687 \text{ N}$$

$$\text{Cek kapasitas } \frac{\phi V_n}{V_u} = \frac{(0,75)(475430)}{96687} = 3,688 \geq 1 \text{ (OK)}$$

Kesimpulan: Dibutuhkan D13_130 tulangan transversal untuk area lapangan pada balok B3

6) Penulangan torsi

Parameter Geometri Penampang

$$A_{cp} = b * h = 250 * 500 = 125000 \text{ mm}^2$$

$$P_{cp} = 2 * (b + h) = 2 * (250 + 500) = 1500 \text{ mm}$$

$$x_o = b - 2C_c - d_s = 250 - 2 * (40) - 13 = 157 \text{ mm}$$

$$y_o = h - 2C_c - d_s = 500 - 2 * (40) - 13 = 407 \text{ mm}$$

$$A_{oh} = x_o * y_o \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal R22.7.6.1.1)}$$

$$= 157 * 407 = 63899 \text{ mm}^2$$

$$A_o = 0,85 * A_{oh} \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.7.6.1.1)}$$

$$= 0,85 * 63899 = 54314 \text{ mm}^2$$

$$P_h = 2 * (x_o + y_o) \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.7.6.1.1)}$$

$$= 2 * (157 + 407) = 1128 \text{ mm}$$

Gaya dalam (Ouput SAP2000®®)

$$T_u = 5,74 \text{ kNm}$$

10

Pengecekan Kebutuhan Tulangan Torsi

$$T_{cr} = 0,33 * \sqrt{f'_c} * \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}}$$

$$= 0,33 * \sqrt{30} * \frac{125000^2}{1500} = 18827963 \text{ Nmm}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (Tabel 4.28)}$$

$$\frac{\phi T_{cr}}{4} = \frac{0,75 * 18827963}{4} = 3530243 \text{ Nmm} = 3,530243 \text{ kNm}$$

Cek kebutuhan tulangan torsi (SNI 2847 : 2019)

$$T_u > \frac{\phi T_{cr}}{4}$$

$$5,74 > 3,530243 \text{ (Dibutuhkan tulangan torsi)}$$

Pengecekan Kecukupan Dimensi Penampang

Jenis Torsi = Statis Tak Tentu / Kompatibilitas

$$T_{u \text{ pakai}} = \phi T_{cr} \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.7.3.2)}$$

$$= 0,75 * 18827963 = 14120972 \text{ Nmm}$$

$$V_u = 256354 \text{ N (Dari desain geser)}$$

$$V_c = 0,17 * \lambda * \sqrt{f'_c} * b * d \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.5.1)}$$

$$= 0,17 * 1 * \sqrt{30} * 250 * 436 = 101493 \text{ N}$$

Batasan penampang (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.7.7.1)

Untuk penampang solid

$$\sqrt{\left(\frac{V_u}{b_w d}\right)^2 + \left(\frac{T_u P_{h \text{ pakai}}}{1,7 A_{oh}^2}\right)^2} \leq \phi \left(\frac{V_c}{b_w d} + 0,66 \sqrt{f'_c}\right)$$

Ruas kiri

$$\sqrt{\left(\frac{256354}{(250) * (436)}\right)^2 + \left(\frac{(14120972 * 1128)}{1,7 * 63899^2}\right)^2} = 3,286 \text{ MPa}$$

Ruas kanan

$$0,75 \left(\frac{101493}{(250)(436)} + 0,66\sqrt{30} \right) = 3,410 \text{ MPa}$$

Cek dimensi penampang

Ruas Kiri $\leq$ Ruas Kanan

$$3,286 \leq 3,410 \text{ (OK)}$$

Penulangan Transversal Torsi

$$n \text{ kaki Tumpuan} = 2$$

$$n \text{ kaki Lapangan} = 2$$

Cek spasi (SNI 2847 : 2019 Pasal 9.7.6.3.3)

$$s \text{ Tumpuan} = 100 \text{ mm (sesuaikan dengan desai tulangan transversal)}$$

$$s \text{ Lapangan} = 130 \text{ mm (sesuaikan dengan desain tulangan transversal)}$$

$$s \text{ maksimum 1} = \frac{P_h}{8} = \frac{1128}{8} = 141 \text{ mm}$$

$$s \text{ maksimum 2} = 300 \text{ mm}$$

Cek spasi tumpuan

$$s \text{ tumpuan} \leq s \text{ maksimum 1 dan } s \text{ maksimum 2}$$

$$100 \leq 141 \text{ dan } 300 \text{ (OK)}$$

Cek spasi lapangan

$$s \text{ lapangan} \leq s \text{ maksimum 1 dan } s \text{ maksimum 2}$$

$$130 \leq 141 \text{ dan } 300 \text{ (OK)}$$

Persyaratan tulangan geser + tulangan torsi

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s_{\text{tumpuan pasang}}} &= n * \frac{\pi}{4} * \frac{d_s^2}{s} \\ &= 2 * \frac{\pi}{4} * \frac{13^2}{100} = 2,655 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{A_v}{s_{\text{lapangan pasang}}} = n * \frac{\pi}{4} * \frac{d_s^2}{s}$$

$$= 2 * \frac{\pi}{4} * \frac{13^2}{130} = 2,042 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_t}{s} &= \frac{T_u}{2 * \phi * A_o * f_y} \\ &= \frac{14120972}{2 * \phi * 54314 * 420} = 0,413 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s_{\text{tumpuan perlu}}} &= \frac{\pi}{4} * \frac{d_s^2}{s} \\ &= \frac{\pi}{4} * \frac{13^2}{100} = 1,327 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_v}{s_{\text{lapangan perlu}}} &= \frac{\pi}{4} * \frac{d_s^2}{s} \\ &= \frac{\pi}{4} * \frac{13^2}{130} = 1,021 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{v+t}}{s_{\text{tumpuan perlu}}} &= 2 * \frac{A_t}{s} + \frac{A_v}{s_{\text{tumpuan perlu}}} \\ \frac{A_{v+t}}{s_{\text{tumpuan perlu}}} &= 2 * 0,413 + 1,327 = 2,153 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{v+t}}{s_{\text{lapangan perlu}}} &= 2 * \frac{A_t}{s} + \frac{A_v}{s_{\text{lapangan perlu}}} \\ \frac{A_{v+t}}{s_{\text{tumpuan perlu}}} &= 2 * 0,413 + 1,021 = 1,846 \text{ mm} \end{aligned}$$

Syarat minimum

$$\begin{aligned} \frac{A_{v+t}}{s_{\text{min1}}} &= 0,062 * \sqrt{f'_c} * \frac{b}{f_y} \\ &= 0,062 * \sqrt{30} * \frac{250}{420} = 0,202 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{v+t}}{s_{\text{min2}}} &= 0,35 * \frac{b}{f_y} \\ &= 0,35 * \frac{250}{420} = 0,208 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek geser + torsi tumpuan

$$\frac{A_{v+t}}{s_{\text{tumpuan pasang}}} \geq \max \left(\frac{A_{v+t}}{s_{\text{tumpuan perlu}}}; \frac{A_{v+t}}{s_{\text{min1}}}; \frac{A_{v+t}}{s_{\text{min2}}} \right)$$

$$2,655 \geq 2,153 \text{ (OK)}$$

Cek geser + torsi lapangan

$$\frac{A_{v+t}}{s_{\text{lapangan pasang}}} \geq \max \left(\frac{A_{v+t}}{s_{\text{lapangan perlu}}}, \frac{A_{v+t}}{s_{\min 1}}, \frac{A_{v+t}}{s_{\min 2}} \right)$$

$$2,042 \geq 1,846 \text{ (OK)}$$

Penulangan Longitudinal Torsi

$d_b, \min$ (SNI 2847 : 2019 Pasal 9.7.5.2)

$$d_b, \min = 0,042 * s \geq 10 \text{ mm}$$

$$= 0,042 * 130 \geq 10 \text{ mm}$$

$$= 5,46 \geq 10 \text{ mm}$$

Sehingga $d_b, \min = 10 \text{ mm}$

Cek $d_b \geq d_b, \min$

$$22 \text{ mm} \geq 10 \text{ mm (OK)}$$

A_s perlu tumpuan atas = $1900,664 \text{ mm}^2$ (dari desain penulangan geser)

A_s perlu lapangan bawah = $1520,531 \text{ mm}^2$ (dari desain penulangan geser)

Luas tulangan longitudinal torsi

$$A_l = \frac{A_t}{s} * P_h \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.7.6.1)}$$

$$= 0,413 * 1128 = 465,501 \text{ mm}^2$$

$$A_l \min = 0,42 * \sqrt{f_c'} * \frac{A_{cp}}{f_y} - \left(\frac{A_t}{s} \right) * P_h$$

$$A_l \min = 0,42 * \sqrt{30} * \frac{125000}{450} - (0,413) * (1128) = 219,153 \text{ mm}^2$$

Sehingg A_l yang digunakan = $465,501 \text{ mm}^2 > 22,647 \text{ mm}^2$ (OK)

$$A_s + A_l \text{ perlu tumpuan} = 1900,664 + 465,501 = 2366,164 \text{ mm}^2$$

$$A_s + A_l \text{ perlu tumpuan} = 1520,531 + 465,501 = 1986,031 \text{ mm}^2$$

n tumpuan atas = 5 (dari desain penulangan lentur)

n tumpuan bawah = 2 (dari desain penulangan lentur)

n tumpuan tengah = 2 (kelipatan 2)

$$n \text{ tumpuan vertikal} = 2 + \frac{n \text{ tengah}}{2} = 2 + \frac{2}{2} = 3$$

n lapangan atas = 2 (dari desain penulangan lentur)

n lapangan bawah = 4 (dari desain penulangan lentur)

n lapangan tengah = 2 (kelipatan 2)

$$n \text{ lapangan vertikal} = 2 + \frac{n \text{ tengah}}{2} = 2 + \frac{2}{2} = 3$$

Spasi antar tulangan

$$\begin{aligned} \text{Spasi}_{\text{horizontal tumpuan}} &= \frac{(b - 2C_c - 2d_s - d_b)}{\min n_{\text{tumpuan atas atau tumpuan bawah}} - 1} \\ &= \frac{(250 - 2 * (240) - 2(13) - 22)}{2 - 1} = 122 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi}_{\text{horizontal lapangan}} &= \frac{(b - 2C_c - 2d_s - d_b)}{\min n_{\text{lapangan atas atau lapangan bawah}} - 1} \\ &= \frac{(250 - 2 * (240) - 2(13) - 22)}{2 - 1} = 122 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi}_{\text{vertikal tumpuan}} &= \frac{(h - 2C_c - 2d_s - d_b)}{\min n_{\text{tumpuan vertikal}} - 1} \\ &= \frac{(500 - 2 * (240) - 2(13) - 22)}{3 - 1} = 186 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spasi}_{\text{vertikal lapangan}} &= \frac{(h - 2C_c - 2d_s - d_b)}{\min n_{\text{lapangan vertikal}} - 1} \\ &= \frac{(500 - 2 * (240) - 2(13) - 22)}{3 - 1} = 186 \text{ mm} \end{aligned}$$

Cek spasi tulangan longitudinal tumpuan (SNI 2847 : 2019 Pasal 11.5.6.2)

Spasi maksimum antara Spasi_{horizontal tumpuan} dan Spasi_{vertikal tumpuan} = 186 cm

186 ≤ 300 mm (OK)

Spasi maksimum antara Spasi_{horizontal lapangan} dan Spasi_{vertikal lapangan} = 186 cm

186 ≤ 300 mm (OK)

$$\begin{aligned} A_s + A_l \text{ pasang tumpuan} &= n_{\text{tumpuan(atas+tengah+bawah)}} * \frac{\pi}{4} * d_s^2 \\ &= 5 + 2 + 2 * \frac{\pi}{4} * 22^2 = 3421,194 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s + A_l \text{ pasang lapangan} &= n_{\text{tumpuan(atas+tengah+bawah)}} * \frac{\pi}{4} * d_s^2 \\ &= 4 + 2 + 2 * \frac{\pi}{4} * 22^2 = 3041,062 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Cek lentur + torsi tumpuan

$A_s + A_l \text{ pasang} \geq A_s + A_l \text{ perlu}$

Daerah Tumpuan = $3421,194 \geq 2366,164$ (OK)

Daerah Lapangan = $3041,062 \geq 1986,031$ (OK)

Kesimpulan untuk penulangan torsi yaitu 2D22 untuk setiap sisi balok B3

4.5.2 Perancangan Penulangan Kolom

1) Properti Material dan Penampang

Panjang/ Tinggi kolom, $L = 3500$ mm

Sisi Pendek Kolom, $b = 300$ mm

Sisi Panjang Kolom, $h = 600$ mm

Diameter Tulangan Longitudinal, $d_b = 22$ mm

Diameter Tulangan Sengkang, $d_s = 13$ mm

Selimut bersih, $C_c = 40$ mm

Kuat Tekan Beton, $f'_c = 30$ Mpa

Kuat Leleh Baja Tulangan, $f_y = 420$ MPa

Tinggi balok, $h_b = 22$ mm

$L_n = 2550$ mm

Tabel 4.29 Output Aksial SAP2000

Aksial - Lentur					
Kondisi	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)	V2	V3
P max	382.05	3.576	4.3198	3.889	29.422
P min	-2985.015	1.3356	34.7011	34.685	1.372
M2 Max	-1218.311	101.0827	-7.3289	4.417	-66.644
M2 Min	-1729.436	-108.5062	6.6525	4.763	-69.388
M3 Max	-239.993	-4.5843	128.3138	72.571	-6.87
M3 Min	-1308.085	3.5838	-124.9446	78.839	-2.317

SAP2000®

Berikut merupakan output yang didapat dari software SAP2000® pada Tabel 4.29.

Pengolahan data menggunakan software SP Column®. Output dari Tabel 4.29 akan

diinputkan kedalam SP Column® seperti pada

Gambar 4.41.

Factored Loads

Load: 1308.08 (kNm)

X-Moment: 3.5838 (kNm)

Y-Moment: -124.945 (kNm)

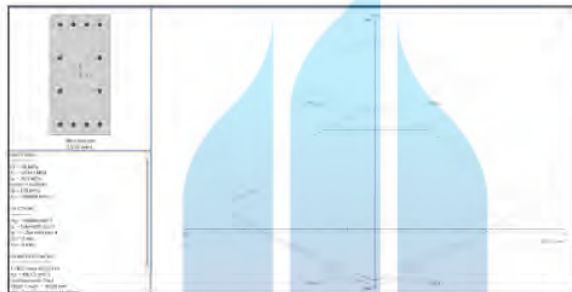
Buttons: Insert, Modify, Delete

No.	P	Mx	My
1	-392.05	3.576	4.3198
2	2965.01	1.3356	34.7011
3	1214.31	101.063	-7.3209
4	1729.44	-108.506	6.8525
5	239.993	-4.5843	128.314
6	1308.08	3.5838	-124.945

Buttons: OK, Cancel

Gambar 4.41 Factored Loads dari SP Column®

Hasil pengolahan data menggunakan SP Column disajikan di diagram kartesius seperti pada Gambar 4.42.



Gambar 4.42 Tampilan Hasil pengolahan SP Column

Data pada Gambar 4.42 dapat dibuat lebih rinci menjadi bentuk table seperti pada Gambar 4.43.

[illegible]

Gambar 4.43 Tampilan (2) Hasil pengolahan SP Column

2) Syarat Gaya dan Geometri

Syarat gaya aksial (SNI 2847 : 2019 Pasal R18.7.1)

$$P_u > 0,1 * A_g * f_c'$$

$$2985 * 1000 > 0,1 * 180000 * 30 \text{ (OK)}$$

Syarat sisi terpendek (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.7.2.1)

$$b \geq 300 \text{ mm}$$

$$300 \geq 300 \text{ mm (OK)}$$

Syarat rasio dimensi penampang (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.7.2.1)

$$\frac{b}{h} \geq 0,4$$

$$\frac{300}{600} = 0,5 \geq 0,4 \text{ (OK)}$$

3) Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial-Lentur (Menggunakan SP Column)

Jumlah tulangan, $n = 12$ buah

$$\text{Luas Tulangan Longitudinal, } A_s = n * \frac{\pi}{4} d_b^2$$

$$\text{Luas Tulangan Longitudinal, } A_s = 12 * \frac{\pi}{4} 22^2 = 4561,6 \text{ mm}^2$$

$$\text{Rasio penulangan, } \rho = \frac{A_s}{(b * h)}$$

$$\text{Rasio penulangan, } \rho = \frac{4561,6}{(300 * 600)} = 2,53\%$$

Cek $\rho_{\min}$ dan $\rho_{\max}$ (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.7.4.1)

$$1\% \leq \rho \leq 6\%$$

$$1\% \leq 2,53 \leq 6\% \text{ (OK)}$$

4) Pengecekan Strong Column – Weak Beam (SCWB)

$$\text{Momen nominal Kolom, } M_{nc} = 199,590 \text{ kNm}$$

$$M_n^- \text{ Tumpuan Balok} = 268,262 \text{ kNm}$$

$$M_n^+ \text{ Tumpuan Balok} = 0 \text{ kNm}$$

Cek SCWB (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.7.3.2)

5) Panjang Zona Sendi Plastis (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.7.5.1)

$$l_{o1} \geq h = 600 \text{ mm}$$

$$l_{o2} \leq \frac{L_n}{6}$$

$$l_{o3} \leq 450 \text{ mm}$$

Diambil nilai l_o yang terbesar yaitu 600 mm

6) Tulang Tranversal Zona Sendi Plastis / Tumpuan

$$\text{Jumlah kaki sisi pendek, } n_1 = 4$$

$$\text{Jumlah kaki sisi pendek, } n_2 = 4$$

$$\text{Spasi, } s = 75 \text{ mm}$$

$$\text{Spasi Kaki Terbesar, } X_{i \max} \leq 300 \text{ mm (SNI 2847 : 2019 Pasal R18.7.5.2)}$$

$$A_{sh1} = n * \frac{\pi}{4} * d_s^2$$

$$= 4 * \frac{\pi}{4} * 13^2 = 530,929 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh2} = n * \frac{\pi}{4} * d_s^2$$

$$= 4 * \frac{\pi}{4} * 13^2 = 530,929 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sh1}}{s} = \frac{530,929}{75} = 7,079 \text{ mm}$$

$$\frac{A_{sh2}}{s} = \frac{530,929}{75} = 7,079 \text{ mm}$$

7) Confinement/ Kekangan Zona Sendi Plastis (SNI 2847 : 2019 Pasal R18.7.5.2)

Lebar penampang inti beton, $b_c = b - 2C_c$

Lebar penampang inti beton, $b_c = 300 - 2 * 40 = 220 \text{ mm}$

Panjang penampang inti beton, $h_c = h - 2C_c$

Panjang penampang inti beton, $h_c = 600 - 2 * 40 = 520 \text{ mm}$

Luas Penampang Kolom, $A_g = b * h$

Luas Penampang Kolom, $A_g = 300 * 600 = 180000 \text{ mm}^2$

Luas Penampang Inti Beton, $A_{ch} = b_c * h_c$

Luas Penampang Inti Beton, $A_{ch} = 220 * 520 = 114400 \text{ mm}^2$

Sisi pendek/Sumbu Lemah (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.7.5.4)

$$\frac{A_{ch}}{s} \min, 1 = 0,3 * \left(b_c * \frac{f'_c}{f_y} \right) * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$= 0,3 * \left(220 * \frac{30}{420} \right) * \left(\frac{180000}{114400} - 1 \right) = 2,703 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{ch}}{s} \min, 2 = 0,09 * b_c * \frac{f'_c}{f_y}$$

$$= 0,09 * 220 * \frac{30}{420} = 1,414 \text{ mm}^2$$

Cek apakah $\frac{A_{ch}}{s} 1 \geq \frac{A_{ch}}{s} \min, 1$ atau $\frac{A_{ch}}{s} \min, 2$

7,079 $\geq$ 2,703 dan 1,414 (OK)

2
Sisi panjang/ Sumbu Kuat

$$\frac{A_{ch}}{s} \min, 1 = 0,3 * \left(h_c * \frac{f'_c}{f_y} \right) * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right)$$

$$= 0,3 * \left(520 * \frac{30}{420} \right) * \left(\frac{180000}{114400} - 1 \right) = 6,390 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{ch}}{s} \min, 2 = 0,09 * h_c * \frac{f'_c}{f_y}$$

$$= 0,09 * 520 * \frac{30}{420} = 3,343 \text{ mm}^2$$

$$\text{Cek apakah } \frac{A_{ch}}{s} 2 \geq \frac{A_{ch}}{s} \min, 1 \text{ atau } \frac{A_{ch}}{s} \min, 2$$

$$7,079 \geq 3,343 \text{ dan } 6,390 \text{ (OK)}$$

Cek spasi tulangan transversal (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.7.5.3)

$$S_{\max,1} = \frac{b}{4} = \frac{300}{4} = 75 \text{ mm}$$

$$S_{\max,2} = 6 * d_b = 6 * 22 = 132 \text{ mm}$$

$$h_x = X_{i \max} = 300 \text{ mm}$$

$$S_{\max,3} = S_o = 100 \text{ mm} < 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$$

$$= 100 \text{ mm} < 100 + \left(\frac{350 - 300}{3} \right) \text{ mm} \leq 150 \text{ mm}$$

$$= 100 \text{ mm} < 116,667 \text{ mm} \leq 150 \text{ mm (OK)}$$

$$S_{\max} = \text{minimum dari } S_{\max,1}, S_{\max,2}, S_{\max,3} = \text{__mm}$$

Cek Spasi

$$s \leq S_{\max}$$

$$75 \leq 75 \text{ (OK)}$$

8) Kuat Geser Zona Sendi Plastis

Gaya Geser Desain perlu input SP Column dengan $f_{pr} = 1.25 f_y$. Output SP Column setelah perubahan nilai f_{pr} dapat dilihat pada Gambar 4.44.

No	Pu	Mux	Muy	ϕM_{ux}	ϕM_{uy}	$\phi M_u/M_u$	NA Depth	dt Depth	ϵ_t	ϕ
	kN	kNm	kNm	kNm	kNm		mm	mm		
1	-902.05	3.58	4.32	139.57	168.54	99.016	114	377	0.09578	0.900
2	8985.01	1.34	34.70	4.63	175.38	3.613	274	754	-0.00073	0.650
3	1210.31	101.08	-7.37	-414.15	-10.03	4.097	340	801	0.00290	0.650
4	1729.44	-168.51	6.05	-197.11	34.35	3.668	338	601	0.01154	0.650
5	239.99	-4.56	128.31	-6.18	228.29	1.779	97	254	0.00488	0.667
6	1308.00	3.58	-124.94	5.29	-194.60	1.477	150	758	0.01181	0.650

Gambar 4.44 Tampilan Hasil pengolahan SP Column dengan $f_{pr}=1.25f_y$

$$M_{pr} \text{ kolom} = 228,290 \text{ kNm (Kolom } \phi M_{ny})$$

$$V_{u1} = 2 * M_{pr} \text{ kolom} / L_n \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.7.6.1)}$$

$$= 2 * 228,29 * 1000 / 3000 = 152193 \text{ N}$$

Gaya geser hasil analisis Struktur

$$V_{u2, \text{sumbu lemah}} = -69388 \text{ N (Nilai V3 dari Tabel 4.29)}$$

$$V_{u2, \text{sumbu kuat}} = 78839 \text{ N (Nilai V2 dari Tabel 4.29)}$$

Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah

$$V_u = \text{geser maksimum antara } (V_{u2, \text{sumbu lemah}} \text{ dan } V_{u2, \text{sumbu kuat}})$$

$$= 152193 \text{ N}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (dari Tabel 4.28)}$$

$$N_u = 2985,015 \text{ (Nilai Pmaks dari Tabel 4.29)}$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) * \lambda * \sqrt{f'_c} * h * d \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.6.1)}$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{2985,015}{14 * 300 * 600} \right) * 1 * \sqrt{30} * 600 * 236 = 327080 \text{ N}$$

$$V_s \text{ perlu} = \frac{V_u}{\phi} - V_c \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.10.1)}$$

$$= \frac{152193}{0,75} - 327080 = -124155 \text{ N}$$

Luas Tulangan geser (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.10.5.3)

$$\begin{aligned} \frac{A_s}{s} \text{ perlu} &= \frac{V_u}{(f_y * d)} \\ &= \frac{124155}{(420 * 436)} = 0,5515 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas minimum Tulangan Geser (SNI 2847 : 2019 Pasal 10.6.2.2)

$$\begin{aligned} \frac{A_s}{s} \text{ min}_1 &= 0,062 * \sqrt{f'_c} * \frac{h}{f_y} \\ &= 0,062 * \sqrt{30} * \frac{600}{420} = 0,2426 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_s}{s} \text{ min}_2 &= 0,35 * \frac{h}{f_y} \\ &= 0,35 * \frac{600}{420} = 0,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$\frac{A_s}{s}$ yang digunakan yaitu 0,5515 mm

$$\text{Cek } \frac{A_{sh}}{s}, 1 \geq \frac{A_s}{s}$$

$$7,079 \geq 0,5515 \text{ (OK)}$$

Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat

$$\begin{aligned} V_u &= \text{geser maksimum antara } V_{u2}, \text{ sumbu lemah dan } V_{u2}, \text{ sumbu kuat} \\ &= 152193 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (dari Tabel 4.28)}$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) * \lambda * \sqrt{f'_c} * b_w d \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.6.1)}$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{2985,015}{14 * 300 * 600} \right) * 1 * \sqrt{30} * 300 * 536 = 327080 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} V_s \text{ perlu} &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.10.1)} \\ &= \frac{152193}{0,75} - 327080 = 124155 \text{ N} \end{aligned}$$

Luas Tulangan geser (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.10.5.3)

$$\begin{aligned} \frac{A_s}{s} \text{ perlu} &= \frac{V_u}{(f_y * d)} \\ &= \frac{152193}{(420 * 536)} = 0,5515 \text{ mm} \end{aligned}$$

Luas minimum Tulangan Geser (SNI 2847 : 2019 Pasal 10.6.2.2)

$$\begin{aligned} \frac{A_s}{s} \min_1 &= 0,062 * \sqrt{f'_c} * \frac{b_w}{f_y} \\ &= 0,062 * \sqrt{30} * \frac{300}{420} = 0,2426 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_s}{s} \min_2 &= 0,35 * \frac{b_w}{f_y} \\ &= 0,35 * \frac{300}{420} = 0,25 \text{ mm} \end{aligned}$$

$\frac{A_s}{s}$ yang digunakan yaitu _mm

$$\text{Cek } \frac{A_{sh}}{s}, 1 \geq \max \left(\frac{A_s}{s} \text{ perlu}, \frac{A_s}{s} \min_1 \text{ dan } \frac{A_s}{s} \min_2 \right)$$

$$7,079 \geq 0,5515 \text{ (OK)}$$

9) Tulangan Transversal Luar Zona Sendi Plastis/Tumpuan

Jumlah Kaki sisi pendek, $n_1 = 2$ Jumlah Kaki sisi panjang, $n_2 = 2$ Spasi, $s = 90 \text{ mm}$

$$A_v \text{ sumbu lemah} = n_1 * \frac{\pi}{4} * d_s^2$$

$$= 2 * \frac{\pi}{4} * 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2$$

$$A_v \text{ sumbu kuat} = n_2 * \frac{\pi}{4} * d_s^2$$

$$= 2 * \frac{\pi}{4} * 13^2 = 265,465 \text{ mm}^2$$

10) Confinement/ Kekangan Luar Zona Sendi Plastis (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.7.5.5)

Spasi max 1 = $6 * d_b$

$$= 6 * 22 = 132 \text{ mm}$$

Spasi max 2 = 150 mm Cek spasi, $s \leq \text{Spasi max 1 dan Spasi max 2}$

$$90 \leq 132 \text{ dan } 150 \text{ (OK)}$$

11) Kuat Geser Luar Zona Sendi Plastis

Tahanan Geser Beton Sumbu Lemah

$$V_u = -69388 \text{ N}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (dari Tabel 4.28)}$$

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) * \lambda * \sqrt{f_c'} * h * d \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.6.1)}$$

$$= 0,17 \left(1 + \frac{2985,015}{14 * 300 * 600} \right) * 1 * \sqrt{30} * 600 * 236 = 288025 \text{ N}$$

$$V_s \text{ perlu1} = \frac{V_u}{\phi} - V_c \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.10.1)}$$

$$= \frac{-69388}{0,75} - 288025 = -380543 \text{ N}$$

$$V_s \text{ perlu2} = 0$$

 V_s perlu maksimum yang digunakan yaitu 0 N

Luas Tulangan geser (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.10.5.3)

$$\begin{aligned}\frac{A_s}{s} \text{ perlu} &= \frac{V_s}{(f_y * d)} \\ &= \frac{0}{(420 * 236)} = 0 \text{ mm}\end{aligned}$$

Luas minimum Tulangan Geser (SNI 2847 : 2019 Pasal 10.6.2.2)

$$\frac{A_s}{s} \text{ min}_1 = 0$$

$$\frac{A_s}{s} \text{ min}_2 = 0$$

$$\frac{A_s}{s} \text{ yang digunakan yaitu } _ \text{ mm}$$

$$\text{Cek } \frac{A_{sh}}{s}, 1 \geq \frac{A_s}{s}$$

$$\frac{265,45}{90} = 2,9494 \geq 0 \text{ (OK)}$$

Tahanan Geser Beton Sumbu Kuat

$$V_u = _ \text{ N}$$

$$\phi = 0,75 \text{ (dari Tabel 4.28)}$$

$$\begin{aligned}V_c &= 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) * \lambda * \sqrt{f'_c} * h * d \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.6.1)} \\ &= 0,17 \left(1 + \frac{N_u}{14A_g} \right) * \lambda * \sqrt{30} * h * d = _ \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_s \text{ perlu}_1 &= \frac{V_u}{\phi} - V_c \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.10.1)} \\ &= \frac{V_u}{0,75} - V_c = _ \text{ N}\end{aligned}$$

$$V_s \text{ perlu}_2 = 0$$

V_s perlu maksimum yang digunakan yaitu 0 N

Luas Tulangan geser (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.5.10.5.3)

$$\begin{aligned}\frac{A_s}{s} \text{ perlu} &= \frac{V_u}{(f_y * d)} \\ &= \frac{0}{(420 * 536)} = 0 \text{ mm}\end{aligned}$$

Luas minimum Tulangan Geser (SNI 2847 : 2019 Pasal 10.6.2.2)

$$\frac{A_s}{s} \min_1 = 0$$

$$\frac{A_s}{s} \min_2 = 0$$

$$\frac{A_s}{s} \text{ yang digunakan yaitu } \underline{\hspace{1cm}} \text{ mm}$$

$$\text{Cek } \frac{A_{sh}}{s}, 1 \geq \frac{A_s}{s}$$

$$\frac{265,45}{90} = 2,9494 \geq 0 \text{ (OK)}$$

4.5.3 Perancangan Penulangan Plat

1) Properti Material dan Penampang

2) Panjang Pelat Arah Sumbu 1, Arah Long = 5125 mm

Panjang Pelat Arah Sumbu 2, L_2 Arah Trans = 4000 mm

Tebal Pelat, $t = 150$ mm

Diameter Tulangan, $d_b = 13$ mm

Selimut bersih, $C_c = 20$ mm

Tebal Efektif Penampang, $d = 150 - 20 - 13 - \frac{13}{2} = 110,5$ mm

Kuat Tekan Beton, $f'_c = 30$ MPa

Kuat Leleh Tulangan, $f_y = 420$ MPa

Modulus Elastisitas Beton, $E_c = 25743$ mm

$$\beta_1 = 0,65 \leq 0,85 - \frac{0,05(f'_c - 28)}{7} \leq 0,85 \text{ (Tabel 4.27)}$$

$$= 0,65 \leq 0,85 - \frac{0,05(30 - 28)}{7} \leq 0,85$$

$$= 0,65 \leq 0,8357 \leq 0,85 \text{ (OK)}$$

$\lambda =$ Asumsi tidak menggunakan beton ringan = 1

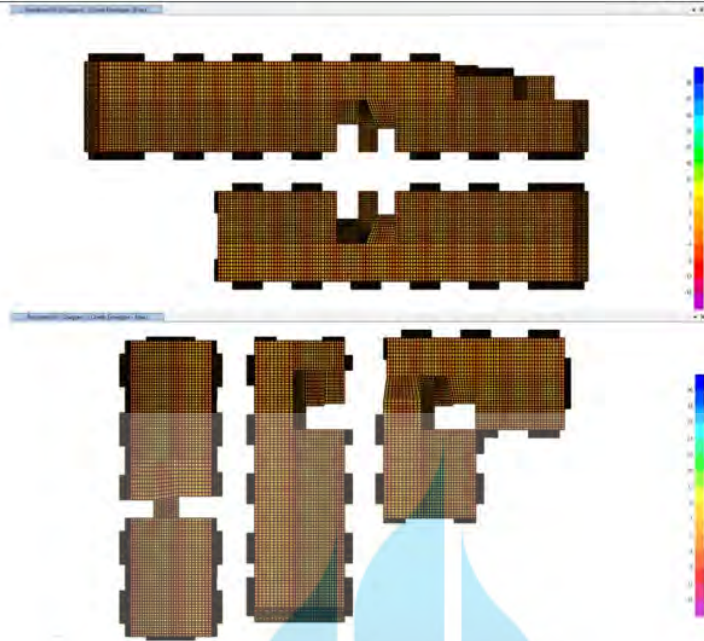
2) Gaya Dalam

Data-data gaya dalam merupakan output dari SAP2000®

$M_{yy \max} = 36$ kNm

3) Penulangan Lentur (Analisis untuk per meter lari)

Momen Positif M_{xx} untuk Tulangan Lapangan Bawah Arah Sumbu 1(X)



Gambar 4.45 Resultan M11 Diagram

Spasi tulangan (SNI 2847 : 2019 Pasal 8.7.2.2)

Spasi tulangan, $s = 125 \text{ mm}$

Spasi maksimum, $s_{\max}$ (penampang kritis) $= 2 * t \text{ dan } 450 \text{ mm}$
 $= 2 * 150 \text{ dan } 450 \text{ mm}$

Spasi maksimum, $s_{\max}$ (penampang bukan kritis) $= 3 * t \text{ dan } 450 \text{ mm}$
 $= 3 * 150 \text{ dan } 450 \text{ mm}$

Cek Spasi $\leq$ Spasi maksimum

$$125 \leq 300; 450 \text{ (OK)}$$

Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, $n = \frac{b}{s}$ (Analisis per 1 m)

$$\text{Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, } n = \frac{1000}{125} = 8 \text{ buah}$$

Diameter Tulangan, $d_b = 13 \text{ mm}$

Jarak bersih antar tulangan $= s - d_b$

$$\text{Jarak bersih antar tulangan} = 125 - 13 = 112 \text{ mm}$$

Cek jarak bersih antar tulangan (SNI 2847 : 2019 Pasal 25.2.1)

$$s - d_b \geq d_b \text{ dan } 25 \text{ mm}$$

$$112 \geq 13 \text{ dan } 25 \text{ mm (OK)}$$

Luas Tulangan Lentur (SNI 2847 : 2019 Pasal 7.6.1.1)

$$A_s \text{ pasang} = n * \frac{\pi}{4} * d_b^2$$

$$= 8 * \frac{\pi}{4} * 13^2 = 1061,858 \text{ mm}^2$$

Luas minimum tulangan lentur dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30 $A_{s,min}$ untuk pelat satu arah nonprategang

Tipe Tulangan	f_y , MPa	$A_{s,min}$	
Batang Ulir	< 420	$0,0020A_g$	
Batang Ulir atau kawat las	≥ 420	Terbesar dari :	$\frac{0,0018 \times 420}{f_y} A_g$
			$0,0014A_g$

SNI 2847 : 2019

$$A_{s,min1} \text{ untuk } f_y \geq 420 = \frac{0,0018 \times 420}{f_y} A_g$$

$$A_{s,min1} \text{ untuk } f_y < 420 = \frac{0,0018 \times 420}{420} b * t$$

$$= \frac{0,0018 \times 420}{420} * 1000 * 150 = 300 \text{ mm}^2$$

$$A_{s,min2} \text{ untuk } f_y \geq 420 = 0,0014 * A_g$$

$$A_{s,min2} \text{ untuk } f_y < 420 = 0,0014 * b * t$$

$$A_{s,min2} \text{ untuk } f_y < 420 = 0,0014 * 1000 * 150 = 270 \text{ mm}^2$$

Cek $A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ min}$

$$1061,858 \geq 300 \text{ (OK)}$$

$$\text{Tinggi Blok Beton, } a = \frac{A_s * f_y}{(0,85 * f'_c * b)} \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.2.2.4.1)}$$

$$= \frac{1061,858 * 420}{(0,85 * 30 * 1000)} = 17,489 \text{ mm}$$

$$\text{Kapabilitas lentur, } M_n = A_s * f_y * (d - \frac{a}{2})$$

$$= 1061,858 * 420 * \left(110,5 - \frac{17,489}{2}\right) = 45,381 \text{ kNm}$$

$$\text{Lokasi Garis Netral, } c = \frac{a}{\beta_1}$$

$$= \frac{17,489}{0,8357} = 20,928 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}\text{Regangan Tulangan Tarik, } \varepsilon_s &= \frac{d - c}{c} * 0,003 \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.2.1.2)} \\ &= \frac{110,5 - 20,928}{20,928} * 0,003 = 0,013\end{aligned}$$

Faktor reduksi, $\phi = 0,09$ (Tabel 4.28)

Kapasitas lentur Tereduksi, $\phi M_n = 0,09 * 45,381 = 40,843 \text{ kNm}$

Momen Ultimit, $M_u = 36 \text{ kNm}$ (dari Gambar 4.45 Resultan M11 Diagram)

Cek Kapasitas

$$\phi M_n > M_u$$

$$40,843 > 36 \text{ (OK)}$$

Momen Negatif M_{yy} untuk Tulangan Lapangan Atas Arah Sumbu 2(y)



Gambar 4.46 Resultan M22 Diagram

Spasi tulangan, $s = 125 \text{ mm}$

$$\begin{aligned}\text{Spasi maksimum, } s_{\max} \text{ (penampang kritis)} &= 2 * t \text{ dan } 450 \text{ mm} \\ &= 2 * 150 \text{ dan } 450 \text{ mm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Spasi maksimum, } s_{\max} \text{ (penampang bukan kritis)} &= 3 * t \text{ dan } 450 \text{ mm} \\ &= 3 * 150 \text{ dan } 450 \text{ mm}\end{aligned}$$

Cek Spasi $\leq$ Spasi maksimum

$$125 \leq 300; 450 \text{ (OK)}$$

$$\text{Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, } n = \frac{b}{s} \text{ (Analisis per 1 m)}$$

$$\begin{aligned}\text{Jumlah Tulangan Negatif Tumpuan, } n &= \frac{1000}{125} = 8 \text{ buah} \\ \text{IV-73}\end{aligned}$$

Diameter Tulangan, $d_b = 13\text{mm}$

Jarak bersih antar tulangan $= s - d_b$

Jarak bersih antar tulangan $= 125 - 13 = 112\text{ mm}$

Cek jarak bersih antar tulangan (SNI 2847 : 2019 Pasal 25.2.1)

$s - d_b \geq d_b$ dan 25 mm

$112 \geq 13$ dan 25 mm (OK)

Luas Tulangan Lentur (SNI 2847 : 2019 Pasal 7.6.1.1)

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= n * \frac{\pi}{4} * d_b^2 \\ &= 8 * \frac{\pi}{4} * 16^2 = 1608,495\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas minimum tulangan lentur dapat dilihat pada Tabel 4.30.

$$\begin{aligned} A_{s,\min 1} \text{ untuk } f_y \geq 420 &= \frac{0,0018 * 420}{f_y} A_g \\ A_{s,\min} \text{ untuk } f_y < 420 &= \frac{0,0018 * 420}{420} b * t \\ &= \frac{0,0018 * 420}{420} * 1000 * 150 = 300\text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s,\min 2} \text{ untuk } f_y \geq 420 = 0,0014 * A_g$$

$$A_{s,\min} \text{ untuk } f_y < 420 = 0,0014 * b * t$$

$$A_{s,\min} \text{ untuk } f_y < 420 = 0,0014 * 1000 * 150 = 270\text{ mm}^2$$

Cek $A_s \text{ pasang} \geq A_s \text{ min}$

$1608,495 \geq 300$ (OK)

$$\begin{aligned} \text{Tinggi Blok Beton, } a &= \frac{A_s * f_y}{(0,85 * f'_c * b)} \quad (\text{SNI 2847 : 2019 Pasal 22.2.2.4.1}) \\ &= \frac{1608,495 * 420}{(0,85 * 30 * 1000)} = 26,493\text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kapabilitas lentur, } M_n &= A_s * f_y * \left(d - \frac{a}{2}\right) \\ &= 1608,495 * 420 * \left(110,5 - \frac{26,493}{2}\right) = 62,661\text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Lokasi Garis Netral, } c &= \frac{a}{\beta_1} \\ &= \frac{26,493}{0,8357} = 31,701\text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Regangan Tulangan Tarik, } \epsilon_s &= \frac{d - c}{c} * 0,003 \text{ (SNI 2847 : 2019 Pasal 22.2.1.2)} \\ &= \frac{110,5 - 31,701}{31,701} * 0,003 = 0,007 \end{aligned}$$

Faktor reduksi, $\phi = 0,09$ (Tabel 4.28)

Kapasitas lentur Tereduksi, $\phi M_n = 0,09 * 62,661 = 56,395 \text{ kNm}$

Momen Ultimit, $M_u = 56 \text{ kNm}$ (dari Gambar 4.45 Resultan M11 Diagram)

Cek Kapasitas

$$\phi M_n > M_u$$

56,395 > 56 (OK)

4) Pengecekan Kapasitas Geser

Kapasitas Geser Beton, $V_c = 0,17 * \sqrt{f'_c} * b * d$
 $= 0,17 * \sqrt{30} * 1000 * 106 = 98,7 \text{ kN}$

Faktor Reduksi, $\phi = 0,75$

Ambang Batas Geser Pelat = $0,5 \cdot \phi \cdot V_c$ (SNI 2847 : 2019 Pasal 7.6.3.1)

Ambang Batas Geser Pelat = $0,5 * 0,75 * 98,7 = 37,0125 \text{ kN}$

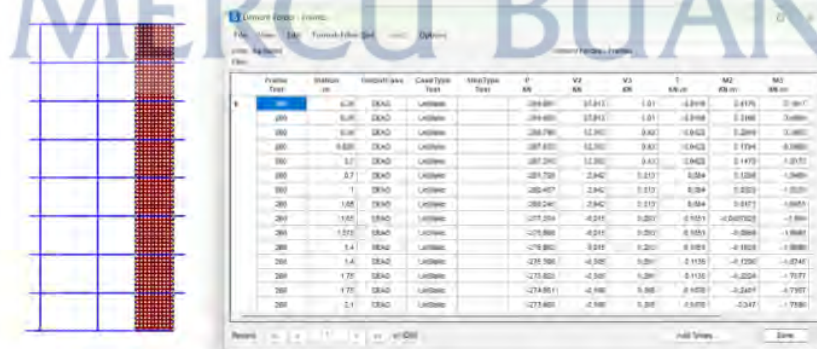
Cek kebutuhan tulangan geser pada pelat

$$V_u > 0,5 * \phi * V_c$$

$$V_u > 37,0125 \text{ (Perlu/Tidak Perlu)}$$

4.5.4 Perancangan Penulangan Shearwall

Berdasarkan SNI 2847 : 2019, diafragma struktur termasuk chords dan kolektor sebagai bagian dari diafragma.



Gambar 4.47 Output Gaya Aksial Kolom Kolektor

Output yang didapat dari SAP2000® selanjutnya diolah dengan mencari nilai maksimum dan minimum seperti pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31 Hasil pengolahan Output SAP2000®

Aksial - Lentur			
Kondisi	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)
P max	87.509	1.284	5.3944
P min	-655.013	1.8807	19.5116
M2 Max	-145.858	13.827	-9.7748
M2 Min	-194.757	-10.035	0.9377
M3 Max	-591.175	-4.2736	20.193
M3 Min	-207.515	10.0961	-14.254

Properti Material dan Penampang

Tebal dinding Geser $t_w = 200$ mm

Panjang (As ke As), $L = 3450$ mm

Panjang Kolom, $h_k = 300$ mm

Lebar Kolom, $b_k = 300$ mm

Tinggi Dinding Geser Total, $h_w = 28000$ mm

Diameter Tulangan Longitudinal badan, $d_l = 16$ mm

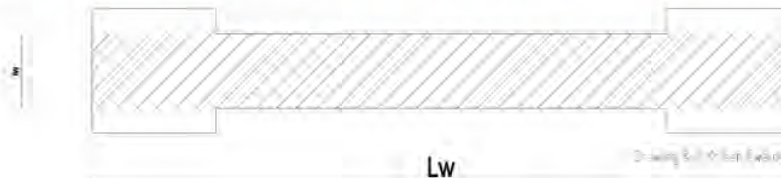
Diameter Tulangan Transversal badan, $d_t = 13$ mm

Diameter Tulangan Kolom, $d_b = 16$ mm

Kuat Tekan Beton, $f'_c = 30$ MPa

Kuat Lelah Baja Tulangan, $f_y = 420$ MPa

Geometri



Gambar 4.48 Geometri Penampang Shearwall

Panjang Total, $L_w = L + h_k$

$$\text{Panjang Total, } L_w = 3450 + 300 = 3750 \text{ mm}$$

$$\text{Panjang Bersih, } L_n = L - h_k$$

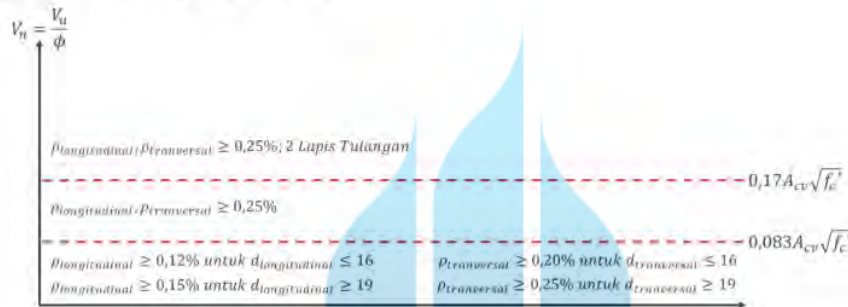
$$\text{Panjang Bersih, } L_n = 3450 - 300 = 3150 \text{ mm}$$

$$\text{Luas Penampang Melintang, } A_{cv} = t_w * L_w$$

$$\text{Luas Penampang Melintang, } A_{cv} = 200 * 3750 = 750000 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Total Dinding Geser, } A_w &= t_w * L_n + 2 * (b_k * h_k) \\ &= 200 * 3150 + 2 * (300 * 300) = 810000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kebutuhan Tulangan Minimum



Gambar 4.49 Kebutuhan Tulangan Minimum

$$\phi = 0,75$$

$$\text{Gaya Geser, } \frac{V_u}{\phi} = \frac{90,970 * 1000}{0,75} = 121293 \text{ N}$$

Batas Zona (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.10.2)

$$\begin{aligned} \text{Zona 1} &= 0,83 * A_{cv} * \sqrt{f_c'} \\ &= 0,83 * 750000 * \sqrt{30} = 340957 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Zona 2} &= 0,17 * A_{cv} * \sqrt{f_c'} \\ &= 0,17 * 750000 * \sqrt{30} = 698346 \text{ N} \end{aligned}$$

Gaya geser $\leq$ Zona 1

$$121293 \leq 340957$$

Kesimpulan Zona yang dipakai yaitu zona 1

Fungsi zona dan $\frac{h_w}{L_w}$

$$\frac{h_w}{L_w} = \frac{28000}{3750} = 7,4667 \geq 2$$

Rasio Tulangan Longitudinal Minimum, $\rho_{l,min} = 0,20 \%$

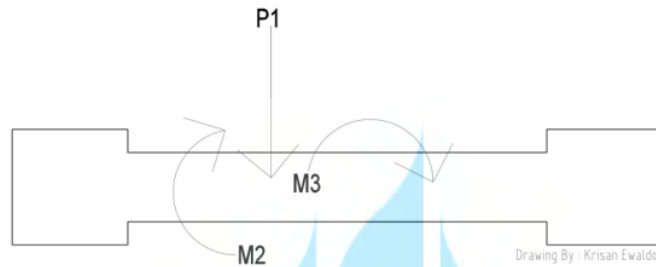
Rasio Tulangan Transversal Minimum, $\rho_{1,min} = 0,20 \%$

Cek kebutuhan 2 lapis tulangan

$$\frac{h_w}{L_w} = \frac{28000}{3750} = 7,4667 \geq 2 \text{ (Perlu)}$$

Jumlah lapis Tulangan Pakai, $n_{lapis} = 2$

Pengecekan Terhadap Gaya Dalam Aksial Lentur (SP Column)



Gambar 4.50 Diagram Interaksi

2 Bagian Badan

Spasi Tulangan Longitudinal, $s = 200 \text{ mm}$

Syarat Spasi Tulangan Maksimum (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.10.2)

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

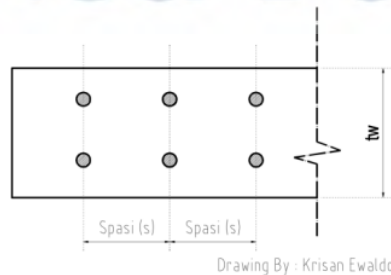
$$200 \leq 450 \text{ mm (OK)}$$

$$\begin{aligned} \text{Rasio Tulangan Kolom, } \rho_1 &= n_{lapis} * \frac{\left(\frac{\pi * d_1^2}{4}\right)}{t_w * s} \\ &= 2 * \frac{\left(\frac{\pi * 16^2}{4}\right)}{200 * 200} = 1,005\% \end{aligned}$$

Cek Rasio Tulangan Minimum = $\rho_1 \geq \rho_{1,min}$

Cek Rasio Tulangan Minimum = $1,005\% \geq 0,20\% \text{ (OK)}$

Bagian Kolom



Gambar 4.51 Rasio Penulangan

Jumlah Tulangan per kolom, $n = 16$ buah

$$\text{Rasio Tulangan Kolom, } \rho = n * \frac{\left(\frac{\pi * d_b^2}{4}\right)}{b_k * h_k}$$

$$= 8 * \frac{\left(\frac{\pi * 16}{4}\right)}{300 * 300} = 1,787\%$$

Cek Rasio Tulangan Kolom = $1\% \leq \rho \leq 6\%$

Cek Rasio Tulangan Kolom = $1\% \leq 1,787 \leq 6\%$ (OK)

Tabel 4.32 Output Kolom Shearwall

Aksial - Lentur			
Kondisi	P (kN)	M2 (kN-m)	M3 (kN-m)
P max	87.509	1.284	5.394
P min	-655.013	1.881	19.512
M2 Max	-145.858	13.827	-9.775
M2 Min	-194.757	-10.035	0.938
M3 Max	-591.175	-4.274	20.193
M3 Min	-207.515	10.096	-14.254

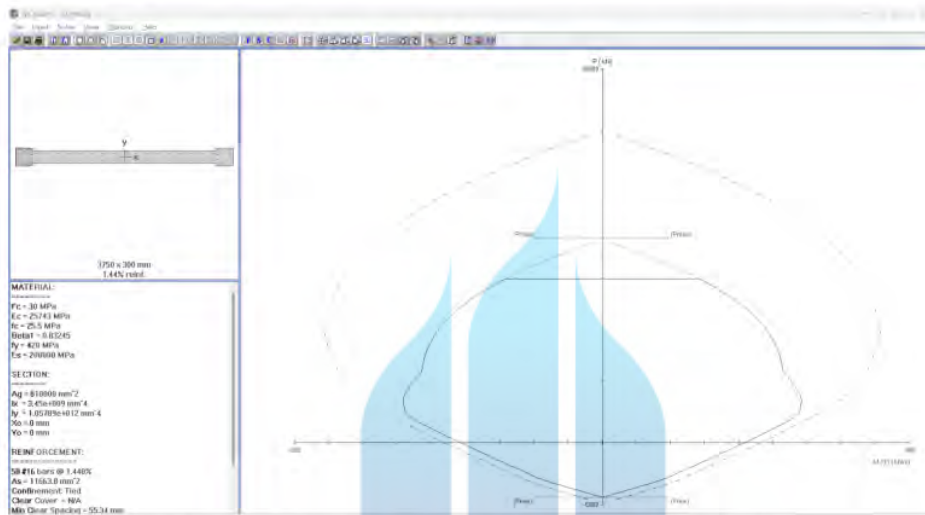
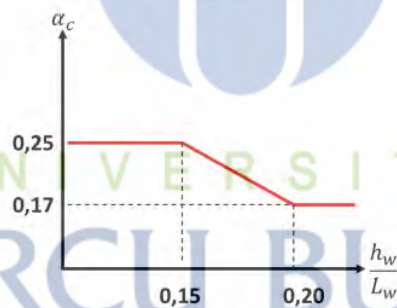
Hasil pengecekan dimensi kolom menggunakan Tabel 4.32 dengan SP Column dapat dilihat Gambar 4.52.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Factored Loads and Moments with Corresponding Capacities

NOTE: Design/Required ratio $\phi M_n/M_u \geq 1.00$

No	Pu	Mux	Muy	ϕMnx	ϕMny	$\phi M_n/M_u$	NA Depth	dt Depth	ct
	kN	kNm	kNm	kNm	kNm		mm	mm	
1	-87.51	1.28	5.39	14.24	59.82	11.088	80	293	0.00806
2	655.01	4.88	19.51	7.84	81.30	4.167	174	280	0.00182
3	145.86	13.83	-9.77	59.38	-41.98	4.295	151	349	0.00392
4	194.76	-10.03	0.94	-86.74	8.11	8.643	95	273	0.00571
5	591.17	-4.27	-20.19	-16.28	-76.93	3.810	184	306	0.00199
6	207.51	10.10	-14.25	-42.41	-59.88	4.201	160	349	0.00354

Gambar 4.52 Output SP column pada Kolom Shearwall
Pengecekan Kapasitas GeserGambar 4.53 Nilai α_c

Sumber: SNI 2847:2019 Pasal 18.10.4.1

$$\frac{h_w}{L_w} = \frac{28000}{3750} = 7,4667$$

Nilai α_c (dari Gambar 4.53)

$$\frac{h_w}{L_w} \leq 1,5; \text{ maka nilai } \alpha_c = 0,25$$

$$\frac{h_w}{L_w} \geq 2,0; \text{ maka nilai } \alpha_c = 0,17$$

Maka,

$$1,5 \leq \frac{h_w}{L_w} \leq 2,0$$

Sehingga nilai $\alpha_c = 0,17$

Spasi Tulangan Tranversal, $s = 200 \text{ mm}$

Cek spasi Tulangan Maksimum

$$s \leq 450 \text{ mm}$$

$$200 \leq 450 \text{ mm (OK)}$$

$$\text{Rasio tulangan Longitudinal, } p_t = n_{\text{lapis}} * \frac{\left(\frac{\pi}{4} * d_t^2\right)}{t_w * s}$$

$$\text{Rasio tulangan Longitudinal, } p_t = 2 * \frac{\left(\frac{\pi}{4} * 16\right)}{200 * 200} = 1,005\%$$

$$\text{Cek Rasio Tulangan Minimum } p_t \geq p_{1,\text{min}}$$

$$\text{Cek Rasio Tulangan Minimum } 1,005\% \geq 0,20\% \text{ (OK)}$$

Kuat geser dinding, V_n (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.10.4.1)

$$V_n = A_{cv}(\alpha_c * \sqrt{f'_c} + \rho_t * f_y)$$

$$= 750000(0,17 * \sqrt{30} + 1,005 * 420) = 3865072 \text{ N}$$

Batas kuat geser, $V_{n,\text{max}}$ (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.10.4.4)

$$V_{n,\text{max}} = 0,66 A_{cv} * \sqrt{f'_c}$$

$$V_{n,\text{max}} = 0,66 * (750000) * \sqrt{30} = 2711227 \text{ N}$$

Kuat geser pakai, $V_{n,\text{pakai}}$

$$V_{n,\text{pakai}} = \text{minimum}(V_n \text{ dan } V_{n,\text{max}})$$

$$= \text{minimum}(3865072 \text{ dan } 2711227) = 2711227 \text{ N}$$

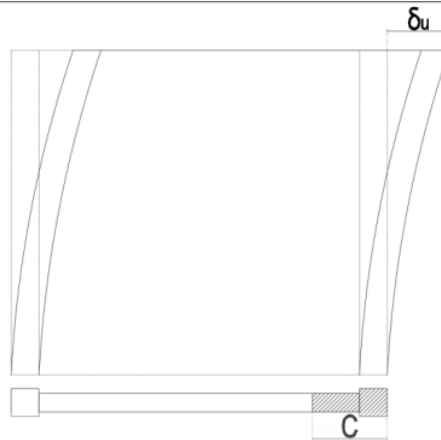
Cek kapasitas geser

$$V_{n,\text{pakai}} \geq V_u / \phi$$

$$\geq 2711227 / 121293 \text{ (OK)}$$

Pengecekan Kebutuhan Elemen Batas Khusus

Displacement Based Method (DBM)



Gambar 4.54 Zona Tekan Pada Shearwall

Panjang Zona Tekan, $c = 349$ mm

$$\delta_u = 0 \text{ mm}$$

$$\frac{\delta_u}{h_w} = \text{maksimum (0 dan 0,005)}$$

Cek kebutuhan Elemen Batas Khusus

$$c \geq \frac{\ell_w}{600 * (1,5 * \frac{\delta_u}{h_w})}$$

$$349 \geq \frac{3750}{600 * (1,5 * 0,005)} = 833,333$$

Panjang Elemen Batas Khusus, L_{BE} (SNI 2849 : 2019 Pasal 18.10.6.4)



Gambar 4.55 Panjang Elemen Batas Khusus

$$L_{BE,1} = c - 0,1L_w = 862,5 - 0,1 * (3750) = 487,5 \text{ mm}$$

$$L_{BE,2} = \frac{c}{2} = \frac{862,5}{2} = 431,25 \text{ mm}$$

$$L_{BE,3} = 300 + 300 = 600 \text{ mm}$$

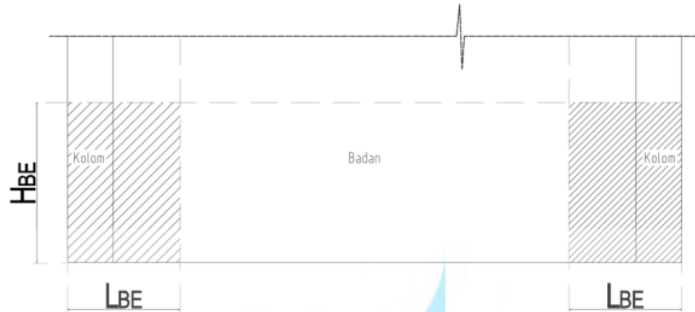
Panjang Elemen Batas Khusus diambil yang maksimum, $L_{BE} = 600$ mm

$$M_u = 20,193 \text{ kNm}$$

$$V_u = 90,97 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_u}{4V_u} = \frac{20,193}{4 * (90,97)} * 10^3 = 55,494 \text{ mm}$$

Tinggi Elemen Batas Khusus diambil yang maksimum, h_{BE}



Gambar 4.56 Tinggi Elemen Batas Khusus (EBM)

$$h_{BE} = \text{maksimum dari } \left(L_w \text{ dan } \frac{M_u}{4V_u} \right)$$

$$= \text{maksimum dari } (3750 \text{ dan } 55,49) = 3750 \text{ mm}$$

Strength Based Method (SBM)

$$\text{Luas Penampang Total, } A_g = 810000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Inersia Penampang Total, } I_g = \frac{1}{12} * t_w * L_n^3 + 2 * \left[\frac{1}{12} * b_k * h_k^3 + b_k * h_k * \left(\frac{L}{2} \right)^2 \right]$$

$$\text{Inersia Penampang Total, } I_g = \frac{1}{12} * 200 * 3150^3 + 2 * \left[\frac{1}{12} * 300 * 300^3 + 300 * 300 * \left(\frac{3450}{2} \right)^2 \right] = 105789375 * 10^4 \text{ mm}^4$$

$$\text{Tegangan} = \frac{P_u}{A_g} + \left(\frac{M_u}{I_g} * \frac{L}{2} \right)$$

Tegangan Kondisi 1

$$\frac{87,509 * 10^3}{810000} + \left(\frac{5,394 * 10^6}{105789375 * 10^4} * \frac{3450}{2} \right) = 0,117 \text{ MPa}$$

Tegangan Kondisi 2

$$\frac{655,013 * 10^3}{A_g} + \left(\frac{19,512 * 10^6}{105789375 * 10^4} * \frac{3450}{2} \right) = 0,840 \text{ MPa}$$

Tegangan Kondisi 3

$$\frac{145,858 * 10^3}{A_g} + \left(\frac{9,775 * 10^6}{105789375 * 10^4} * \frac{3450}{2} \right) = 0,196 \text{ MPa}$$

Tegangan Kondisi 4

$$\frac{194,757 * 10^3}{A_g} + \left(\frac{0,938 * 10^6}{105789375 * 10^4} * \frac{3450}{2} \right) = 0,242 \text{ MPa}$$

Tegangan Kondisi 5

$$\frac{591,175 * 10^3}{A_g} + \left(\frac{20,193 * 10^6}{105789375 * 10^4} * \frac{3450}{2} \right) = 0,763 \text{ MPa}$$

Tegangan Kondisi 6

$$\frac{207,515 * 10^3}{A_g} + \left(\frac{14,254 * 10^6}{105789375 * 10^4} * \frac{3450}{2} \right) = 0,279 \text{ MPa}$$

10

Tegangan Maksimum = maksimum (tegangan kondisi 1 – 6) = 0,840 MPa

Batas Tegangan, $0,2f'_c$ (SNI 2847 : 2019 Pasal 18.10.6.3)

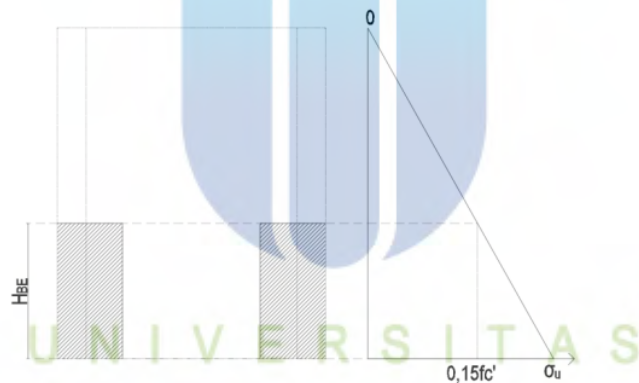
$$0,2f'_c = 0,2 * 30 = 6 \text{ MPa}$$

Cek kebutuhan Elemen Batang Khusus

Tegangan Maksimum $> 0,2f'_c$

$$0,840 > 6 \text{ (Tidak Perlu)}$$

Tinggi Elemen Batas Khusus, h_{BE}



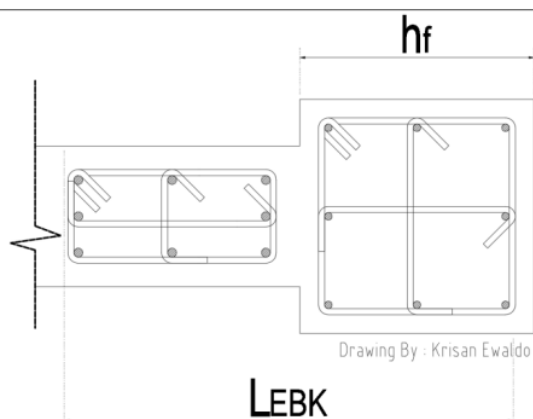
Gambar 4.57 Tinggi Elemen Batas Khusus (EBM)

$$\begin{aligned} h_{BE} &= h_w - \left(0,15 * \frac{f'_c}{\text{Tegangan}} \right) * h_w S \\ &= 28000 - \left(0,15 * \frac{30}{0,840} \right) * 28000 = -121915 \text{ mm} \leq 0 \end{aligned}$$

Maka Tinggi Elemen Batas Khusus, $h_{BE} = 0 \text{ mm}$

Penulangan Elemen Batas Khusus

Daerah Kolom



Gambar 4.58 Penulangan Elemen batas khusus daerah kolom

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

Diameter Confinement, $d_s = 16 \text{ mm}$

Jumlah Kaki Sejajar Lebar Kolom, $n_1 = 3$

Jumlah Kaki Sejajar Panjang Kolom, $n_2 = 3$

Spasi, $s = 100 \text{ mm}$

$$A_{sh,1} = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_s^2$$

$$= 3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 16^2 = 603,186 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh,2} = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_s^2$$

$$= 3 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 16^2 = 603,186 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sh,1}}{s} = \frac{603,186}{100} = 6,032 \text{ mm}$$

$$\frac{A_{sh,2}}{s} = \frac{603,186}{100} = 6,032 \text{ mm}$$

Lebar penampang inti beton, b_c (SNI 2874 : 2019 Pasal R18.10.6.4.1)

$$b_c = b_k - 2C_c$$

$$= 300 - 2 \cdot 50 = 200 \text{ mm}$$

Panjang penampang inti beton, h_c (SNI 2874 : 2019 Pasal R18.10.6.4.1)

$$h_c = h_k - 2C_c$$

$$= 300 - 2 \cdot 50 = 200 \text{ mm}$$

Luas Penampang Kolom, A_g

$$A_g = b_k \cdot h_k$$

$$= 300 * 300 = 90000 \text{ mm}^2$$

Luas Penampang Inti Beton, A_{ch}

$$A_{ch} = b_c * h_c$$

$$= 200 * 200 = 40000 \text{ mm}^2$$

Sejajar Lebar Kolom

$$\begin{aligned} \frac{A_{sh,min 1}}{s} &= 0,3 * \left(h_c * \frac{f'_c}{f_y} \right) * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\ &= 0,3 * \left(200 * \frac{30}{420} \right) * \left(\frac{90000}{40000} - 1 \right) = 5,357 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\frac{A_{sh,min 2}}{s} = 0,09 * h_c * f'_c / f_y$$

$$= 0,09 * 200 * \frac{30}{420} = 1,286 \text{ mm}$$

$$\text{Cek } \frac{A_{sh,1}}{s} \geq \text{maksimum} \left(\frac{A_{sh,min 1}}{s} \text{ dan } \frac{A_{sh,min 2}}{s} \right)$$

$$6,032 \geq (5,357 \text{ dan } 1,286) \text{ (OK)}$$

Sejajar Panjang Kolom

$$\begin{aligned} \frac{A_{sh,min 1}}{s} &= 0,3 * \left(b_c * \frac{f'_c}{f_y} \right) * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\ &= 0,3 * \left(200 * \frac{30}{420} \right) * \left(\frac{90000}{40000} - 1 \right) = 5,357 \text{ mm} \end{aligned}$$

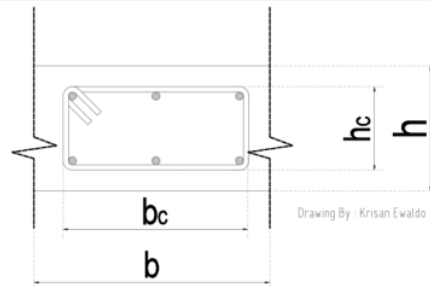
$$\frac{A_{sh,min 2}}{s} = 0,09 * b_c * f'_c / f_y$$

$$= 0,09 * 200 * \frac{30}{420} = 1,286 \text{ mm}$$

$$\text{Cek } \frac{A_{sh,2}}{s} \geq \text{maksimum} \left(\frac{A_{sh,min 1}}{s} \text{ dan } \frac{A_{sh,min 2}}{s} \right)$$

$$6,032 \geq (5,357 \text{ dan } 1,286 \text{ mm}) \text{ (OK)}$$

Daerah Badan



Gambar 4.59 Penulangan Elemen batas khusus daerah badan

10

Selimut beton, $C_c = 30 \text{ mm}$ Diameter Confinement, $d_s = 19 \text{ mm}$ Jumlah Kaki Sejajar Lebar Kolom, $n_1 = 2$ Jumlah Kaki Sejajar Panjang Kolom, $n_2 = 4$ Spasi, $s = 100 \text{ mm}$

$$A_{sh,1} = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_s^2 \quad (1)$$

$$= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 19^2 = 567,057 \text{ mm}^2$$

$$A_{sh,2} = n \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_s^2$$

$$= 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 19^2 = 567,057 \text{ mm}^2$$

$$\frac{A_{sh,1}}{s} = \frac{567,057}{100} = 5,67057 \text{ mm}$$

$$\frac{A_{sh,2}}{s} = \frac{567,057}{100} = 5,67057 \text{ mm}$$

Panjang Daerah EBK Badan, b

$$b = L_{BE} - h_k$$

$$= 600 - 300 = 300 \text{ mm}$$

Lebar Daerah EBK (Tebal dinding), h

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

Lebar penampang inti beton, b_c (SNI 2874 : 2019 Pasal R18.10.6.4.1)

$$b_c = b - 2C_c$$

$$= 300 - 2 \cdot (30) = 240 \text{ mm}$$

Panjang penampang inti beton, h_c (SNI 2874 : 2019 Pasal R18.10.6.4.1)

$$h_c = h - 2C_c$$

$$= 200 - 2 \cdot (30) = 140 \text{ mm}$$

Luas Penampang Kolom, A_g

$$\begin{aligned} A_g &= b * h \\ &= 300 * 200 = 60000 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas Penampang Inti Beton, A_{ch}

$$\begin{aligned} A_{ch} &= b_c * h_c \\ &= 240 * 140 = 33600 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Sejajar Dinding

$$\begin{aligned} \frac{A_{sh,min 1}}{s} &= 0,3 * \left(h_c * \frac{f'_c}{f_y} \right) * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\ &= 0,3 * \left(140 * \frac{30}{420} \right) * \left(\frac{60000}{33600} - 1 \right) = 2,357 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{sh,min 2}}{s} &= 0,09 * h_c * f'_c / f_y \\ &= 0,09 * 140 * \frac{30}{420} = 0,9 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek } \frac{A_{sh,1}}{s} &\geq \text{maksimum} \left(\frac{A_{sh,min 1}}{s} \text{ dan } \frac{A_{sh,min 2}}{s} \right) \\ 5,671 &\geq (2,357 \text{ dan } 0,9)(\text{OK}) \end{aligned}$$

Tegak Lurus Dinding

$$\begin{aligned} \frac{A_{sh,min 1}}{s} &= 0,3 * \left(b_c * \frac{f'_c}{f_y} \right) * \left(\frac{A_g}{A_{ch}} - 1 \right) \\ &= 0,3 * \left(240 * \frac{30}{420} \right) * \left(\frac{60000}{33600} - 1 \right) = 4,041 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{A_{sh,min 2}}{s} &= 0,09 * b_c * f'_c / f_y \\ &= 0,09 * 240 * \frac{30}{420} = 1,543 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek } \frac{A_{sh,2}}{s} &\geq \text{maksimum} \left(\frac{A_{sh,min 1}}{s} \text{ dan } \frac{A_{sh,min 2}}{s} \right) \\ 5,671 &\geq (4,041 \text{ dan } 1,543)(\text{OK}) \end{aligned}$$

Kesimpulan dibutuhkan Tukanan Kolom Longitudinal 8D16, Tulangan Tranversal (Sejajar Lebar) 3D16_100, (Sejajar Panjang) 3D16_100. Tulangan Badan Longitudinal 2D16_200, Tranversal 2D16_200

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berikut ini adalah kesimpulan dari hasil analisis terhadap perencanaan struktur akibat ketidakberaturan Horizontal.

1. Gedung 8 lantai (*The Green Condovilla*) memiliki nilai perioda, gaya geser, simpangan dan p delta antar lantai yang masih lolos syarat izin berdasarkan Standar Negara Indonesia 1726 tahun 2019.
2. Gedung 8 lantai (*The Green Condovilla*) memiliki “ketidakberaturan torsi berlebihan” dan “ketidakberaturan sudut dalam” yang didapat dengan cara mengolah data *displacement* yang dihasilkan oleh *software* SAP2000®.
3. Diafragma mendistribusikan gaya lateral dan disalurkan ke elemen vertikal melalui balok kolektor dan di sisi diafragma yang tidak terhubung langsung ke elemen vertikal merupakan balok kord yang berfungsi sebagai pengaku.
Namun hal tersebut tetap membuat struktur mengalami ketidakberaturan horizontal. Sehingga ditambahkan *shearwall* / diafragma vertikal untuk mengantisipasi ketidakberaturan horizontal. Dengan perubahan ratio simpangan untuk sumbu x mengalami penurunan 19% dan untuk sumbu y mengalami penurunan 17% .

5.2 Saran

1. Proses pemodelan harus dilakukan secara teliti untuk mengantisipasi adanya elemen yang bergerak bebas / tidak tersambung dengan struktur utama sehingga dapat berdampak pada hasil periode yang menjadi tahap awal dalam pemodelan.
2. Pada saat analisis akibat ketidakberaturan horizontal diperhatikan terlebih dahulu arah rotasi total bangunan untuk mempermudah dalam mengetahui lokasi pemasangan *Shearwall*/ Diafragma.

ORIGINALITY REPORT

15%

SIMILARITY INDEX

15%

INTERNET SOURCES

6%

PUBLICATIONS

12%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	Submitted to Universitas Bung Hatta Student Paper	3%
2	e-journal.uajy.ac.id Internet Source	2%
3	positori.umsu.ac.id Internet Source	2%
4	positori.ummat.ac.id Internet Source	2%
5	Submitted to Fakultas Ekonomi dan Bisnis Universitas Gadjah Mada Student Paper	2%
6	Submitted to Politeknik Negeri Bandung Student Paper	1%
7	Submitted to Universitas Islam Indonesia Student Paper	1%
8	jurnal.pnj.ac.id Internet Source	1%

sipil.ejournal.web.id

<http://digilib.mercubuana.ac.id/>

9

Internet Source

1 %

10

repository.um-surabaya.ac.id

Internet Source

1 %

11

link.springer.com

Internet Source

1 %

12

ejournal.unsri.ac.id

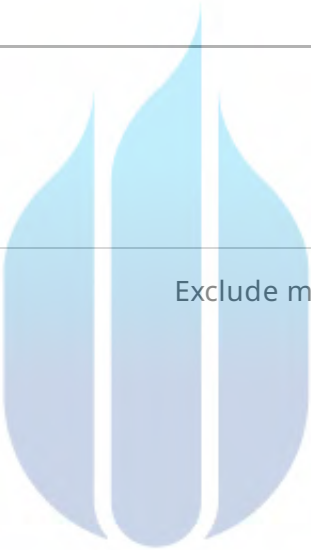
Internet Source

1 %

Exclude quotes On

Exclude bibliography On

Exclude matches < 1 %



UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Revisi Tugas Akhir_Krisan Ewaldo

T_41122120059_3_removed.pdf

PAGE 1

PAGE 2

PAGE 3

PAGE 4

PAGE 5

PAGE 6

PAGE 7

PAGE 8

PAGE 9

PAGE 10

PAGE 11

PAGE 12

PAGE 13

PAGE 14

PAGE 15

PAGE 16

PAGE 17

PAGE 18

PAGE 19

PAGE 20

PAGE 21

PAGE 22

PAGE 23

PAGE 24



PAGE 25

PAGE 26

PAGE 27

PAGE 28

PAGE 29

PAGE 30

PAGE 31

PAGE 32

PAGE 33

PAGE 34

PAGE 35

PAGE 36

PAGE 37

PAGE 38

PAGE 39

PAGE 40

PAGE 41

PAGE 42

PAGE 43

PAGE 44

PAGE 45

PAGE 46

PAGE 47

PAGE 48

PAGE 49

PAGE 50



PAGE 51

PAGE 52

PAGE 53

PAGE 54

PAGE 55

PAGE 56

PAGE 57

PAGE 58

PAGE 59

PAGE 60

PAGE 61

PAGE 62

PAGE 63

PAGE 64

PAGE 65

PAGE 66

PAGE 67

PAGE 68

PAGE 69

PAGE 70

PAGE 71

PAGE 72

PAGE 73

PAGE 74

PAGE 75

PAGE 76



PAGE 77

PAGE 78

PAGE 79

PAGE 80

PAGE 81

PAGE 82

PAGE 83

PAGE 84

PAGE 85

PAGE 86

PAGE 87

PAGE 88

PAGE 89

PAGE 90

PAGE 91

PAGE 92

PAGE 93

PAGE 94

PAGE 95

PAGE 96

PAGE 97

PAGE 98

PAGE 99

PAGE 100

PAGE 101

PAGE 102



PAGE 103

PAGE 104

PAGE 105

PAGE 106

PAGE 107

PAGE 108

PAGE 109

PAGE 110

PAGE 111

PAGE 112

PAGE 113

PAGE 114

PAGE 115

PAGE 116

PAGE 117

PAGE 118

PAGE 119

