

PERENCANAAN STRUKTUR GEDUNG 5 LANTAI KOMBINASI ANTARA PUSAT PERBELANJAAN DAN RUMAH SUSUN DENGAN SISTEM PEMIKUL GAYA LATERAL DINDING GESER BETON BERTULANG KHUSUS DI DOYO BARU KABUPATEN JAYAPURA

Nasrullah^{1*}, Leary Pakiding², dan Dewi Anggraeni³

^{1*}Mahasiswa pada Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, e-mail: nasrullahdoy28@gmail.com

²Staf Pengajar pada Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, e-mail: pakiding.leary@gmail.com

³Staf Pengajar pada Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, e-mail: dewipapua2009@gmail.com

ABSTRAK

Kecenderungan warga untuk memilih tempat tinggal yang tidak jauh dari pusat-pusat layanan umum memunculkan pemikiran untuk me-redesain Gedung Rumah Susun Papua di Doyo Baru, Kabupaten Jayapura, agar juga mempunyai fungsi sebagai tempat aktivitas ekonomi selain sebagai tempat tinggal. Penelitian ini bertujuan untuk memodifikasi Gedung Rumah Susun Papua 3 dengan 3 lantai menjadi 5 lantai, yang bisa berfungsi sebagai tempat tinggal dan pusat perbelanjaan. Gedung direncanakan menggunakan sistem pemikul gaya lateral dinding geser beton bertulang khusus sesuai dengan SNI-03-2847-2019 dan SNI 1726-2019. Analisis menggunakan aplikasi ETABS dalam mencari dan menentukan kekuatan struktur yang bekerja pada beban *ultimit*, defleksi struktur pada saat beban layan, dan kontrol retak penampang yang terjadi saat beban layan sesuai SNI 1726-2019 sedangkan detail penulangan disesuaikan dengan SNI-03-2847-2019. Kekuatan struktur sistem pemikul gaya lateral dinding geser beton bertulang didesain mampu menahan 100% gaya lateral dan sistem rangka bangunan hanya menahan gaya gravitasi.

Kata Kunci: *Dinding Geser Beton Bertulang Khusus, Spektrum Respon, Gaya Geser Dasar, Simpangan Lantai, Periode*

1. PENDAHULUAN

Kecenderungan warga untuk memilih tempat tinggal yang tidak jauh dari pusat-pusat layanan umum memunculkan pemikiran untuk me-redesain Gedung Rumah Susun Papua di Doyo Baru, Kabupaten Jayapura, agar juga mempunyai fungsi sebagai tempat aktivitas ekonomi selain sebagai tempat tinggal. Gedung Rumah Susun Papua 3 ini yang semula 3 (tiga) lantai dimodifikasi menjadi 5 (lima) lantai dengan penambahan fungsi selain sebagai tempat tinggal juga sebagai pusat perbelanjaan. Gedung direncanakan menggunakan sistem pemikul gaya lateral dinding geser beton bertulang khusus sesuai dengan SNI-03-2847-2019 (tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung) dan SNI 1726-2019 (tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung) karena berada pada zona gempa V. Redesain Gedung Rumah Susun Papua 3 akan meliputi elemen struktur atas dan struktur bawah, antara lain terdiri dari: 1. menghitung analisis struktur gedung yang berada pada zona gempa V dengan sistem pemikul gaya lateral dinding geser beton bertulang khusus; 2. mendesain elemen struktur atas meliputi dinding geser (*shear wall*), kolom, balok dan pelat lantai; dan 3. mendesain elemen struktur bawah meliputi *pile cap*, dan pondasi *bored pile*. Pada penelitian ini, elemen-elemen struktur pendukung seperti tangga, elevator, balok anak dan dinding pengisi dianggap sebagai beban pada struktur utama dan tidak didesain. Analisis dan desain struktur menggunakan alat bantu program komputer yaitu ETABS.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Konsep Dasar Perencanaan Struktur Tahan Gempa

Indonesia sebagai salah satu negara di dunia dengan jumlah gempa tahunan yang cukup tinggi (*BMKG, 2019*) mensyaratkan setiap konstruksi bangunan didesain untuk menahan gaya gempa, khususnya di Provinsi Papua yang berada pada zona gempa V. Dalam merencanakan bangunan, beban gempa harus diperhitungkan dalam desain sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI). Perencanaan suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah memenuhi falsafah perencanaan gedung tahan gempa, yaitu:

- a) Bangunan dapat menahan gempa bumi kecil atau ringan tanpa mengalami kerusakan.

b) Bangunan dapat menahan gempa bumi sedang tanpa kerusakan yang berarti pada struktur utama walaupun ada kerusakan pada struktur sekunder.

Bangunan harus dapat menahan gempa bumi kuat tanpa mengalami keruntuhan total bangunan, walaupun bagian struktur utama sudah mengalami kerusakan (Teruna, 2007).

Perencanaan Kapasitas

Faktor daktilitas suatu struktur gedung merupakan dasar bagi penentuan beban gempa yang bekerja pada struktur gedung. Karena itu tercapainya tingkat daktilitas yang diharapkan harus terjamin dengan baik. Hal ini dapat tercapai dengan menetapkan suatu persyaratan yang disebut “kolom kuat balok lemah”. Hal ini berarti bahwa akibat pengaruh Gempa Rencana, sendi-sendi plastis di dalam struktur gedung hanya boleh terjadi pada ujung-ujung balok dan pada kaki kolom dan kaki dinding geser saja.

Sistem Struktur Penahan Gempa

Sistem Struktur Bangunan Tahan Gempa terdiri dari 4 jenis sistem struktur dasar yang ditetapkan dalam peraturan perencanaan gempa Indonesia (SNI 1726-2019), yaitu:

1. Sistem dinding penumpu
2. Sistem rangka bangunan
3. Sistem rangka pemikul momen
4. Sistem ganda (*Dual System*)

Beton Bertulang

Beton bertulang adalah merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan: beton polos yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatan tarik yang rendah dan batang-batang baja yang ditanamkan di dalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan (Wang, 1993:1).

Dinding Geser (*Shear Wall*)

Dinding geser (*shear wall*) adalah jenis struktur dinding yang berbentuk beton bertulang yang biasanya dirancang untuk menahan geser, gaya lateral akibat gempa bumi. Dengan adanya dinding geser yang kaku pada bangunan, sebagian besar beban gempa akan terserap oleh dinding geser tersebut. Fungsi dinding geser (*shear wall*) ada 2, yaitu kekuatan dan kekakuan.

Diafragma, Kord dan Kolektor

1. Gaya desain diafragma
2. Elemen kolektor
3. Kord
4. Fleksibilitas diafragma
5. Eksentrisitas rencana
6. Torsi bawaan
7. Torsi tak terduga
8. Penentuan simpangan antar lantai

Dinamika Struktur

1. Struktur derajat kebebasan tunggal (SDOF)
2. Struktur derajat kebebasan banyak (MDOF)
3. Sistem redaman (*Damped System*)

Ketentuan Perencanaan Pembebanan

Dalam melakukan analisis desain suatu struktur, perlu ada gambaran yang jelas mengenai perilaku dan besar beban yang bekerja pada struktur. Hal penting yang mendasar adalah pemisahan antara beban-beban yang bersifat statis dan dinamis. Gaya statis adalah gaya yang bekerja secara perlahan-lahan pada struktur dan mempunyai karakter *steady-state*. Gaya dinamis adalah gaya yang bekerja secara tiba-tiba pada struktur. Secara

umum beban-beban yang harus diperhitungkan dalam perancangan suatu struktur bangunan adalah sebagai berikut:

1. Beban mati
2. Beban hidup
3. Beban gempa
4. Beban angin

Perencanaan Ketahanan Gempa

1. Gempa rencana
2. Faktor keutamaan dan kategori risiko struktur bangunan
3. Klasifikasi situs
4. Parameter percepatan gempa
5. Koefisien situs dan parameter spektral percepatan gempa maksimum
6. Parameter percepatan spektral desain
7. Spektrum respon desain
8. Kategori desain seismik (KDS)
9. Struktur penahan beban gempa
10. Gaya geser dasar seismik
11. Penentuan periode
12. Periode fundamental pendekatan
13. Distribusi vertikal gaya gempa
14. Distribusi horisontal gaya gempa

Penyelidikan Tanah

Penyelidikan tanah di lokasi suatu gedung berkaitan dengan beban gempa dan penentuan pondasi gedung. Sehubungan dengan pembebanan gempa, jenis tanah memengaruhi kelas situs pada perencanaan beban gempa. Sementara itu, berkaitan dengan penentuan pondasi, jenis tanah akan sangat mempengaruhi penentuan jenis pondasi yang akan digunakan.

1. Perhitungan daya dukung tanah
2. Perhitungan kebutuhan tiang kelompok
3. Perencanaan pondasi
4. Pondasi dalam

3. METODE PENELITIAN

Teknik Pengumpulan Data

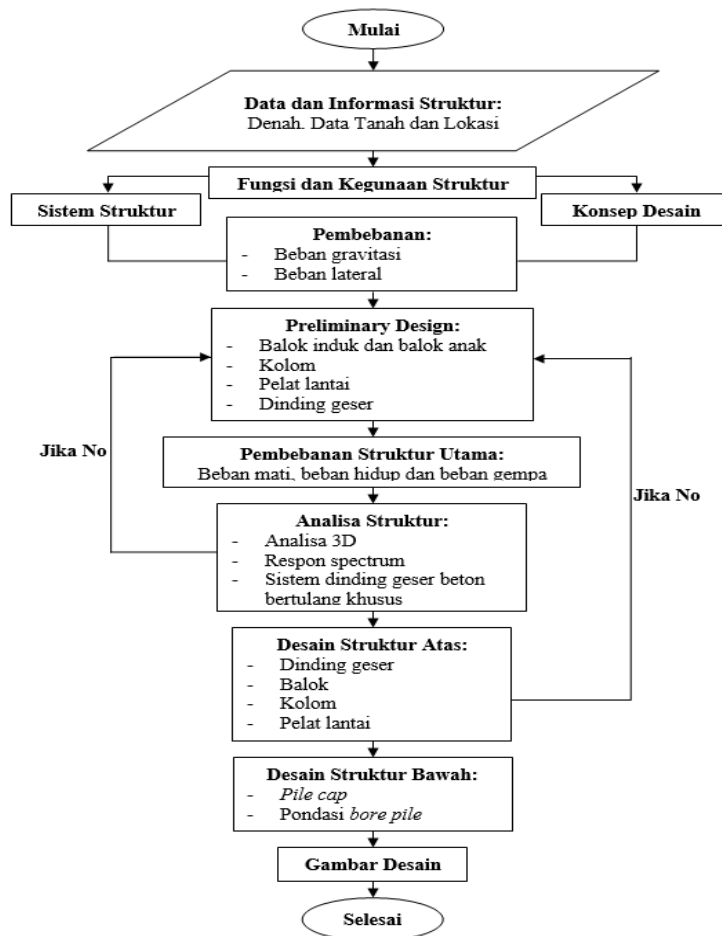
Data dibagi menjadi dua bagian, yaitu:

1. Data Primer
Data yang diperoleh dari hasil peninjauan lapangan maupun instansi terkait berupa: gambar bestek dan data tanah, baik data log bor maupun data *test soil*.
2. Data Sekunder
Data sekunder merupakan data yang berasal dari literatur-literatur yang berkaitan dengan perencanaan struktur gedung sesuai dengan SNI 2847-2019 dan SNI 1726-2019.

Standar Perencanaan Acuan

Dalam melakukan perencanaan memakai pedoman atau peraturan-peraturan yang berlaku, yaitu:

1. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung, “SNI-03-2847-2019”, Badan Standarisasi Nasional
2. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung “SNI 1726-2019”, Badan Standarisasi Nasional
3. Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung Dan Struktur Lain, “SNI 1727-2013”, Badan Standarisasi Nasional
4. Baja Tulangan Beton, “SNI 2052-2017”, Badan Standarisasi Nasional

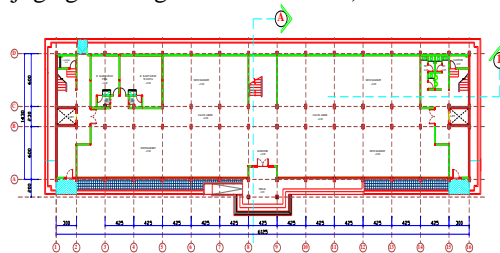


Gambar 1. Bagan Alur Penelitian

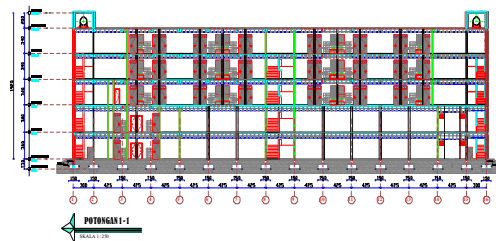
4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinjauan Umum

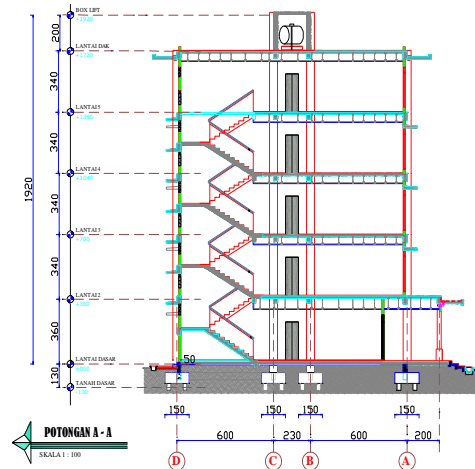
Analisis struktur konstruksi gedung ini menggunakan pemodelan struktur 3D dengan alat bantu program komputer seperti ETABS (lihat juga gambar-gambar berikut ini).



Gambar 2. Denah Rencana



Gambar 3. Potongan Memanjang



Gambar 4. Potongan Melintang

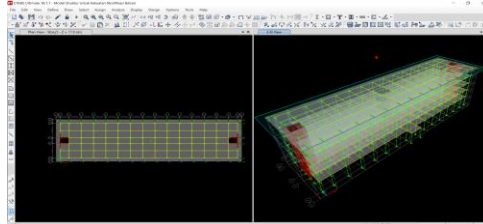
Deskripsi Bangunan dan Data Struktur

Untuk melakukan analisis struktur, parameter-parameter yang digunakan adalah data teknis bangunan gedung yang diperoleh dari konsultan perencana sebagai berikut:

1. Fungsi gedung: kombinasi pusat perbelanjaan dan rumah susun
2. Tinggi gedung: 17,9 m
3. Tinggi lantai 1: 4,3 m
4. Tinggi lantai 2-5: 3,4 m
5. Jumlah lantai: 5 Lantai (17,9 m)
6. Lokasi gedung: Doyo Baru, Distrik Waibu, Kabupaten Jayapura
7. Luas gedung : 4379,375 m²
8. Material: beton bertulang
9. Mutu beton (f_c): K-300 atau 24.9 MPa
10. Mutu baja (f_y): 420 MPa (BJTD)
11. Jenis atap: Atap beton bertulang
12. Tebal pelat lantai: 15 cm
13. Tebal pelat lantai dak: 10 cm
14. Dimensi kolom (K1): 40 x 60 cm
15. Dimensi kolom (K2): 30 x 30 cm
16. Dimensi balok arah x: 25 x 35 cm
17. Dimensi balok arah y: 35 x 50 cm
18. Sistem penahan gempa: Sistem rangka gedung (dinding geser beton bertulang khusus)
19. Tipe dinding geser: *Type Tube* dan *Couple SW*
20. Model dinding geser: *Frame walls*
21. Tebal dinding geser: 30 cm
22. Jenis tanah: Tanah berpasir
23. Jenis pondasi: Pondasi *bor pile*

Hasil Pemodelan Elemen Struktur

Setelah menggambar semua elemen kolom, *shear wall*, balok dan pelat lantai, dapat dilihat tampilan 2D maupun 3D seperti tampak pada gambar di bawah ini.



Gambar 5. Plan of 2D and 3D model stories 5

Pembebanan Gempa Statik Otomatis dan Dinamik Respon Spektrum ETABS

Pada metode pertama *input* beban gempa statik ekuivalen dengan *Program Calculated* pada Model Struktur Untuk Perpindahan. Pada metode kedua *input* beban gempa statik ekuivalen dengan *Time Period User Defined* pada Model Struktur Untuk Kekuatan berdasarkan data pada beban gempa statik ekuivalen dengan *Time Period Program Calculated* pada model struktur untuk perpindahan sebelumnya dengan periode (T)= 0,391.

Tabel 1. Story Drift

TABLE: Story Drifts											
Story	Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	Step Label	Direction	Drift	Label	X	Y	Z
									m	m	m
Story3	RSX	LinRespSpec	Max			X	0.001111	0	28.5	2	11.1
Story3	RSY	LinRespSpec	Max			Y	0.001536	6	28.5	10.3	11.1
Story3	EX	LinStatic	Step By Step	1		X	0.001025	0	28.5	2	11.1
Story3	EX	LinStatic	Step By Step	2		X	0.001025	6	32.75	16.3	11.1
Story3	EX	LinStatic	Step By Step	3		X	0.001091	0	28.5	2	11.1
Story3	EY	LinStatic	Step By Step	1		Y	0.001239	6	28.5	10.3	11.1
Story3	EY	LinStatic	Step By Step	2		Y	0.001245	0	32.75	8	11.1
Story3	EY	LinStatic	Step By Step	3		Y	0.001246	6	28.5	8	11.1
Story1	EY	LinStatic	Step By Step	3		Y	0.000796	0	28.5	8	4.3

Setelah itu, nilai simpangan antar tingkat/ *drift maximum* x (Cd/Ie).

Tabel 2. Base Reaction

TABLE: Base Reactions						
Output Case	Case Type	Step Type	Step Number	FX	FY	FZ
				kN	kN	kN
RSX	LinRespSpec	Max		1759.6701	9.2354	0
RSY	LinRespSpec	Max		8.7316	1759.6666	0
EX	LinStatic	Step By Step	1	-1759.6671	0	0
EX	LinStatic	Step By Step	2	-1759.6671	0	0
EX	LinStatic	Step By Step	3	-1759.6671	0	0
EY	LinStatic	Step By Step	1	0	-1759.6671	0
EY	LinStatic	Step By Step	2	0	-1759.6671	0
EY	LinStatic	Step By Step	3	0	-1759.6671	0

Apabila kombinasi untuk respons untuk gaya geser dari hasil analisis ragam (Vt) kurang dari 100% dari gaya geser yang dihitung melalui metode statik ekuivalen (V) dengan nilai hasil analisis EX dan EY, maka gaya tersebut harus dikalikan dengan V/Vt.

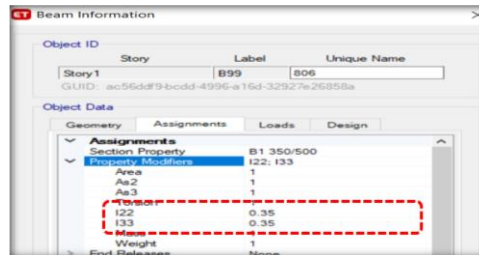
Maka nilai *scale factor* = (G*(R/Ie)*(EX/RSX) = untuk arah X dan nilai *scale factor* = (G*(R/Ie)*(EY/RSY). Hasil analisis nilai Gaya Geser Statik dengan menggunakan 2 metode yaitu ASCE 7 – 10 *Time Period Program Calculated*, dan ASCE 7 – 10 *Time Period User Defined* dapat dilihat pada tabel perbandingan di bawah ini.

Tabel 3. Perbandingan Nilai Base Shear

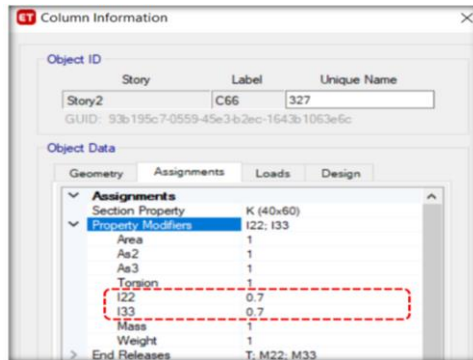
No	Metode	Base Shear EX	Base Shear EY
		kN	kN
1	ASCE 7-10 <i>Time Period Program Calculated</i>	1759.7	1759.7
2	ASCE 7-10 <i>Time Period User Defined</i>	1759.7	1759.7

Menurut tabel di atas, analisis *base shear* dengan program ETABS berdasarkan ASCE 7 – 10 sudah sangat relevan dengan peraturan gempa Indonesia SNI-1726-2019, sehingga dapat digunakan untuk desain.

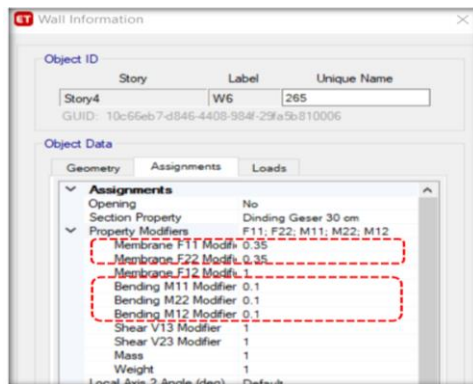
Pengecekan terhadap gaya geser desain yang ditahan oleh dinding geser (*shear wall*) harus dilakukan sebagai syarat Sistem Dinding Geser Beton Bertulang Khusus. Gaya geser desain selanjutnya akan digunakan untuk tahap perhitungan penulangan sehingga pengaruh efektivitas penampang retak (*cracked*) harus diperhatikan dan ditinjau untuk setiap komponen elemen struktur penahan beban gempa sesuai acuan pada SNI 2847: 2019 Pasal 6.6.3.



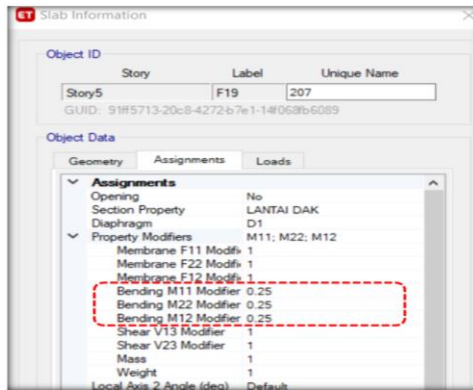
Gambar 6. *I-cracked Beam*



Gambar 7. *I-cracked Column*



Gambar 8. *I-cracked Wall*



Gambar 9. I-cracked Slab

Setelah mendesain elemen struktur atas, dapat dilihat bahwa penampang telah mampu menahan beban yang diberikan kepada struktur. Berikut hasil desain yang diperoleh:

1. Dinding Geser (*shear wall*)

Tabel 4. Rekapitulasi Penulangan Dinding Geser (*Shear Wall*)

TYPE DINDING GESER	TYPE DINDING P1, P2 DAN P3	
	P1	P2 DAN P3
DIMENSI	300 X 6300 MM	300 X 3200 MM (DEPAN & BELAKANG)
TUL. LONGITUDINAL	34 D16	52 D16
TUL. TRANSVERSAL	2D16 - @250	2D16 - @250
TUL. ELEMEN BATAS	20 D22	16 D22
TUL. CONFINMENT	3D13 - @100	-
CATATAN: HASIL PERHITUNGAN TULANGAN PADA TABEL INI HANYA SEBATAS DINDING GESER PADA BAGIAN KIRI GEDUNG, KARENA STRUKTUR GEDUNG YANG SIMETRIS MAKA JUMLAH TULANGAN PADA BAGIAN KIRI DAN KANAN GEDUNG SAMA BANYAK		

2. Kolom

Tabel 5. Rekapitulasi Penulangan Kolom

TYPE KOLOM	TYPE KOLOM K-1		TYPE KOLOM K-2	
	TUMPUHAN	LAPANGAN	TUMPUHAN	LAPANGAN
DIMENSI	400 x 600		300 x 300	
TUL. UTAMA	10 D19	10 D19	6 D19	6 D19
TUL. SENGKANG	D10 - @100	D10 - @100	D10 - @100	D10 - @100




3. Balok

Tabel 6. Rekapitulasi Penulangan Balok

TYPE BALOK	TYPE BALOK B-1		TYPE BALOK B-2		TYPE BALOK B-3		TYPE BALOK B-4	
	TUMPUHAN	LAPANGAN	TUMPUHAN	LAPANGAN	TUMPUHAN	LAPANGAN	TUMPUHAN	LAPANGAN
DIMENSI	250 x 500		250 x 500		250 x 500		250 x 500	
TUL. UTAMA	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19	2D19
TUL. SENGKANG	D10 - @100	D10 - @100	D10 - @100	D10 - @100	D10 - @100	D10 - @100	D10 - @100	D10 - @100

4. Pelat lantai

Tabel 7. Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai

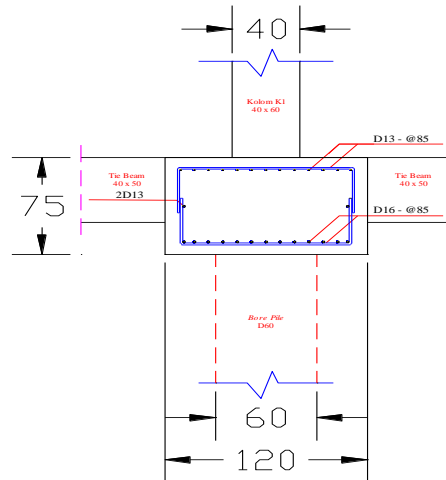
TYPE PELAT LANTAI	TYPE PELAT LANTAI TEBAL 13 CM DAN 10 CM		
	LANTAI 1	LANTAI 2 - 4	LANTAI SDAK
			
DIMENSI	H = 13 CM	H = 13 CM	H = 10 CM
TUL. ATAS	D10 - @200	D10 - @200	D10 - @250
TUL. BAWAH	D10 - @200	D10 - @200	D10 - @250

Setelah melakukan desain pada elemen struktur bawah, maka dapat dilihat bahwa penampang telah mampu menahan beban yang diberikan kepada struktur. Berikut hasil desain yang diperoleh:

1. *Pile-cap*

Tabel 8. Rekapitulasi Penulangan *Pile-cap*

RESUME ELEMEN PILE CAP (PONDASI)					
NO.	TIPE	DIMENSI (cm)			QTY
		B	H	L	
1	PC-A	120	75	120	58
2	PC-B	120	75	480	4
JUMLAH					62



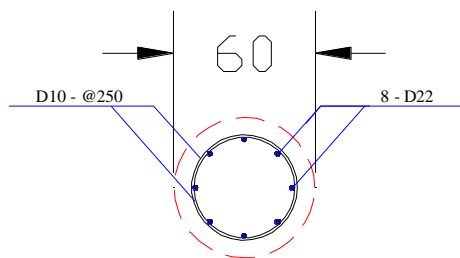
Potongan A
Detail *Pile Cap* Tipe A

Gambar 10. Penulangan *Pile-cap*

2. *Bored Pile*

Tabel 9. Rekapitulasi Penulangan *Bored Pile*

DIMENSI BORE PILE	JUMLAH
∅ CIRCLE PILE 60 cm	90 Titik
Kedalaman	220 cm



Potongan B
Detail Bore Pile

Gambar 11. Penulangan Bored Pile

5. PENUTUP

Kesimpulan

1. Pemodelan struktur gedung 5 lantai kombinasi fungsi sebagai pusat perbelanjaan dan tempat tinggal dengan sistem pemikul gaya lateral dinding geser beton bertulang khusus yang dianalisis dengan aplikasi ETABS menunjukkan perilaku yang memenuhi persyaratan dalam SNI 1726:2019 dengan rencana dinding geser beton bertulang khusus mampu menahan 100% beban lateral serta sistem rangka hanya menahan beban gravitasi. Perhitungan struktur gedung 5 lantai tersebut dengan sistem pemikul gaya lateral dinding geser beton bertulang khusus merujuk pada SNI 2847:2019 Pasal 18.10 tentang dinding struktural khusus.
2. Setelah mendesain elemen struktur atas, dapat dilihat bahwa penampang telah mampu menahan beban yang diberikan kepada struktur seperti pada dinding geser (*shear wall*), kolom, balok dan pelat lantai.
3. Setelah mendesain elemen struktur bawah, dapat dilihat bahwa penampang telah mampu menahan beban yang diberikan kepada struktur seperti *pie cap* dan *bored pile*.

Saran

1. Pada pemodelan struktur dengan *software* ETABS, sebaiknya terus dilakukan percobaan atau *trial and error* pada model jika terdapat masalah yang tidak diinginkan selama prosesnya.
2. Dalam perencanaan struktur gedung sebaiknya lebih memperhatikan peraturan yang berlaku khususnya di Indonesia. Dengan dikeluarkannya peraturan SNI 1726:2019 dan SNI 2847:2019 yang baru dan menggantikan peraturan-peraturan yang lama, sebaiknya disosialisasikan lebih intensif pada insinyur maupun mahasiswa.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Amaral, Cristovao, (2016). *Alternatif Perencanaan Dinding Geser (Shear Wall) Dengan Sistem Kantilever Pada Gedung Fakultas Ilmu Sosial Universitas Negeri Malang*. Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Amdhani P. W. (2012). *Perencanaan Struktur Gedung Beton Bertulang Dengan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) Dan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM)*. Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.
- Ardiana, Rizal, (2014). *Perencanaan Dinding Geser Dengan Ketebalan Berjenjang (Tidak Sama) Sesuai Dengan Bentuk Diagram Tegangan Geser Pada Gedung Ijen Padjajaran Suites Hotel Malang*. Institut Teknologi Nasional, Malang.
- Batara, I. P. (2019). *Alternatif Perencanaan Struktur Gedung Swiss-Bel Hotel Jayapura Dengan Menggunakan Konstruksi Baja Dan Pondasi Tiang Pancang*. Universitas Sains dan Teknologi Jayapura, Jayapura.
- Budiono, Bambang dkk, (2019). *Desain Detailing Elemen Diafragma: Kord dan Kolektor*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Fadli, Hamzah, M. (2015). *Aplikasi ETABS Pada Perancangan Gedung 15 Lantai Dengan Struktur Beton Bertulang Menggunakan Sistem Ganda Sebagai Penahan Beban Gempa Sesuai SNI-1726-2012*. Jakarta.
- Gladys H. K. (2014). *Pengaruh Eksentrisitas Pusat Massa Bangunan Beton Bertulang Terhadap Respons Struktur Akibat Beban Gempa*. Universitas Sam Ratulangi, Manado.
- Muhammad W. R. (2016). *Efek Penambahan Shear Wall Berbentuk L Pada Bangunan Rusunawa UNAND*. Universitas Andalas, Padang.

- Pamungkas, Anugrah dan Harianti, Erni, (2018). *Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Purwono, Rachmat, (2005). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa Sesuai SNI-1726 Dan SNI-2847 Terbaru*. Surabaya: ITS Press.
- SNI 1726-2012, (2012). *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 1727-2013, (2013). *Beban Minimum Untuk Perencanaan Bangunan Gedung Dan Struktur lain*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2052-2017, (2017). *Baja Tulangan Beton*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 2847-2013, (2013). *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Tavio dan Wijaya, Usman, (2018). *Desain Rekayasa Gempa Berbasis Kinerja (Performance Base Design)*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Tim Penyusun Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, (2010). *Perencanaan Teknik Jembatan*. Jakarta : Direktorat Bina Teknik.
- Tito A. D. (2012). *Perencanaan Gedung Perkuliahan 4 Lantai dan 1 Basement di Sukoharjo Dengan Prinsip Daktail Parsial*. Universitas Muhammadiyah, Surakarta.