

ANALISA PERBANDINGAN KEKUATAN KOLOM BERBENTUK PERSEGI TERHADAP LINGKARAN AKIBAT BEBAN GEMPA

(Studi Kasus : Gedung TTC Makassar 2 Sulawesi Selatan)

Oleh :

Sempurna Bangun

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Tama Jagakarsa

sempurnabangun76@gmail.com

ABSTRACT

Many building structures use square columns to withstand the strength of the beams above them, but there are also those that use circular columns as their main structure to withstand the strength of the beams above them. This research was conducted to determine the comparison between the column in the form of a square with a circle at the Telecommunication Telkomsel Center (TTC) Makassar 2 South Sulawesi. The load calculation and building planning are carried out using the ETABS and PCACOL programs for column interaction diagrams. Calculation of square columns with circular columns with relatively the same cross-sectional area. Then a comparison is made to the stability of the building, the forces in the column, the amount of reinforcement and the capacity of the column to determine the strength between the square column and the circular column. The results of the calculations and loading carried out show that buildings using circular columns are more stable than square columns. with $[\theta \leq \theta]_{\max} = 0.012367486 \leq 0.090909091$ and $0.014709748 \leq 0.090909091$, the stability of the building due to the earthquake X and Y Square column while for the circle column is $0.010605433 \leq 0.090909091$ and $0.012514735 \leq 0.090909091$. For the forces in the circle column is smaller than the square column by a percentage difference of 5%. However, circle columns use more reinforcement than square columns with the number of square columns being 256 and circle columns 257 with a difference of 1%. In the calculation of the axial capacity of the column (P_n), the capacity of the square column is 110 KN, while the capacity of the circular column is 77 KN with a percentage of 33%. It can be concluded that circle columns are stronger than square columns. based on the forces in smaller columns with relatively the same amount of reinforcement and smaller column capacities.

Key words: *building stability, amount of reinforcement, internal forces, capacity of square and circle columns.*

1. PENDAHULUAN

Secara umum, untuk mendesain struktur kolom beton bertulang di Indonesia khususnya pada Bangunan Gedung Telecommunication Telkomsel Center (TTC) Makassar 2 Sulawesi Selatan pada umumnya menggunakan kolom persegi sebagai penopang /atau yang menahan konstruksi /atau beban yang ada di atasnya. Tetapi ada juga bangunan Gedung yang

Menggunakan kolom lingkaran sebagai struktur utamanya untuk menahan beban-beban yang ada di atasnya. Berhubung dengan Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK), maka semakin banyak cara yang mudah untuk mendesain atau merencanakan struktur Bangunan Gedung dibidang konstruksi terlebih khusus pada struktur kolom beton bertulang (dengan menggunakan aplikasi ETABS).

Adanya perbedaan pendapat yang mengemukakan kolom persegi dan kolom lingkaran dimana kolom lingkaran yang berpenampang spiral lebih efektif dibandingkan dengan Sengkang persegi dalam hal ini meningkatkan kekuatan kolom (Jack c McCormas, 2003;278). Selain itu kolom lingkaran berpenampang spiral mempunyai jarak Sengkang yang berdekatan dibandingkan kolom persegi yang mempunyai bentuk Sengkang tunggal dengan jarak antara yang relative besar, sehingga adanya spiral ini mempengaruhi baik beban batas maupun keruntuhan dibandingkan dengan kolom yang sama tetapi memakai Sengkang (George Winter dan Arthur H Nielson, 2003;313).

Mengingat cakupan permasalahan pada Gedung Telecommunication Telkomsel Center (TTC) Makasar 2 Sulawesi Selatan bertingkat tinggi sangat banyak maka penulis atau peneliti membatasi permasalahan yang akan dibahas anatara lain sebagai berikut :

3. Perhitungan yang dilakukan hanya pada struktur kolom beton bertulang dengan luas yang relative sama.
4. Tidak dilakukan perhitungan pada Balok, Plat, dan Tangga.
5. Perhitungan analisa struktur yang dilakukan dengan menggunakan Program ETABS.
6. Analisa pembebanan berdasarkan pada SNI 1727-2013 (peraturan pembebanan Indonesia untuk Gedung dan Bangunan lain).
7. Analisa pembebanan berdasarkan pada SNI 1727-2013 (peraturan pembebanan Indonesia untuk Gedung dan Bangunan lain).

1. Peraturan beton yang digunakan berdasarkan pada SNI 2847-2013 (Persyaratan beton structural untuk Bangunan Gedung), SNI 2847-2019 (persyaratn beton structural untuk Bangunan Gedung dan penjelasannya) dan SNI 6816-2002 (Tata cara pendetailan penulangan beton).
2. Analisis dan disain berdasarkan SNI 1726-2012 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur Bangunan dan non gedung) dan SNI 1726-2019 (Tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur Bangunan Gedung dan non Gedung).

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan diatas maka penulis /atau peneliti mengangkat suatu yang menjadi tujuan penelitian dalam skripsi ini yaitu sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kestabilan Bangunan pada struktur Gedung akibat beban gempa
2. Untuk mengetahui jumlah/diameter tulangan pada kolom persegi dan lingkaran dengan luasan kolom yang relative sama.
3. Untuk mengetahui gaya – gaya dalam kolom persegi terhadap lingkaran dengan luasan kolom yang relative yang sama.
4. Supaya dapat mengetahui kekuatan struktur antara kolom bertulang persegi terhadap lingkaran dengan luasan kolom yang relative sama.

2. TINJAUAN PUSTAKA

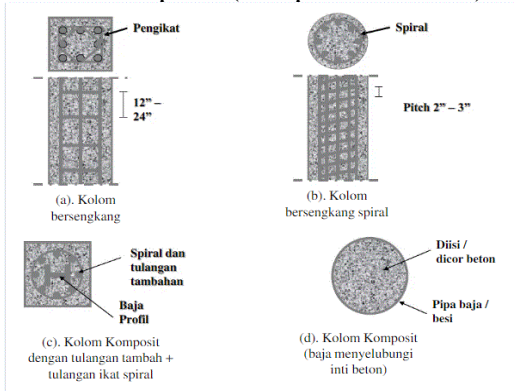
2..1. Pengertian Kolom Secara Umum

Kolom adalah struktur utama pada Bangunan Gedung, tekan vertical dari rangka struktur yang memikul /atau menahan beban dari balok untuk diteruskan kepondasi. Kolom merupakan elemen struktur utama tekan yang sangat mempengaruhi peranan penting dari suatu struktur Bangunan, sehingga keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya (collapse) lantai yang bersangkutan dan juga runtuh total (total collapse) seluruh struktur (sudarmoko, 1996). SK T-15-1991-03 mendefinisikan kolom adalah struktur Bangunan yang tugas utamanya menahan beban aksial tekan vertical dengan bagian tinggi yang tidak ditopang paling tidak tiga kali dimensi lateral terkecil

2..2. Jenis Jenis Kolom

Struktur Kolom dapat diklarifikasikan berdasarkan bentuk dan susunan tulangnya, proses pembebanan, letak beban pada penampang Panjang kolom dan kaitannya dengan dimensi lateral. Menurut wang (1986) dan Ferguson (1986) ada tiga jenis kolom beton bertulang antara lain yaitu :

1. Kolom ikat (tied column)
2. Kolom spiral (spiral column)
3. Kolom komposit (composite column)



2..3. Dasar Perhitungan Kolom

Berdasarkan SNI-03-2847-2019 terdapat beberapa ketentuan terkait tentang perhitungan kolom yaitu antara lain sebagai berikut :

1. Kolom harus dirancang untuk memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum yang berasal dari beban terfaktor pada suatu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Kombinasi pembebanan yang menghasilkan rasio maksimum dari momen terhadap beban aksial juga harus diperhitungkan.
2. Pada konstruksi rangka atau struktur menerus pengaruh dari adanya beban tak seimbang pada lantai atau atap terhadap kolom luar atau dalam harus di
3. Dalam menghitung momen akibat beban gravitasi yang bekerja pada kolom, ujung-ujung terjatuh kolom dapat dianggap jepit, selama ujung-ujung tersebut menyatu (monolit) dengan komponen struktur lainnya.
4. Momen-momen yang bekerja pada setiap level lantai atau atap harus didistribusikan pada kolom diatas dan dibawah lantai tersebut berdasarkan kekakuan relative kolom dengan memperhatikan kondisi kekekangan pada ujung kolom

2..4. Syarat-syarat kolom

Syarat-syarat penulangan kolom antara lain sebagai berikut :

1. Kolom dengan Sengkang
2. Kolom dengan lilitan spiral

2.5. Analisa Pembebanan

Untuk mendesain / atau merencanakan pembebanan pada struktur Bangunan Gedung bertingkat tinggi biasanya berdasarkan peraturan pembebanan yang berlaku untuk Gedung yaitu SNI 1727-2013. Beban – beban yang akan diperhitungkan yaitu sebagai berikut : beban mati, beban hidup tergantung pada fungsi Bangunan, beban air hujan pada atap beban angin, dan beban gempa. Pembebanan tersebut diantaranya sebagai berikut :

1. Beban mati /atau beban tetap

Beban mati /atau beban tetap merupakan berat dari semua struktur Bangunan yang bersifat tetap dan tidak bergerak. Baik itu unsur tambahan seperti alat atau mesin yang tidak terpisahkan dengan struktur Bangunan itu sendiri. Dapat disimpulkan bahwa beban mati /atau beban tetap merupakan beban dengan besar yang konstan yang berada pada posisi yang sama pada setiap saat.

Tabel 2.1 Beban Mati Yang digunakan Dalam Program ETABS

No.	Berat Bahan Bangunan	Kg/m ²
1.	Berat beton bertulang	2400
2.	Berat Spesi	21
3.	Berat plafond	11
4.	Berat penggantung	7
5.	Berat ubin	24
6.	Berat dinding pas.bata	250
7.	MEP	15
8.	Water proof	14

Beban hidup bersifat sementara

Beban hidup bersifat sementara merupakan beban yang dihitung berdasarkan fungsi Bangunan yang akan direncanakan dan biasanya posisinya dapat berubah – rubah. Beban hidup yang dapat bergerak dengan bantuan orang lain seperti kendaraan Crane, genset. Jenis beban hidup lainnya seperti beban angin, beban hujan, terjadinya ledakkan, gempa, tekanan tanah, tekanan air, perubahan temperature, dan beban yang disebabkan oleh pelaksanaan konstruksi. Nilai beberapa beban hidup yang bersifat sementara yaitu sebagai berikut :

- a. Beban hidup perlantai : 250 Kg/m²
- b. Beban hidup lantai atap : 100 kg/m

3. Beban mati tambahan (SDL)

Super Imposed Dead Load atau disebut juga dengan istilah Super Dead Load (SDL) adalah beban mati tambahan mengacu pada defenisi bahwa beban mati yang berupa unsur tambahan, bersifat tetap, dan merupakan satu kesatuan dengan elemen structure bisa dikategorikan sebagai SDL.

4. Kombinasi pembebanan

Faktor dan kombinasi pembebanan yang diperhitungkan dalam perancangan ini mengacu pada tata cara perhitungan struktur beton untuk Bangunan Gedung, berdasarkan SNI 2847-2019.

- U1 : 1,4 DL
- U2 : 1,2 DL + 1,6 LL
- U3 : (1,2 + 0,2 S_{DS}) DL + 1,0 LL + ρ Ex + 0,3 ρ y
- U4 : (1,2 + 0,2 S_{DS}) DL + 1,0 LL + ρ Ex - 0,3 ρ Ey
- U5 : (1,2 + 0,2 S_{DS}) DL + 1,0 LL - ρ Ex + 0,3 ρ Ey
- U6 : (1,2 + 0,2 S_{DS}) DL + 1,0 LL - ρ Ex - 0,3 ρ Ey
- U7 : (1,2 + 0,2 S_{DS}) DL + 1,0 LL + 0,3 ρ Ex + ρ Ey
- U8 : (1,2 + 0,2 S_{DS}) DL + 1,0 LL - 0,3 ρ Ex + ρ Ey
- U9 : (1,2 + 0,2 S_{DS}) DL + 1,0 LL + 0,3 ρ Ex - ρ Ey
- U10 : (1,2 + 0,2 S_{DS}) DL + 1,0 LL - 0,3 ρ Ex - ρ Ey
- U11 : (0,9 - 0,2 S_{DS}) DL + ρ Ex + 0,3 ρ Ey
- U12 : (0,9 - 0,2 S_{DS}) DL + ρ Ex - 0,3 ρ Ey
- U13 : (0,9 - 0,2 S_{DS}) DL - ρ Ex + 0,3 ρ Ey
- U14 : (0,9 - 0,2 S_{DS}) DL - ρ Ex - 0,3 ρ Ey
- U15 : (0,9 - 0,2 S_{DS}) DL + 0,3 ρ Ex + ρ Ey
- U16 : (0,9 - 0,2 S_{DS}) DL - 0,3 ρ Ex + ρ Ey
- U17 : (0,9 - 0,2 S_{DS}) DL + 0,3 ρ Ex - ρ Ey
- U18 : (0,9 - 0,2 S_{DS}) DL - 0,3 ρ Ex - ρ Ey

2..6. Perencanaan Struktur

Kolom Struktur beton bertulang sangat sulit untuk dipahami, dianalisis dan didesain oleh karena sifatnya yang komposit pada material. Keadaan rumit tegangan yang diakibatkan oleh beban aksial dan lentur, karena beban aksial tekan yang dapat menyebabkan terjadinya tekuk pada kolom.

Struktur Kolom adalah suatu komponen struktur dengan rasio tinggi terhadap dimensi lateral yang kecil melebihi tiga yang digunakan terutama untuk mendukung beban aksial tekan berdasarkan SNI 2847-2019.

1. Penulangan longitudinal kolom struktur persegi dan lingkaran

Penulangan utama kolom pada umumnya di cek berdasarkan diagram interaksi dimana $\mu < \phi M_n$ berdasarkan kombinasi maksimum dan minimum. Pada pengecekan tulangan utama dengan diagram interaksi akan digunakan Program PCACOL.

2. Perhitungan tulangan kolom

Perhitungan tulangan kolom persegi dan lingkaran pada umumnya diasumsikan berdasarkan rasio akibat kombinasi gempa sebesar 1,5% - 3%.

Perhitungan tulangan untuk kolom persegi antara lain sebagai berikut :

$$A_s = 1,5\% \times s \times s$$

Perhitungan tulangan untuk kolom lingkaran antara lain sebagai berikut :

$$A_s = 1,5\% \times \frac{1}{4} \times D^2$$

Untuk menentukan luas tiap satu tulangan persegi dan lingkaran adalah sebagai berikut :

$$A_s = 3,14 \times D^2 / 4$$

3. Strong column weak beam (BEAM SWAY)

Persyaratan mekanisme Strong Column Weak Beam (kolom kuat balok lemah) adalah sebagai berikut :

$$\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g$$

Rumus untuk Nominal balok :

$$M_{pr\ kiri} + M_{pr\ kanan} = M_n^- + M_n^+$$

Sedangkan rumus untuk momen Nominal kolom adalah sebagai berikut :

$$P_u \geq 0,1 f'_c A_g$$

2.7. Kestabilan Struktur Bangunan

Kestabilan Bangunan mempunyai arti yaitu struktur Bangunan tidak akan runtuh (collapse) apabila mendapat pengaruh gaya - gaya dari luar. Seperti pada gambar dibawah ini

Pengecekan kestabilan bangunan /atau efek P-Delata, dibutuhkan nilai beban kumulatif *grafitasi* pada tiap lantai dengan faktor beban individu tidak melebihi 1,0. Oleh karena itu diambil kombinasi untuk pengecekan P-Delta adalah sebagai berikut :

$$Combo_{P-Delta} = 1,0 DL + 0,3 LL$$

Perhitungan kontrol efek P-Delta pada tiap lantai akibat beban gempa X dan Y adalah sebagai berikut :

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

Dengan rumus θ_{max} adalah sebagai berikut

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

Dengan nilai $\beta = 1$

2.8. Diagram Interaksi Kolom

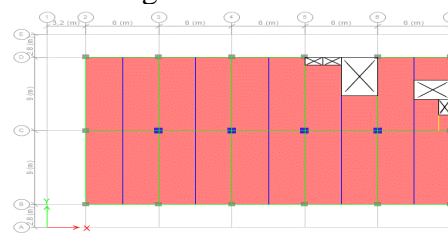
momen lentur. Besar beban aksial dan momen lentur yang dapat dipikul oleh struktur kolom tergantung pada ukuran dan dimensi kolom, serta jumlah tulangan yang terpasang pada struktur kolom yang direncanakan. Hubungan antara momen aksial dan momen lentur digambarkan dalam suatu diagram disebut dengan diagram interaksi kolom dimana M - N adalah memberikan gambaran tentang kekuatan dari kolom yang akan dianalisa atau dihitung. Diagram interaksi kolom dibuat dengan bantuan dua buah sumbu diantaranya ; sumbu vertical dan sumbu horizontal, yang saling berpotongan untuk pembuatan diagram interaksi ini biasanya dengan menggunakan program computer PCACOL.

3.1. Standar Analisis Yang Digunakan

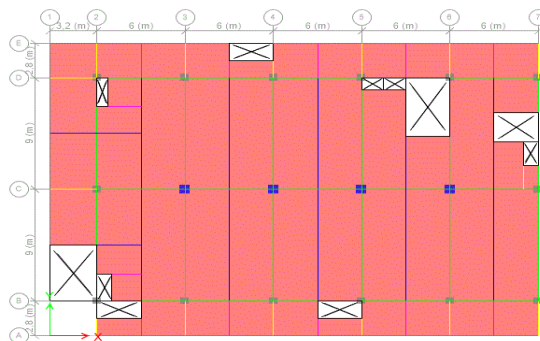
1. SNI 2847 – 2019 persyaratan beton structural untuk bangunan Gedung dan penjelasannya.
2. SNI 1726 – 2019 tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan Gedung dan non Gedung
3. SNI 1727 – 2013 peraturan pembebanan Indonesia untuk Gedung dan bangunan lain.
4. Peta gempa Indonesia 2019

3.2. Deskripsi Struktur Bangunan

1. Denah bangunan lantai



Gambar 3.1 Denah Bangunan lantai 1



Gambar 3.2 Denah Bangunan Lantai 2 – 7

2. Data Teknis struktur

- a. Nama Gedung : Gedung TTC Makasar 2 Sulawesi Selatan
- b. Lokasi : Makasar
- c. Fungsi Bangunan : Perkantoran
- d. Jumlah Lantai : 7 lantai + Atap
- e. Panjang Bangunan : 18 m
- f. Lebar Bangunan : 30 m
- g.

- b. Pembebanan Dinding pada Bangunan sebesar 150 Kg/m²
 - c. Pembebanan pada Lantai 7 /atau Atap seberapa 174 Kg/m²
2. Beban hidup
- Beban hidup terdiri dari fungsi Bangunan yang bersifat sementara. Beban hidup pada perencanaan dan perhitungan Gedung Telecommunication Telkomsel Center (TTC) mengacu pada data awal perencanaannya yaitu sebagai berikut :
- a. Beban hidup pada Lantai 1 sampai Lantai 6 sebesar 250 Kg/m²
 - b. Beban hidup pada Lantai atap sebesar 100 Kg/m²
3. Kombinasi pembebanan
- Kombinasi pembebanan untuk setiap elemen struktur diatur dalam SNI 2847 – 2019.

4.3 Perhitungan Gedung Dengan Kolom Persegi

Sebelum melakukan Perhitungan dengan kolom persegi pada Gedung Telecommunication Telkomsel Center (TTC) terlebih dahulu harus dicek hasil output analisis ETABS modal load Participation Ratios dapat dilihat pada tabel IV.1 bahwa pada analisis static partisipasi massa sudah mencapai 100% di kedua arah orthogonal dan untuk analisis dinamik partisipasi massa telah mencapai lebih dari 90%, dengan ini Bangunan sudah sesuai dengan persyaratan.

Tabel 4.1 Modal Load Participation Ratios

Case			Item Type	Item
Modal			Acceleratio n	UX
Modal			Acceleratio n	UY
Modal			Acceleratio n	UZ

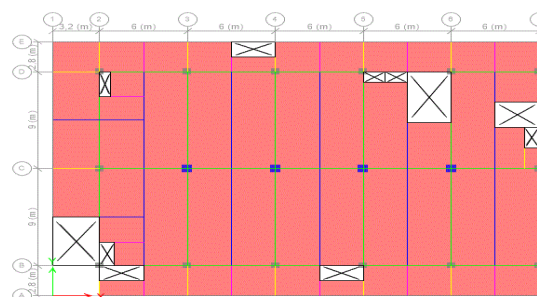
4. PEMBAHASAN

4.1. Data Perencanaan

Sesuai dengan perencanaan awal pada Gedung Telecommunication Telkomsel Center (TTC), adapun data- data awal pada perencanaan yang dipakai dalam diperhitungkan ini yaitu antara lain sebagai berikut :

1. Mutu Beton (f_c') : 35 MPa
2. Mutu Baja (f_y) : 420 MPa
3. Dimensi Kolom Persegi

Lantai 1 – 3 : 55x55 Tepi
 Lantai 1 – 3 : 70x70 Tengah
 Lantai 4 – 7 : 45x45 Tepi
 Lantai 4 – 7 : 60x60 Tengah



Gambar 4.1 permodelan kolom persegi

4.2. Perhitungan Analisa Pembebanan

Untuk perencanaan dan perhitungan pembebanan pada Gedung Telecommunication Telkomsel Center (TTC) ini mengacu pada perencanaan dan perhitungan pada data awal perencanaannya dimana antara lain sebagai berikut :

1. Beban mati /atau beban tetap
- Beban mati /atau beban tetap merupakan berat dari semua struktur Bangunan yang bersifat tetap dan tidak bergerak.
- a. Pembebanan Lantai 1 sampai Lantai 6 sebesar 128 Kg/m²

Karena nilai $\theta < 0,1$ maka tidak disyaratkan untuk diperhitungkan terhadap pengaruh P-Delta, dan nilai $\theta < \theta_{max}$ sehingga struktur masih dalam kondisi stabil.

Tabel 4.3 Kestabilan bangunan akibat gempa x

Story	h_{sx} (mm)	Δ (mm)	P (mm)	V_x (mm)	θ	θ_{max}	Cek
Roof	4800	21.131	864903,3524	55976,0521	0,012367486	0,090909091	STABIL
Lantai 6	4800	36,9035	1814565,707	112072,2015	0,022387389	0,090909091	STABIL
Lantai 5	4800	49,621	2764228,062	158502,8604	0,03227792	0,090909091	STABIL
Lantai 4	4800	58,96	3713890,417	194939,1251	0,042548438	0,090909091	STABIL
Lantai 3	4800	46,838	4882575,172	220745,9953	0,03763467	0,090909091	STABIL
Lantai 2	4800	47,168	5648153,097	238991,9698	0,042384323	0,090909091	STABIL
Lantai 1	4000	22,616	668064,091	242881,8144	0,028211041	0,090909091	STABIL

Tabel 4.4 Kestabilan bangunan akibat gempa y

Story	h_{sy} (mm)	Δ (mm)	P (mm)	V_y (mm)	θ	θ_{max}	Cek
Roof	4800	29,4085	864903,3524	65498,4895	0,014709748	0,090909091	STABIL
Lantai 6	4800	32,0155	1814565,707	127565,5553	0,017759898	0,090909091	STABIL
Lantai 5	4800	33,825	2764228,062	168746,0476	0,020988149	0,090909091	STABIL
Lantai 4	4800	33,176	3713890,417	202499,1066	0,023047619	0,090909091	STABIL
Lantai 3	4800	28,743	4882575,172	226657,3247	0,022552482	0,090909091	STABIL
Lantai 2	4800	21,1475	5648153,097	239616,7169	0,018811946	0,090909091	STABIL
Lantai 1	4000	7,7495	668064,091	242882,3312	0,009666652	0,090909091	STABIL

2. Perhitungan analisa statika dengan ETABS

Untuk perhitungan atau perbandingan analisa pada penelitian ini digunakan analisa perhitungan computer dengan ETABS. Perhitungan dilakuakn berdasarkan zona

Tabel 4.5 gaya dalam kolom K 55x55

Zona	Lantai	Column	Combo	P	M2	M3
				(KN)	(KN-m)	(KN-m)
1	Lantai 1	C11	Combo 18	2779,8018	50,8354	22,4711
	Lantai 2	C11	Combo 18	1834,6335	29,04	205,5886
	Lantai 3	C11	Combo 18	1066,6199	23,0364	167,6527

Tabel 4.6 gaya dalam kolom K 70x70

Zona	Lantai	Column	Combo	P	M2	M3
				(KN)	(KN-m)	(KN-m)
2	Lantai 1	C4	Combo 18	-484,8666	152,3512	620,133
	Lantai 2	C4	Combo 18	-414,5292	194,418	507,2941
	Lantai 3	C4	Combo 18	-356,0428	249,123	379,2991

Tabel 4.7 gaya dalam kolom K 45x45

Zona	Lantai	Column	Combo	P	M2	M3
				(KN)	(KN-m)	(KN-m)
3	Lantai 4	C10	Combo 18	-587,4847	57,3926	185,7474
	Lantai 5	C10	Combo 18	-410,1948	64,8877	156,84
	Lantai 6	C10	Combo 18	-238,5008	57,3461	41,5434
	Roof	C10	Combo 18	-71,2352	71,7499	63,7634

Dari output analisa ETABS juga dapat dilihat bahwa pada mode 1 nilai faktor translasi UX memberikan angka yang paling besar /atau dominan adalah 77,98% hal ini menunjukkan bahwa gerak translasi arah X terjadi pada mode ini sesuai dengan animasi layer computer. Pada mode 2 nilai faktor translasi UY memberikan angka yang paling besar /atau dominan adalah 68,11% hal ini menunjukkan bahwa gerak translasi arah Y terjadi pada mode ini sesuai dengan animasi layer computer. Pada mode 3 nilai RZ lebih besar /atau dominan adalah 68,44% hal ini menunjukkan bahwa gerak rotasi struktur sudah dominan dalam rotasi. maka persyaratan gerak ragam bangunan kolom persegi pada Gedung Telecommunication Telkomsel Center (TTC) sudah sesuai. Dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut ini adalah sebagai berikut :

UX	UY	RZ
0,7799	0,00003051	0,005
0,0004	0,6811	0,0311
0,0048	0,033	0,6844

1. Kestabilan bangunan kolom persegi

Perhitungan control efek P-Delta pada Roof akibat gempa X yaitu antara lain sebagai berikut dengan $\beta = 1$:

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

$$\theta = \frac{864903,3524 \cdot 21,131 \cdot 1}{55976,0521 \cdot 4800 \cdot 5,5}$$

$$\theta = \frac{18276272,74}{1477767775}$$

$$\theta = 0,012367486$$

Untuk menghitung nilai θ_{max} pada Roof yaitu antara lain sebagai berikut :

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

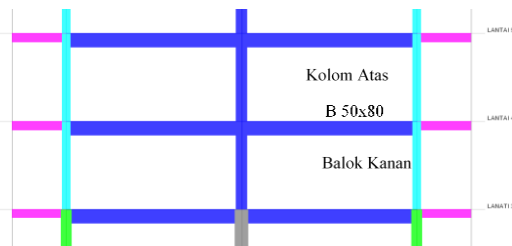
$$\theta_{max} = \frac{0,5}{1 \cdot 5,5} \leq 0,25$$

$$\theta_{max} = 0,090909091 \leq 0,25$$

Strong Column Weak Beam (BEAM SWAY)

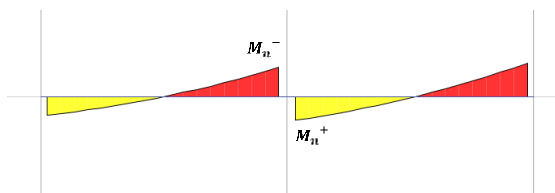
Persyaratan mekanisme Strong Column Weak Beam (Kolom Kuat Balok Lemah) antara lain sebagai berikut :

$$\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g$$



Gambar 4.4 Join Balok – Kolom

Kondisi akibat gempa ke arah kanan (E→)



Gambar 4.5 Momen Balok Gempa Ke Arah Kanan // sb - x (+Ex)

Momen nominal balok yaitu antara lain sebagai berikut :

$$\begin{aligned} M_{pr\ kiri} + M_{pr\ kanan} &= M_n^- + M_n^+ \\ &= 146,9227 \text{ KN} - \text{m} + 116,4640 \text{ KN} - \text{m} \\ &= 263,387 \text{ KN} - \text{m} \end{aligned}$$

Momen nominal kolom

$$\begin{aligned} P_{u\ kolom} &\geq 0,1 f'c \cdot A_g \\ P_{u\ kolom} &\geq 0,1 \times 35 \times 600 \times 600 \times 10^{-3} \\ P_{u\ kolom} &\geq 1260 \text{ KN} \end{aligned}$$

Momen nominal kolom atas dan bawah harus di cek terhadap beban maksimum dan beban aksial minimum seperti pada perhitungan kombinasi dibawah ini :

Tabel 4.8 gaya dalam kolom K 45x45

Zona	Lantai	Column	Combo	P	M2	M3
				(KN)	(KN-m)	(KN-m)
4	Lantai 4	C4	Combo 18	-191,9779	187,3635	415,5502
	Lantai 5	C4	Combo 18	-228,4729	209,3006	298,4505
	Lantai 6	C4	Combo 18	-163,179	185,4021	189,3463
	Roof	C4	Combo 18	-102,5839	197,1503	65,55468

3. Penulangan kolom persegi

Perhitungan penulangan kolom persegi untuk kolom 55x55 untuk lantai 1 – 3 antara lain sebagai berikut :

Asumsi rasio tulangan kolom akibat beban gempa yaitu : 1,5% - 3%

$$A_s = 1,5\% \times 550 \times 550$$

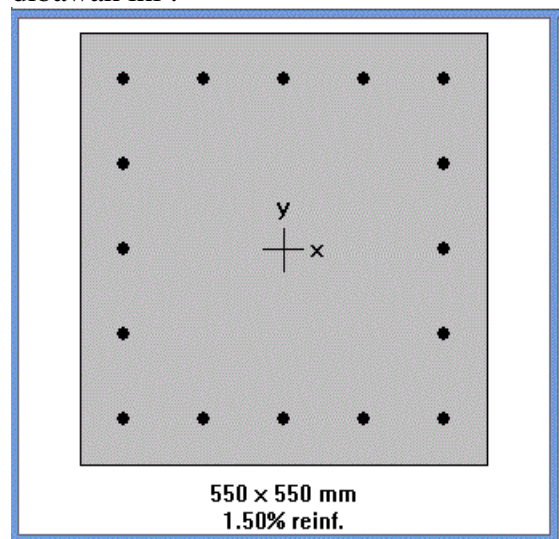
$$A_s = 45375$$

Digunakan tulangan utama D19 ($A_s = 3,14 \times 19^2 / 4 = 283,385 \text{ mm}^2$)

$$n = \frac{45375}{283,385}$$

$$n = 16,11 \approx 16 \text{ D19}$$

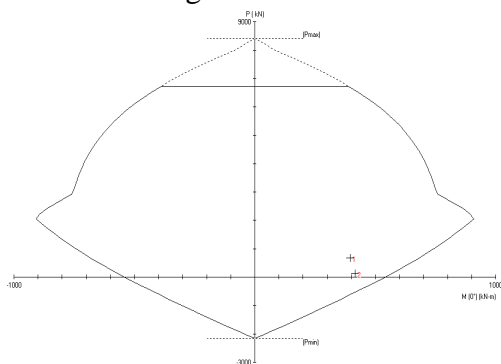
Sesuai dengan perhitungan diatas tulangan yang digunakan untuk kolom 55x55 adalah 16 D19. Dan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 4.2 Rasio Tulangan Kolom 55x55

Dari gambar diatas di ketahui bahwa kolom K1 (55x55) sesuai dengan rasio tulangan yang telah ditetapkan, dimana nilai rasio tulangannya adalah 1.50%.

Hasil diagram interaksi kolom about - y Axis adalah sebagai berikut :



Gambar 4.7 Diagram Interaksi Kolom Bawah

Mn kolom bawah = 577 KN-m (tahanan lentur yang terkecil)

Cek syarat Strong Column Weak Beam adalah :

$$\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g$$

$$(579 + 577) \geq 1,2 (263,387)$$

$$1156 \geq 316,064 \dots \dots \dots \text{Ok.}$$

4. Perhitungan Kapasitas kolom persegi

Pada Perhitungan kapasitas kolom persegi dibuat dengan menggunakan Program PCACOL. Dimana dapat diketahui diagram interaksi kolom, yang menggambarkan hubungan antara beban aksial dan momen X dan Y kolom dalam suatu diagram yang disebut dengan diagram interaksi kolom P - M. hasil penulangan kolom dibuat suatu diagram untuk memberikan gambaran tentang kekuatan kolom yang bersangkutan, apakah mampu menahan beban-beban aksial dan momen yang dibebankan pada kolom tersebut.

Kolom lantai 1 - 3
 Diagram interaksi kolom 55x55 lantai 1 - 3
 Jumlah tulangan : 16 D19

Kombinasi beban aksial maksimum antara lain :

$$U_3 = (1,2 + 0,2 S_{DS})DL + 1,0 LL + \rho E_x + 0,3 \rho E_y$$

$$U_4 = (1,2 + 0,2 S_{DS})DL + 1,0 LL + \rho E_x - 0,3 \rho E_y$$

Kombinasi beban aksial minimum antara lain :

$$U_{11} = (0,9 - 0,2 S_{DS})DL + \rho E_x + 0,3 \rho E_y$$

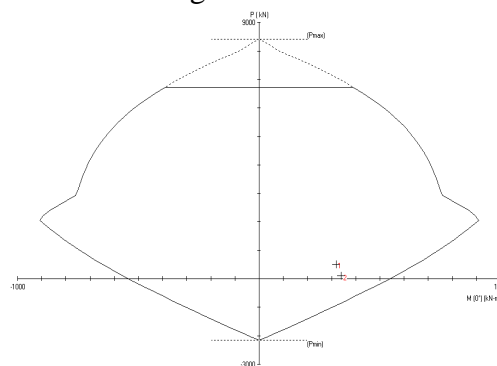
$$U_{12} = (0,9 - 0,2 S_{DS})DL + \rho E_x - 0,3 \rho E_y$$

Hasil ETABS kolom atas antara lain sebagai berikut :

$$P_{u \max} = 515,7823 \text{ KN} ; M_x = 318,2854 \text{ KN} - m$$

$$P_{u \min} = 111,6454 \text{ KN} ; M_x = 340,1227 \text{ KN} - m$$

Hasil diagram interaksi kolom about - X Axis adalah sebagai berikut :



Gambar 4.6 Diagram Interaksi Kolom Atas

Mn kolom bawah = 579 KN-m. (tahanan lentur yang terkecil)

Hasil ETABS kolom bawah antara lain sebagai berikut :

$$P_{u \max} = 686,4771 \text{ KN} ; M_x = 396,0232 \text{ KN} - m$$

$$P_{u \min} = 134,0556 \text{ KN} ; M_x = 416,5850 \text{ KN} - m$$

$$= \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$3025 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2$$

$$3025 \cdot \frac{4}{\pi} = D^2$$

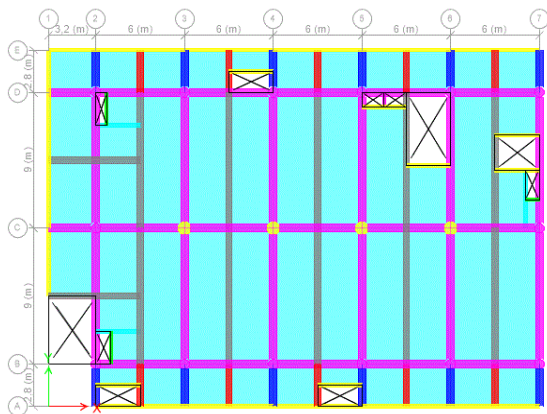
$$3025 \cdot \frac{4}{3.14} = D^2$$

$$3025 \cdot \frac{28}{22} = D^2$$

$$\sqrt{3850} = D$$

62,049 dibulatkan menjadi $D = 65 \text{ cm}$

Jadi, untuk struktur kolom persegi 55 cm x 55 cm tepi (K1, K2 dan K3) di ubah ke kolom lingkaran menjadi $D = 65 \text{ cm}$. penamaan kolom lingkaran ini, yaitu kolom KL1, KL2 dan KL3.



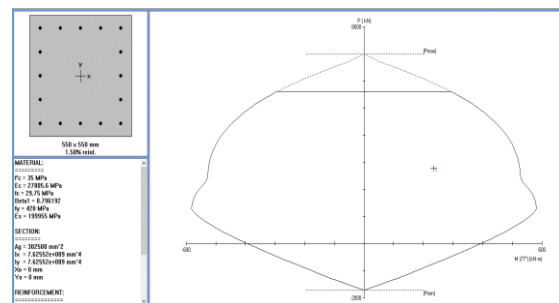
Gambar IV.8 permodelan lantai dengan ETABS

Tabel IV.10 Dimensi kolom Lingkaran

Perlantai	Kolom Persegi	Kolom Lingkaran
Lantai 1 sampai dengan lantai 3	K1 (55 cm x 55 cm)	KL 1 (D65)
	K2 (55 cm x 55 cm)	KL 2 (D65)
	K3 (55 cm x 55 cm)	KL 3 (D65)
	K4 (70 cm x 70 cm)	KL 4 (D85)
	K5 (70 cm x 70 cm)	KL 4 (D85)
Lantai 4 sampai dengan lantai 7	K1 (45 cm x 45 cm)	KL 1 (D55)
	K2 (45 cm x 45 cm)	KL 2 (D55)
	K3 (45 cm x 45 cm)	KL 3 (D55)
	K4 (60 cm x 60 cm)	KL 4 (D70)
	K5 (60 cm x 60 cm)	KL 4 (D70)

Tabel 4.9 Beban aksial dan momen

P (KN)	Mx (KN-m)	My (KN-m)
2779,8018	50,8354	228,4711
1834,6335	29,04	205,5886
1066,6199	23,0364	167,6527



Gambar 4.8 Diagram Interaksi Kolom K 55x55 Lantai 1 – 3

Dari diagram interaksi kolom 55x55 pada lantai 1 – 3, diketahui bahwa beban aksial perlu (P_u) dan momen X dan Y yang memotong dititik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom masing-masing sebesar 24 KN dan 238 KN-m.

D. Perbandingan Gedung Menggunakan Kolom Lingkaran Dengan Luas Penampang (A_g) Kolom Lingkaran = Luas Penampang (A_g) Kolom Persegi

1. Penentuan dimensi

Kolom 55 cm x 55 cm Tepi (K1, K2 dan K3)

$$\text{Luas kolom persegi } A = s \times s$$

$$= 55 \text{ cm} \times 55 \text{ cm}$$

$$= 3025 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas kolom lingkaran } A = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2$$

Luas kolom persegi = luas kolom lingkaran

Tabel IV.11 Kesatbilan bangunan akibat gempa X

Story	h_{sx} (mm)	Δ_i (mm)	P (tonna)	V_{sx} (tonna)	θ	θ_{max}	Cek
Roof	4800	20,592	869330,3919	63956,8226	0,010605433	0,090909091	STABIL
Lantai 6	4800	33,825	1822699,786	118861,4023	0,01947206	0,090909091	STABIL
Lantai 5	4800	43,901	2776069,181	157785,5046	0,029272103	0,090909091	STABIL
Lantai 4	4800	51,135	3729438,575	188479,4455	0,03824802	0,090909091	STABIL
Lantai 3	4800	42,383	4702942,693	214553,0771	0,035190279	0,090909091	STABIL
Lantai 2	4800	43,01	5672782,611	232290,1735	0,039288788	0,090909091	STABIL
Lantai 1	4800	20,4765	6649833,742	242144,0144	0,025566544	0,090909091	STABIL

Tabel IV.11 Kesatbilan bangunan akibat gempa Y

Story	h_{sy} (mm)	Δ_i (mm)	P (tonna)	V_{sy} (tonna)	θ	θ_{max}	Cek
Roof	4800	26,7135	869330,3919	70289,4399	0,012514735	0,090909091	STABIL
Lantai 6	4800	29,095	1822699,786	124268,3875	0,016164747	0,090909091	STABIL
Lantai 5	4800	30,7175	2776069,181	163767,8637	0,01972348	0,090909091	STABIL
Lantai 4	4800	30,2665	3729438,575	199026,0349	0,021923462	0,090909091	STABIL
Lantai 3	4800	26,4715	4702942,693	219865,2272	0,021448047	0,090909091	STABIL
Lantai 2	4800	19,6955	5672782,611	237214,7993	0,017848928	0,090909091	STABIL
Lantai 1	4800	7,271	6649833,742	242144,2184	0,009076285	0,090909091	STABIL

3. Perhitungan analisa statika dengan ETABS.

Untuk perhitungan atau perbandingan analisa pada penelitian ini digunakan analisa perhitungan computer dengan ETABS. Perhitungan dilakuakn berdasarkan zona

Tabel IV.12 gaya dalam kolom D65

Zona	Lantai	Column	Combo	P	M2	M3
				(KN)	(KN-m)	(KN-m)
1	Lantai 1	C7	Combo 18	2802,1288	55,7011	217,0338
	Lantai 2	C7	Combo 18	1827,7864	32,8739	205,5349
	Lantai 3	C7	Combo 18	1040,7956	25,154	165,7087

Tabel IV.13 gaya dalam kolom D85

Zona	Lantai	Column	Combo	P	M2	M3
				(KN)	(KN-m)	(KN-m)
2	Lantai 1	C18	Combo 18	-475,506	179,0463	695,4364
	Lantai 2	C18	Combo 18	-406,3122	207,4983	518,5544
	Lantai 3	C18	Combo 18	-345,643	253,646	364,378

Tabel IV.14 gaya dalam kolom D55

Zona	Lantai	Column	Combo	P	M2	M3
				(KN)	(KN-m)	(KN-m)
3	Lantai 4	C6	Combo 18	-595,0294	59,7299	187,948
	Lantai 5	C6	Combo 18	-46,2756	66,0045	159,0245
	Lantai 6	C6	Combo 18	-242,9271	57,4765	119,2231
	Roof	C6	Combo 18	75,6936	73,6787	70,9596

Tabel IV.15 gaya dalam kolom D70

Zona	Lantai	Column	Combo	P	M2	M3
				(KN)	(KN-m)	(KN-m)
4	Lantai 4	C6	Combo 18	-282,8272	175,5445	360,1473
	Lantai 5	C6	Combo 18	-222,7918	203,5631	279,8058
	Lantai 6	C6	Combo 18	-160,0283	179,1291	189,6477
	Roof	C6	Combo 18	-100,5827	192,3198	75,1864

2. Kestabilan bangunan kolom lingkaran

Hasil dari perhitungan dengan program ETABS pada Gedung Telecommunication Telkomsel Center (TTC) Makasar 2 Sulawesi Selatan didapat hasil output kestabilan Bangunan kolom lingkaran akibat gempa X dan gempa Y dengan program ETABS dan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Perhitungan control efek P-Delta pada Roof akibat gempa X yaitu antara lain sebagai berikut dengan $\beta = 1$:

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

$$\theta = \frac{869330,3919 \cdot 20,592 \cdot 1}{63936,8226 \cdot 4800 \cdot 5,5}$$

$$\theta = \frac{17901251,43}{1687932117}$$

$$\theta = 0,10605433$$

Untuk menghitung nilai θ_{max} pada Roof antar lain sebagai berikut :

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

$$\theta_{max} = \frac{0,5}{1 \cdot 5,5} \leq 0,25$$

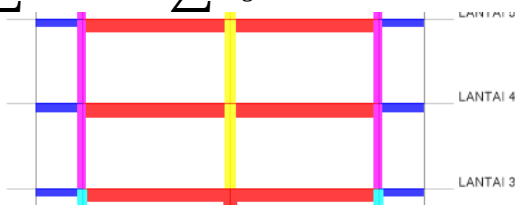
$$\theta_{max} = 0,090909091 \leq 0,25$$

Karena nilai $\theta < 0,1$ maka tidak disyaratkan untuk diperhitungkan terhadap pengaruh P-Delta, dan nilai $\theta < \theta_{max}$ sehingga struktur masih dalam kondisi stabil.

Strong Column Weak Beam (BEAM SWAY)

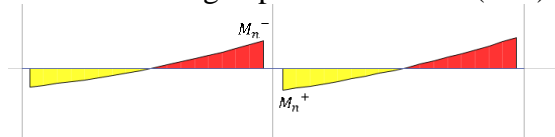
Persyaratan mekanisme Strong Column Weak Beam (Kolom Kuat Balok Lemah) antara lain sebagai berikut :

$$\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g$$



Gambar IV.10 join balok kolom

Kondisi akibat gempa kearah kanan (E→)



Gambar IV.11 momen balok akibat gempa ke arah kanan / sb-x (+Ex)

Momen nominal balok yaitu antara lain sebagai berikut :

$$M_{pr\ kiri} + M_{pr\ kanan} = M_n^- + M_n^+$$

$$142,3238\text{KN} - \text{m} + 110,6473\text{KN} - \text{m}$$

$$= 252,9771\text{KN} - \text{m}$$

Momen nominal kolom

$$P_{u\ kolom} \geq 0,1 f'c \cdot A_g$$

$$P_{u\ kolom} \geq 0,1 \times 35 \times 600 \times 600 \times 10^{-3}$$

$$P_{u\ kolom} \geq 1260\text{KN}$$

Momen nominal kolom atas dan bawah harus di cek terhadap beban maksimum dan beban aksial minimum seperti pada perhitungan kombinasi dibawah ini :

Kombinasi beban aksial maksimum antara lain :

$$U_3 = (1,2 + 0,2 S_{DS})DL + 1,0 LL + \rho E_x$$

$$+ 0,3 \rho E_y$$

$$U_4 = (1,2 + 0,2 S_{DS})DL + 1,0 LL + \rho E_x$$

$$- 0,3 \rho E_y$$

4. Penulangan kolom lingkaran

Perhitungan penulangan kolom persegi untuk kolom D65 untuk lantai 1 – 3 antara lain sebagai berikut :

Asumsi rasio tulangan kolom akibat beban gempa yaitu : 1,5% - 3%

$$A_s = 1,5\% \times 3,14 \times 650 \times 650 \times 0,25$$

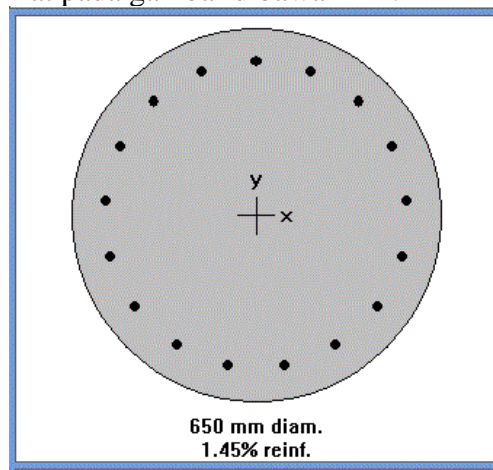
$$A_s = 4974,9375$$

Digunakan tulangan utama D19 ($A_s = 3,14 \times 19^2 / 4 = 283,385$)

$$n = \frac{4974,9375}{283,385}$$

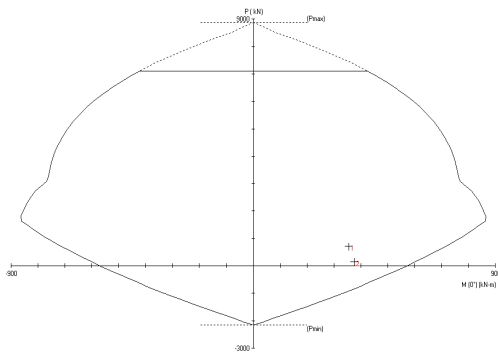
$$n = 15,56 \approx 17\text{ D19}$$

Sesuai dengan perhitungan diatas tulangan yang digunakan untuk kolom Lingkaran 65 adalah 17 D19. Dan dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar IV.9 Rasio Tulangan Kolom lingkaran 65

Dari gambar diatas di ketahui bahwa kolom lingkaran 65 sesuai dengan rasio tulangan yang telah ditetapkan, dimana nilai rasio tulangannya adalah 1,45%.



Gambar IV.13 Diagram interaksi kolom

Mn kolom bawah = 594 KN-m (tahanan lentur yang terkecil)

Cek syarat Strong Column Weak Beam adalah :

$$\sum M_c \geq 1,2 \sum M_g$$

$$(593 + 594) \geq 1,2 (252,9711)$$

$$1187 \geq 303,5653 \dots \dots \dots \text{Ok.}$$

5. Perhitungan kapasitas kolom lingkaran
 Pada Perhitungan kapasitas kolom lingkaran dibuat dengan menggunakan Program PCACOL. Dimana dapat diketahui diagram interaksi kolom, yang menggambarkan hubungan antara beban aksial dan momen X dan Y kolom dalam suatu diagram yang disebut dengan diagram interaksi kolom P – M. hasil penulangan kolom dibuat suatu diagram untuk memberikan gambaran tentang kekuatan kolom yang bersangkutan, apakah mampu menahan beban-beban aksial dan momen yang dibebankan pada kolom tersebut.

Kolom lantai 1 – 3
 Diagram interaksi kolom lingkaran 65 lantai 1 – 3
 Jumlah tulangan : 17 D19

Kombinasi beban aksial minimum antara lain :

$$U_{11} = (0,9 - 0,2 S_{DS})DL + \rho E_x + 0,3 \rho E_y$$

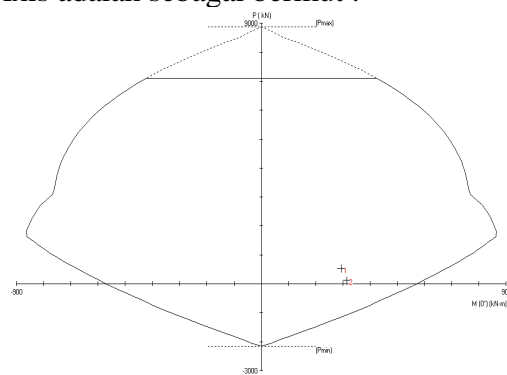
$$U_{12} = (0,9 - 0,2 S_{DS})DL + \rho E_x - 0,3 \rho E_y$$

Hasil ETABS kolom atas antara lain sebagai berikut :

$$P_{u \max} = 531,6740 \text{ KN} ; M_x = 293,7931 \text{ KN} - m$$

$$P_{u \min} = 125,9445 \text{ KN} ; M_x = 314,4580 \text{ KN} - m$$

Hasil diagram interaksi kolom about – X Axis adalah sebagai berikut :



Gambar IV.12 Diagram Interaksi Kolom atas

Mn kolom bawah adalah = 593 KN – m (tahanan lentur yang terkecil)

Hasil ETABS kolom bawah antara lain sebagai berikut :

$$P_{u \max} = 712,9357 \text{ KN} ; M_x = 353,9275 \text{ KN} - m$$

$$P_{u \min} = 153,1470 \text{ KN} ; M_x = 373,0973 \text{ KN} - m$$

Hasil diagram interaksi kolom about – X Axis adalah sebagai berikut :

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

1. Berdasarkan pembebanan dan perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan Program ETABS pada Gedung Telecommunication Telkomsel Center (TTC) Makasar 2 Sulawesi Selatan. Yang pada perencanaan awalnya menggunakan kolom persegi. Pada perbandingan yang telah dilakukan oleh penulis, maka antara 2 jenis kolom persegi dan lingkaran disimpulkan bahwa lebih stabil bangunan dengan menggunakan kolom lingkaran dan dapat di buktikan dengan nilai perhitungan sebagai berikut : Lebih kecil nilainya maka bangunan tersebut lebih stabil.

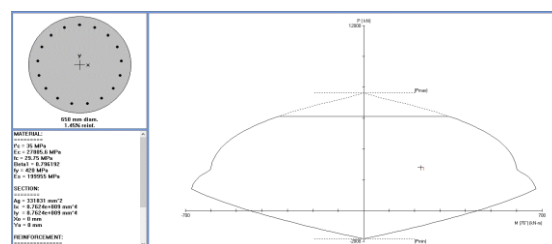
Story	Kolom Persegi		Kolom Lingkaran	
	x	y	x	y
Roof	0,012367486	0,014709748	0,010605433	0,012514735
Lantai 6	0,022387389	0,017779898	0,019747206	0,016164747
Lantai 5	0,0327792	0,020988149	0,029272103	0,01972348
Lantai 4	0,042548438	0,023047619	0,038324902	0,021923462
Lantai 3	0,03763467	0,022552482	0,035190279	0,021448047
Lantai 2	0,042384323	0,018881846	0,039288788	0,017840928
Lantai 1	0,028211041	0,009666652	0,025560544	0,009076285

2. Berdasarkan perbandingan atau perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan Program ETABS maka dapat disimpulkan bahwa kolom lingkaran dengan dimensi luas penampang (A_g) kolom lingkaran = luas penampang (A_g) kolom persegi memiliki gaya – gaya dalam yang lebih kecil dibandingkan kolom persegi berdasarkan persentase dengan selisih 5%.

3. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan pada penulangan kolom persegi dan kolom lingkaran dengan luas penampang (A_g) kolom lingkaran = luas penampang (A_g) kolom persegi lebih banyak menggunakan tulangan dengan diameter yang sama yaitu D19. Dapat diketahui dengan jumlahnya yaitu :

Tabel IV.16 beban aksial dan momen

P	M_x	M_y
(KN)	(KN-m)	(KN-m)
2802,1288	55,7011	217,0338
1827,7864	32,8739	205,5349
1040,7956	25,154	165,7078



Gambar IV. 14 Diagram interaksi kolom

65

Dari diagram interaksi kolom linfkaran 65 pada lantai 1 – 3, diketahui bahwa beban aksila perlu (P_u) dan momen X dan Y yang memotong titik 1 berada didalam diagram, yang berarti bahwa kolom tersebut mampu menahan beban yang bekerja padanya. Dengan beban aksial nominal (P_n) dan beban momen nominal (M_n) kolom masing-masing sebesar 20 KN dan 233 KN-m.

4. Pada perhitungan dan pembebanan yang telah dilakukan dengan menggunakan program ETABS dan PCACOL untuk diagram interaksi kolom pada penelitian ini disimpulkan bahwa kolom lingkaran lebih kuat dari pada kolom persegi. dapat dilihat pada rasio penulangan dimana kolom lingkaran lebih kecil rasionya dibandingkan kolom persegi. dan dapat dilihat juga pada gaya dalam yang lebih kecil yaitu dengan selisih 5%.

B. Saran

Dari hasil penelitian ini, penulis ingin memberikan saran yaitu perlu diadakan lagi penelitian atau perhitungan lanjutan mengenai Analisis Shear Wall berdasarkan kombinasi untuk bangunan dengan menggunakan aplikasi ETABS dan Perhitungan Pondasi Dari Aspek Daya Dukung Tanah untuk mengetahui jumlah kebutuhan pondasi. Untuk lebih mengenal dan mengetahui kekuatan kolom pada suatu struktur bangunan Gedung yang bertingkat tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asroni Ali, *Balok Pelat Beton Bertulang*, Muhamadiyah University Press, 2017.
- Fadli Hamzah, *Aplikasi ETABS Pada Perencanaan Gedung 15 Lantai Dengan Struktur Beton Bertulang Menggunakan Sistem Ganda (Dual system) Sebagai Penahan Beban Gempa Sesuai Standard Code SNI 1726 : 2012, Edisi ke 1*, Fadli Hamzah Universitas Gunadarma, 2012.
- McCormac Jack C, *Desain Beton Bertulang*, Edisi Ke 5 Erlangga, 2006.
- SNI 2847 – 2019 *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung Dan Penjelasannya*, Jakarta 2019.
- SNI 1726 – 2019 *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non-Gedung*, Jakarta, 2019.