

PENGARUH KELANGSINGAN PADA DESAIN KOLOM PADA PROYEK VERDE TWO CONDOMINIUM KUNINGAN JAKARTA SELATAN

Irma Sepriyanna¹, Indah Handayasari², Yaysyirul Ulum Febrianto³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Sipil, Sekolah Tinggi Teknik PLN

Jl.Lingkar Luar Barat, Jakarta Barat

E-mail : irma.sepriyana@sttpln.ac.id

Abstract

At the Verde Two Condominium project, a slender column is planned for lobby and mezzanine, a column designed to give a spacious impression and provide an aesthetic value. The slender column can cause increased bending stress resulting in buckling of the column, the addition of the moment on the slender column can make the number of reinforcement and the quality used will be greater. Therefore in this study will compare how the column design with out the slenderness factor in terms of structural strength. This slender column redesign calculation analysis uses reference to the Indonesian National Standard (SNI) and American Concrete Institute (ACI) and software used to analyze and design an Object Oriented Programing. Variables used are column slenderness value, load eccentricity value and column reinforcement area. From the calculation shows that column dimension without slenderness factor is bigger than column with slenderness factor that is square column (1700x1700) mm and circle column ϕ 1850 and number of column reinforcement without slenderness factor less than on column with slim factor that is 27 D29 -D16 225 for square columns and 23 D29 - D16 250 for circle columns

Keywords: slender column, column design.

Abstrak

Pada proyek gedung Verde Two Condominium akan direncanakan kolom langsing tinggi / panjang sebagai kebutuhan untuk ruangan lobby dan mezzanine, kolom yang direncanakan sedemikian rupa agar luas ruangan menjadi lebih lebar dan memberikan nilai estetika yang indah. Kolom langsing dapat menyebabkan tegangan lentur bertambah yang mengakibatkan tekuk pada kolom, adanya penambahan momen pada kolom langsing dapat menjadikan jumlah tulangan dan mutu yang digunakan akan semakin besar. Oleh karena itu pada penelitian ini akan membandingkan bagaimana desain kolom tanpa factor kelangsingan dilihat dari segi kekuatan struktur. Analisa Perhitungan redesain kolom langsing ini menggunakan acuan pada Standar Nasional Indonesia (SNI) dan American Concrete Institute (ACI) dengan bantuan software komputer, yang digunakan untuk menganalisis dan mendesain suatu struktur yang berorientasi obyek (*Object Oriented Programing*). Variabel yang digunakan adalah nilai kelangsingan kolom, nilai eksentrisitas beban dan luas tulangan kolom. Dari hasil perhitungan menunjukkan bahwa dimensi kolom tanpa faktor kelangsingan lebih besar daripada kolom dengan factor kelangsingan yaitu kolom persegi (1700x1700)mm dan kolom lingkaran ϕ 1850 dan jumlah tulangan kolom tanpa faktor kelangsingan lebih sedikit dari pada kolom dengan faktor kelangsingan yaitu 27 D29 –D16 225 untuk kolom persegi dan 23 D29 – D16 250 untuk kolom lingkaran.

Kata kunci : kolom langsing, desain kolom

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Disain struktur merupakan faktor yang sangat menentukan untuk menjamin kekuatan dan keamanan suatu struktur bangunan, karena inti dari suatu bangunan terletak pada kekuatan bangunan itu sendiri, khususnya untuk bangunan bertingkat, yang sangat dipengaruhi oleh perancangan yang matang. Kolom merupakan batang tekan vertikal yang memegang peranan penting dari suatu bangunan, sehingga keruntuhan suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan runtuhnya suatu bangunan.

Pada proyek Verde Two Condominium direncanakan gedung dengan kolom tinggi / panjang sebagai kebutuhan untuk ruangan lobby dan mezzanine, kolom didesain sedemikian rupa agar luas ruangan menjadi lebih lebar dan memberikan nilai estetika yang indah. Beberapa faktor utama yang terkait dengan perencanaan kolom langsing ialah panjang kolom tanpa sokongan, faktor panjang efektif, dan jari-jari girasi (putaran). Faktor kelangsingan dari kolom dapat mengurangi kapasitas kolom itu sendiri. Kolom langsing juga dapat menyebabkan tegangan lentur bertambah dan dapat terjadi tekuk. Hal ini terjadi karena kolom langsing tidak

hanya menerima gaya aksial saja, namun juga memperhitungkan penambahan momen sekunder akibat kelangsingannya tersebut. Akibat adanya penambahan momen pada kolom langsing dapat menjadikan jumlah tulangan dan mutu yang digunakan akan semakin besar, dan berpengaruh pada biaya yang di keluarkan.

Pada penelitian ini akan dibahas perbandingan desain kolom dengan factor kelangsingan dan kolom tanpa factor kelangsingan pada proyek Verde serta membandingkannya dari segi kekuatan struktur dan luas ruangan dalam segi arsitektural. Permodelan dan analisa struktur dilakukan dengan *software* SAP2000 ditinjau secara 3 dimensi serta analisis dan disain didasarkan atas SNI 03-2847-2013 dan ACI (*American Concrete Institute*).

1.2 Landasan Teori

1.2.1 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan yang digunakan sesuai dengan persyaratan perencanaan beton struktural untuk bangunan gedung SNI 2847-2013, yaitu :

1. Kekuatan Perlu

Kekuatan perlu Uyang digunakan dalam SNI 2847-2013 pasal 9.2 dengan pengaruh beban terfaktor sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 U &= 1,4D & (1) \\
 U &= 1,2D + 1,6L + 0,5(L_r \text{ atau } R) & (2) \\
 U &= 1,2D + 1,6(L_r \text{ atau } R) + (1,0L \text{ atau } 0,5W) & (3) \\
 U &= 1,2D + 1,0W + 1,0L + 0,5(L_r \text{ atau } R) & (4) \\
 U &= 1,2D + 1,0E + 1,0L & (5) \\
 U &= 0,9D + 1,0W & (6) \\
 U &= 0,9D + 1,0E & (7)
 \end{aligned}$$

Dimana :

- D = beban mati
- L = beban hidup
- W = beban angin
- E = beban gempa
- L_r = beban hidup atap
- R = beban hujan

2. Kuat Rencana / Desain

Kekuatan yang disediakan oleh suatu komponen struktur, sambungannya dengan komponen struktur lain, dan penampangannya. Sehubungan lentur, beban normal, geser, dan torsi harus diambil sebesar kekuatan nominal dihitung sesuai dengan persyaratan dan asumsi dari standar yang dikalikan dengan faktor reduksi kekuatan (ϕ) sesuai SNI 2847-2013 pasal 9.3.

1.2.2 Pengaruh Kelangsingan Kolom

a. Untuk kolom yang dapat bergoyang (Pasal 10.10.1a)

$$\frac{K l_u}{r} \leq 22 \quad (8)$$

$$r = \sqrt{I/A} \quad (9)$$

b. Untuk Kolom yang tidak dapat bergoyang (Pasal 10.10.1b)

$$\frac{K l_u}{r} \leq 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40 \quad (10)$$

Dimana :

M₁ / M₂ (kNm) adalah positif jika kolom dibengkokkan dalam kurvatur tunggal, dan negatif jika komponen struktur dibengkokkan dalam kurvatur ganda.

k = faktor panjang efektif kolom

l_u = panjang bersih kolom, m

r = radius girasi atau jari-jari inersia penampang kolom,
= 0,3.h (jika kolom berbentuk persegi)

= 0,25 x diameter kolom (jika kolom berbentuk bulat)
 I & A = momen inersia dan luas penampang kolom, m^4 dan m^2

1.2.3 Faktor Panjang Efektif Kolom (k)

Faktor panjang efektif kolom (k) ini sangat dipengaruhi oleh derajat hambatan pada ujung-ujung kolom (ψ) Derajat hambatan ψ dirumuskan sebagai berikut (pasal 10.10. 7.2) :

$$\Psi = \frac{\sum \frac{E_c I_c}{l_c}}{\sum \frac{E_t I_t}{l_t}} \quad (11)$$

Jika ujung kolom berupa :

- Jepit, maka nilai $\psi = 0$
- Sendi, maka nilai $\psi = 10$
- Bebas , maka nilai $\psi = \infty$

Dengan :

- Ψ = derajat hambatan pada ujung kolom
- E = modulus elastis beton = $4700 \sqrt{f_c}$, MPa
- I = momen inersia, mm^4
- l_c = panjang bersih kolom, mm
- l = panjang bersih balok, mm

Nilai k ini dibedakan 2 macam, yaitu untuk jenis kolom yang tidak dapat bergoyang dan jenis kolom yang dapat bergoyang.

- a. Untuk kolom yang tidak dapat bergoyang nilai k, boleh diambil sebesar 1,0 (pasal 10.10.6.3)
- b. Untuk kolom yang dapat bergoyang nilai k, harus ditentukan menggunakan nilai E dan I dan tidak boleh kurang dari 1,0 (pasal 10.10.7.2)

1.2.4 Pembesaran Momen

Untuk menghindari bahaya tekuk pada kolom langsing atau kolom panjang, maka dalam perencanaan tulangan longitudinal dilaksanakan dengan cara memperbesar momen rencana kolom. Pembesaran momen dilaksanakan dengan memberikan faktor pembesaran momen (δ_b atau δ_s) pada momen terfaktor (M_u), sehingga berubah menjadi momen terfaktor yang diperbesar (M_c). nilai momen M_c dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

- a. Untuk kolom yang tidak dapat bergoyang (pasal 10.10.6)

$$M_c = \delta_{ns} \cdot M_2 \quad (12)$$

- b. Untuk kolom yang dapat bergoyang (pasal 10.10.7)
Momen M_1 dan M_2 di ujung komponen struktur individu harus diambil sebesar.

$$M_1 = M_{1ns} + \delta_s \cdot M_{1s} \quad (13)$$

$$M_2 = M_{2ns} + \delta_s \cdot M_{2s} \quad (14)$$

dengan :

- M_c = momen terfaktor yang diperbesar, N-mm
- δ_s / δ_{ns} = faktor pembesaran momen untuk rangka yang di tahan terhadap goyangan ke samping, atau faktor pembesaran momen ntuk rangka yang tidak dapat bergoyang. b berarti *braced* (dikekang).
- δ_s = faktor pembesaran momen untuk rangka yang tidak ditahan terhadap goyangan ke samping, atau faktor pembesaran momen untuk rangka yang dapat bergoyang. s berarti *sway* (bergoyang).
- M_{1ns}/M_{2ns} = momen yang besar pada salah satu ujung kolom yang tidak menimbulkan goyangan, N-mm
- M_{1s} & M_{2s} = momen yang kecil dan yang besar pada salah satu ujung kolom yang menimbulkan goyangan, N-mm

Faktor pembesar momen dihitung menurut rumus berikut :

a. Untuk kolom yang tidak dapat bergoyang (pasal 10.10.6)

$$\delta_{ns} = \frac{C_m}{1 - \frac{P_u}{0,75 P_c}} \geq 1,0 \quad (15)$$

Jika ada beban transversal di antara tumpuannya, $C_m = 1,0$ Untuk komponen struktur tanpa beban transversal,

$$C_m = \left(0,6 + 0,4 \frac{M_1}{M_2}\right) \quad (16)$$

b. Untuk kolom yang dapat bergoyang (pasal 10.10.7)

$$\delta_s = \frac{1}{1 - \frac{\sum P_u}{0,75 \sum P_c}} \quad (17)$$

Dimana,

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(K \cdot l_u)^2} \quad (18)$$

EI boleh diambil sebesar

$$EI = \frac{(0,2 E_c I_g + E_s I_{se})}{1 + \beta_{dns}} \quad (19)$$

Atau

$$EI = \frac{0,4 E_c I_g}{1 + \beta_{dns}} \quad (20)$$

Dengan :

$\sum P_u$ = jumlah seluruh beban vertical terfaktor yang ada pada suatu tingkat, kN

$\sum P_c$ = jumlah seluruh kapasitas tekan kolom yang ada pada suatu tingkat, kN

1.2.5 Perhitungan Dimensi Kolom

Perhitungan dimensi dan luas penampang tulangan kolom dihitung berdasarkan SNI 2847-2013 dengan persamaan :

Untuk kolom persegi ($\phi = 0,70$) dan kolom spiral ($\phi = 0,75$)

$$P_u = \phi \cdot 0,80 \left[0,85 \cdot f'_c \cdot (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st} \right] \quad (21)$$

Dimana :

P_u = Beban Aksial Maksimum

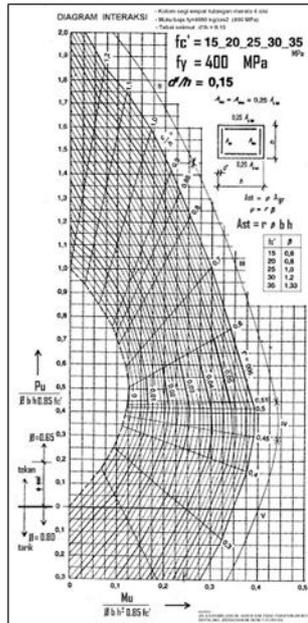
A_g = Luas Penampang Kolom

A_{st} = Luas Tulangan total

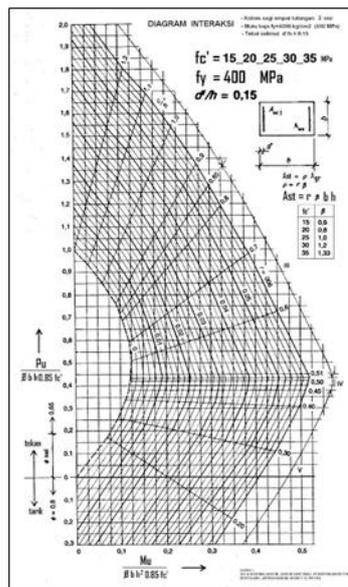
f'_c = Mutu Beton

f_y = Mutu Baja

1.2.6 Perhitungan Tulangan Utama Dengan Diagram Interaksi



Gambar 2.8 Diagram interaksi kolom ACI untuk tulangan pada 4 sisi



Gambar 2.7 Diagram interaksi kolom ACI untuk tulangan pada 2 sisi

Dimana :

e = eksentrisitas

h = dimensi panjang kolom

b = dimensi pendek kolom

γh = panjang bersih penampang kolom

A_g = luas penampang kolom

A_{st} = luas tulangan kolom

P_n = gaya tekan nominal

ϕ = koefisien faktor (0,7 untuk kolom persegi & 0,75 untuk kolom spiral

γ = rasio antara γh dan h

ρ = rasio (ditentukan dari diagram yang sesuai)

1.2.7 Perhitungan Tulangan Geser (SNI 2847-2013 Pasal 11)

Gaya geser perlu kolom

$$V_{uk} = \frac{Mu_2 - Mu_1}{\lambda k} \quad (22)$$

Gaya geser yang dipikul beton

$$V_c = 0,17 \left(1 + \frac{Nu}{14 \cdot Ag} \right) \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \quad (23)$$

Gaya geser yang dipikul sengkang

$$V_s = \frac{V_{uk} - \phi V_c}{\phi} \quad (24)$$

$$V_s \max \leq 0,66 \sqrt{f'c} \cdot bw \cdot d \quad (25)$$

Luas tulangan geser

$$AV_u = \frac{V_s \cdot S}{F_y \cdot d} \quad (26)$$

$$AV_u \min = 0,062 \cdot \sqrt{f'c} \frac{bw \cdot S}{F_y} \quad (27)$$

Tidak boleh kurang dari,

$$AV_u = 0,35 \cdot \frac{bw \cdot S}{F_y} \quad (28)$$

Diambil V_u yang maximum.

Spasi tulangan geser (sengkang)

$$S = \frac{n \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \right) \cdot S}{AV_u} \quad (29)$$

Dimana :

N_u = Gaya aksial terfaktor

λk = Panjang efektif kolom

λ = 1,0 (faktor modifikasi SNI 2847-2013 pasal 8.6)

bw = dimensi pendek penampang

d = panjang efektif penampang

$f'c$ = mutu beton

F_y = mutu baja

S = jarak tinjauan kolom / 1000 mm

Syarat sesuai SNI 2847-2013

a. Syarat tulangan utama

- Luas tulangan longitudinal (A_{st}) untuk komponen struktur tekan non-komposit tidak boleh kurang dari $0,01A_g$ atau lebih dari $0,08A_g$. (SNI 2847-2013 psl 10.9,1)
- Jumlah minimum batang tulangan longitudinal pada komponen struktur tekan adalah 4 untuk segi empat, 3 untuk kolom segi tiga, dan 6 untuk kolom spiral. (SNI 2847-2013 psl 10.9,2)

b. Syarat jarak sengkang

Jarak sengkang tidak boleh melebihi ;

$$S = \frac{1}{2} d \quad (30)$$

$$S \leq 600 \text{ mm}$$

1.2.8 Software SAP 2000

SAP adalah program yang digunakan untuk menganalisis dan mendesain suatu struktur yang berorientasi objek (*Object Oriented Programming*).

Program SAP2000 ini memiliki beberapa kelebihan, terutama dalam perancangan struktur baja dan beton, dalam perancangan struktur baja SAP2000 dapat merancang elemen struktur dengan menggunakan profil baja yang optimal dan seekonomis mungkin, sehingga dalam penggunaannya tidak perlu menentukan elemen awal dengan profil pilihannya, tetapi cukup memberikan data profil dari database yang ada pada SAP2000, dan ini hanya berlaku untuk perancangan struktur baja, sedangkan untuk perancangan struktur beton tetap harus menentukan elemen awal sebagai asumsi awal perancangan yang kemudian nanti diperoleh luas tulangan totalnya.

Dalam penelitian ini program SAP 2000 digunakan untuk membantu menganalisa permodelan gedung untuk mencari gaya – gaya yang bekerja, khususnya untuk kolom tinggi pada proyek verde two condominium. Hasil analisa permodelan dari SAP 2000 digunakan untuk mendesain ulang kolom, agar tujuan dalam penelitian ini dapat tercapai.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah data spesifikasi gambar (*shop drawing*) dan spesifikasi mutu. Dari data tersebut akan direncanakan ulang kolom langsing dengan menghilangkan faktor kelangsingan pada kolom tersebut. Desain ulang kolom didasarkan pada perencanaan umum, mutu bahan yang akan digunakan, dimensi kolom yang dipakai dan perhitungan beban – beban yang bekerja seperti beban mati, beban hidup, dan beban gempa, setelah itu dilakukan analisa permodelan struktur dengan menggunakan bantuan *software* SAP 2000. Output yang dihasilkan berupa gaya – gaya serta momen yang bekerja pada kolom tersebut.

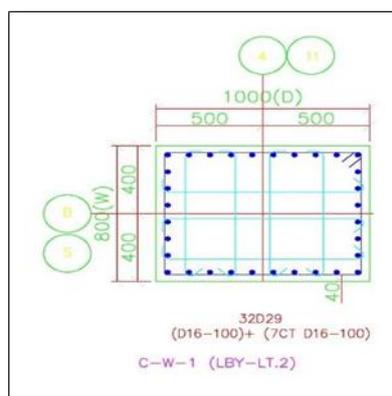
Selanjutnya dilakukan cek kapasitas dan kelangsingan kolom. Jika kapasitas kolom tidak memenuhi dan kolom dikategorikan kolom langsing maka dilakukan perhitungan ulang dimensi struktur kolom. Jika kolom OK (bukan kolom langsing) maka dilanjutkan menghitung penulangan kolom. Selanjutnya cek terhadap persyaratan kolom, jika kolom tidak memenuhi standar dilakukan cek ulang terhadap penulangan kolom dan mutu yang digunakan (diperbesar mutu atau ditambah jumlah tulangnya).

Setelah desain struktur kolom di dapatkan serta memenuhi standar kekuatan struktur, selanjutnya dilakukan perhitungan biaya dan space ruangan. Dari hasil analisa dan pembahasan dapat dibuat kesimpulan sesuai dengan tujuan dalam penelitian ini.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada pembahasan akan di redesain kolom dengan menghilangkan faktor kelangsingannya, Ada 2 kolom yang akan di desain ulang yaitu kolom C-W-1 dan C-W-3.

3.1 Perhitungan Redesain Kolom C-W-1



Gambar 4.1 Tulangan Kolom Langsing C-W-1

1. Data Perencanaan :

- Dimensi Kolom (b x h) : (800x1000) mm
- Tinggi Kolom (h): 10050 mm
- Luas Penampang Kolom (Ag): 800000 mm² (32D29)
- Luas Tulangan Total (Ast): 21125,92 mm²
- Diasumsikan Ast: 2,5 % x Ag
- Mutu Beton (f'c): 49,8 Mpa (K-600)
- Mutu Baja (fy): 400 Mpa

2. Gaya Tekan Konsetrik Nominal Pembesian Kolom Langsing

$$P_n = A_{st} \times F_y$$

$$P_n = 21126 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$P_n = 8450368 \text{ N} \approx 845036,8 \text{ Kg}$$

$$P_u = \phi P_n$$

$$P_u = 0,85 \times 845036,8 \text{ Kg} = 718281,3 \text{ Kg}$$

3. Menentukan Dimensi Kolom Redesain

Direncanakan Mutu Beton untuk Kolom Redesain f'c = 41.5 (K-500)

$$P_u = \phi \times 0,8 \times [0,85 \times f'c \times (A_g - A_{st}) + F_y \times A_{st} \text{ (Kolom persegi } \phi = 0,70 \text{)}$$

$$718281,3 = 0,7 \times 0,8 \times [0,85 \times 41,5 \times (A_g - 2,5\% A_g) + 400 \times 2,5\% A_g]$$

$$718281,3 = 0,56 [35,28 A_g - 0,881 A_g + 10 A_g]$$

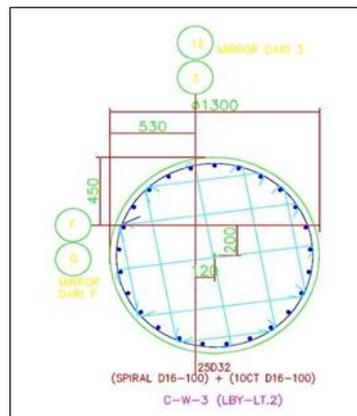
$$718281,3 = 24,856 A_g$$

$$A_g = 28897,702 \text{ cm}^2 \approx 2889770,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dimensi Kolom Persegi} = \sqrt{2889770,2} = 1699,9 \text{ mm} \approx 1700 \text{ mm}$$

Jadi, dimensi kolom re-desain adalah (P x L) = **1700 mm x 1700 mm**

3.2 Perhitungan redesain Kolom C-W-3



Gambar 4.2 Tulangan Kolom Langsing C-W-3

1. Data Perencanaan :

- Dimensi Kolom (φ) : 1300 mm
- Tinggi Kolom (h) : 10050 mm
- Luas Penampang Kolom (Ag) : 1326650 mm² (25D32)
- Luas Tulangan Total (Ast) : 20096 mm²
- Diasumsikan Ast : 2,5 % x Ag
- Mutu Beton (f'c) : 49,8 Mpa (K-600)
- Mutu Baja (fy) : 400 Mpa

2. Gaya Tekan Konsetrik Nominal Pembesian Kolom Awal

$$P_n = A_{st} \times F_y$$

$$P_n = 20096 \text{ mm}^2 \times 400 \text{ Mpa}$$

$$P_n = 8038400 \text{ N} \approx 803840 \text{ Kg}$$

$$P_u = \phi P_n$$

$$P_u = 0.85 \times 803840 \text{ Kg} = 683264 \text{ Kg}$$

3. Menentukan Dimensi Awal Kolom Redesain

Direncanakan Mutu Beton untuk Kolom Redesain $f'_c = 41.5$ (K-500)

$$P_u = \phi \times 0.85 \times [0.85 \times f'_c \times (A_g - A_{st}) + F_y \times A_{st}] \text{ (Kolom Spiral } \phi = 0.75)$$

$$683264 = 0.75 \times 0.85 \times [0.85 \times 41.5 \times (A_g - 2.5\% A_g) + 400 \times 2.5\% A_g]$$

$$683264 = 0.64 [35.28 A_g - 0.881 A_g + 10 A_g]$$

$$683264 = 28.416 A_g$$

$$A_g = 24050.12 \text{ cm}^2 \approx 2405012 \text{ mm}^2$$

$$\text{Dimensi Kolom Spiral} = \sqrt{\frac{2405012 \times \frac{4}{\pi}}{\pi}} = 1751 \text{ mm} \approx 1850 \text{ mm}$$

Jadi, dimensi kolom re-desain adalah ϕ **1850 mm**

3.3 Pembebanan Pada Gedung

3.3.1 Beban Mati Pada Gedung

Beban Sendiri Bangunan sudah terinput dalam program SAP 2000 sesuai desain yang digambar pada Program SAP 2000

Beban Dinding :

| | |
|------------------------------|-----------------------|
| a. Dinding Pasangan Batako | 200 Kg/m ² |
| b. Kaca dan material sejenis | 10 Kg/m ² |

Beban Mati Tambahan:

| | |
|--|----------------------|
| a. MEP | 20 Kg/m ² |
| b. Penutup lantai dari ubin semen Portland teraso dan beton | 24 Kg/m ² |
| c. Langit-langit terdiri dari semen asbes (eternit dan bahan lain sejenis) | 11 Kg/m ² |
| d. Penggantung langit-langit dari kayu | 7 Kg/m ² |

$$\text{Beban 1} + \text{Beban 2} + \text{Beban 3} = 62 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Lain - Lain (10 \%)} = 6.2 \text{ Kg/m}^2$$

$$\text{Beban Mati Total} = \mathbf{68.2 \text{ Kg/m}^2}$$

3.3.2 Beban Hidup Pada Gedung

Beban Hidup Distribusi Merata (SNI 2013)

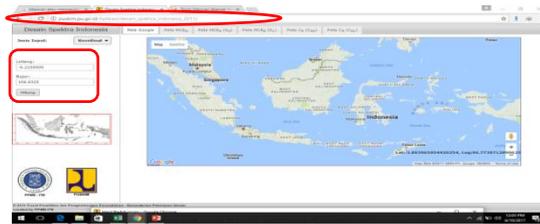
| | |
|--|-----------------------|
| a. Beban Hidup Apartemen (Ruang Pribadi dan koridor) | 192 Kg/m ² |
| b. Atap (Atap datar Hunian, berbubung, dan lengkung) | 96 Kg/m ² |

Beban Hidup Pada Tangga (SNI 2013)

| | |
|--|-----------------------|
| a. Tangga, Bordes Tangga, Gang untuk Apartemen | 200 Kg/m ² |
| b. Beban Angin Dekat dari pantai | 40 Kg/m ² |

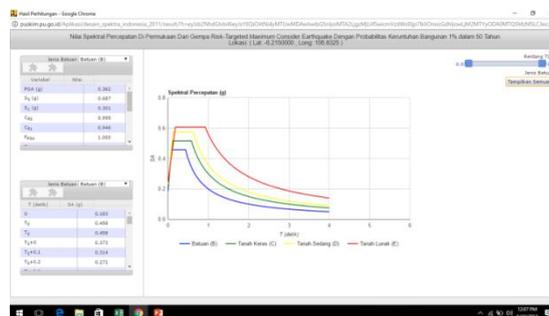
3.3.3 Beban Gempa

Beban gempa yang terjadi pada struktur gedung ini didasarkan pada peraturan SNI 1729-2012. Seiring dengan kemajuan teknologi saat ini untuk peta kegempaan dapat di akses melalui situs resmi dari kementerian pekerjaan umum (PU), dengan menginput lokasi atau koordinat dari suatu wilayah yang ingin kita lihat. Berdasarkan peta pada google maps, gedung verde two condominium terletak pada daerah Jl H. Cokong, Kuningan, Jakarta selatan, dengan koordinat lokasi lintang ($6^\circ 12' 53.996''$ S) dan bujur ($106^\circ 49' 57''$ E).



Gambar 4.3 Situs Resmi Desain Spektra Indonesia

Dengan menginput lokasi atau koordinat daerah pada situs resmi http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2-11/, maka akan diperoleh data-data parameter kegempaan dan grafik respons spectrum dengan data sebagai berikut :



Gambar 4.4 Grafik Respons Spektrum

(sumber http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2-11/)

Dari data soil tes pada proyek verde two condominium, dengan nilai N-SPT tanah di kategorikan sebagai tanah lunak. Maka, data-data parameter kegempaan sebagai berikut :

- a. Percepatan respons spectral MCE dari peta gempa pada perioda pendek, $S_s(g) = 0,687$
- b. Percepatan respon spectral MCE dari peta gempa pada perioda 1 detik $S_1(g) = 0,301$
- c. Percepatan respons spectral MCE dari peta gempa pada perioda pendek, $S_{MS}(g) = 0,911$
- d. Percepatan respon spectral MCE dari peta gempa pada perioda 1 detik $S_{MI}(g) = 0,841$
- e. Percepatan respons spectral pada perioda pendek, $S_{DS}(g) = 0,607$
- f. Percepatan respons spectral pada perioda 1 detik, $S_{D1}(g) = 0,561$
- g. $T_0 = 0,185$
- h. $T_s = 0,923$

3.3.4 Cek Kelangsingan Kolom Re-desain

Kolom C-W-1

1. Data Perencanaan :

- Dimensi Kolom (b x h): (1700x1700) mm
- Dimensi Balok (b x h): (500x1200) mm
- Tinggi Kolom (h): 10050 mm
- Panjang Bersih Kolom (LK): 8850 mm

2. Faktor Panjang Efektif Kolom

Sesuai SNI 2013, psl 10.10.7.2 Kolom merupakan portal bergoyang dengan K tidak boleh kurang dari 1. Diasumsikan $K = 1$.

3. Cek Kelangsingan Kolom

$$\text{Nilai } r = \sqrt{\frac{\frac{1}{12} b x h^3}{b x h}} = 0,289 \cdot h \approx 0,3 \cdot h$$

$$r = 0,3 \times 1700 \text{ mm} = 510 \text{ mm}$$

$$\frac{k \cdot Lk}{r} < 22$$

(Portal Bergoyang untuk kolom tanpa pengaku/*Breising*)

$$\frac{1 \cdot 8850}{510} = 17,35 < 22$$

(Kolom Tidak Langsing, factor pembesaran momen dapat diabaikan)

Kolom C-W-3

1. Data Perencanaan :

- Dimensi Kolom (ϕ): 1850 mm
- Dimensi Balok (b x h) : (500 x1200) mm
- Tinggi Kolom (h) : 10050 mm
- Panjang Bersih Kolom (LK): 8850 mm

2. Faktor Panjang Efektif Kolom

Sesuai SNI 2013, psl 10.10.7.2 Kolom merupakan portal bergoyang dengan K tidak boleh kurang dari 1. Diasumsikan K = 1.

3. Cek Kelangsingan Kolom

$$\text{Nilai } r = \sqrt{\frac{\frac{1}{64} \pi \pi d^4}{\frac{1}{4} \pi \pi d^2}} = 0,25 \cdot d$$

$$r = 0,25 \times 1850 \text{ mm} = 462,5 \text{ mm}$$

$$\frac{k \cdot Lk}{r} < 22$$

(Portal Bergoyang untuk kolom tanpa pengaku/*Breising*)

$$\frac{1 \cdot 8850}{462,5} = 19,1 < 22$$

(Kolom Tidak Langsing, factor pembesaran momen dapat diabaikan)

Jadi, hasil redesain kolom C-W-1 dan C-W-3 merupakan kolom dengan kategori tidak langsing, dan faktor pembesaran momen dapat diabaikan.

3.3.5 Perencanaan Tulangan Kolom Re-desain

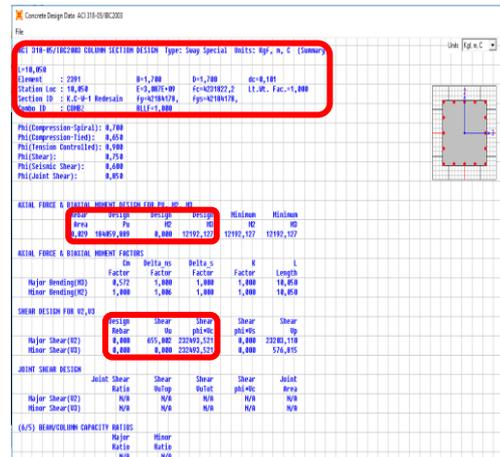
Kolom C-W-1 (4,S)

1. Data Perencanaan

- Dimensi Kolom (b x h) : (1700 x1700) mm

- Tinggi Kolom (h) : 10050 mm
- Luas Penampang Kolom (Ag) : 2890000 mm²
- Mutu Beton (f'c) : 41.5 Mpa (K-500)
- Mutu Baja (fy) : 400 Mpa
- ds = tie + Ds + 1/2 DL40 +16 + (1/2 x 29) = 70,5 mm
- d = h – ds = 1700 – 70,5 : 1629,5 mm

2. Hasil Output Program SAP 2000



Gambar 4.5 Output Program SAP 2000 (Kolom C-W-1 Redesain)

3. Perhitungan Tulangan Pokok (Longitudinal)

Pu = 184059,889Kg (Dari Program SAP 2000)
 Mu = 12192,127Kg.m(Dari Program SAP 2000)

$$e = \frac{Mu}{Pu} = \frac{(12) 12192,127 \text{ Kg.m}}{184059,889 \text{ Kg}} = 0,79 \text{ m}$$

$$\frac{e}{h} = \frac{0,79 \text{ m}}{1,7 \text{ m}} = 0,46$$

$$\frac{\phi \cdot Pn}{Ag} = \frac{Pu}{Ag} = \frac{1803786,912 \text{ N}}{2890000 \text{ mm}^2} = 0,6$$

Nilai Koefisien (ρ) yang diambil Interpolasi Grafik interaksi Kolom ACI Tulangan 4 sisi adalah 0,006

Cek Terhadap Rasio Tulangan

$$b = \frac{B1 \cdot 0,85 \cdot f'c'}{Fy} \cdot \frac{600}{(600 + Fy)}$$

$$\rho = \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 41,5}{400} \cdot \frac{600}{(600 + 400)} = 0,04497$$

$$\rho_{max} = 0,75 ; \rho_b = 0,034$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{Fy} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Jadi, ρ min = 0,0035 < ρ = 0,006 < ρ max = 0,034 **OK**

Maka, Tulangan Pokok yang di gunakan adalah

$$\rho \times Ag = 0,006 \times 2890000 \text{ mm}^2 = 17125,92 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan diameter D29

$$\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \pi (29)^2 = 660,185 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{17125,92 \text{ mm}^2}{660,185 \text{ mm}^2} = 26,265 \approx 27 \text{ Tulangan D29}$$

Perhitungan Tulangan Sengkang (Geser)

$$V_u = 655,002 \text{ Kg} = 65550 \text{ N} \quad (\text{Dari Program SAP 2000})$$

$$V_s = 232493,521 \text{ Kg} = 2324935,21 \text{ N} \quad (\text{Dari Program SAP 2000})$$

Menghitung Luas tulangan Geser

$$AV_u = \frac{V_s \cdot S}{f_y \cdot d} = \frac{2324935,21 \cdot 1000}{400 \cdot 1629,5}$$

$$= 3566,94 \text{ mm}^2$$

$$AV_{u_{\min}} = 0,062 \sqrt{f'c} \cdot \frac{b \cdot S}{f_y}$$

$$= 0,062 \sqrt{41,5} \times \frac{1700 \cdot 1000}{400}$$

$$= 1697,48 \text{ mm}^2$$

$$AV_u = 0,35 \frac{b S}{f_y} = 0,35 \times \frac{1700 \cdot 1000}{400}$$

$$= 1487,5 \text{ mm}^2$$

Diambil Nilai Max $AV_u = 3566,94 \text{ mm}^2$

Menghitung Spasi tulangan Geser

$$AD_{16} = \frac{1}{4} \times \pi \times (D)^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times (16)^2 = 200,96 \text{ mm}$$

$$S = \frac{n \cdot Ad_s \cdot S}{AV_u} = \frac{4 \times 200,96 \cdot 1000}{3566,94}$$

$$= 224,89 \text{ mm} \approx 225 \text{ mm}$$

Syarat :

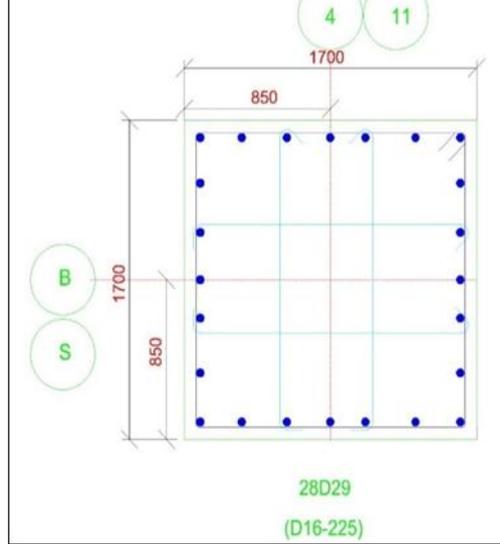
$$S = 1/2 d = 1/2 (1629,5) = 814,75 \text{ mm}$$

$$S \leq 600 \text{ mm}$$

Dipakai yang terkecil $S = 224,89 \text{ mm} \approx 225 \text{ mm}$

Sengkang D16 – 225 mm

Jadi, dari perhitungan redesign kolom C-W-1 didapatkan jumlah tulangan utama (longitudinal) adalah 27 tulangan diameter 29 dengan sengkang diameter 16 dengan jarak antar sengkang 225 mm.



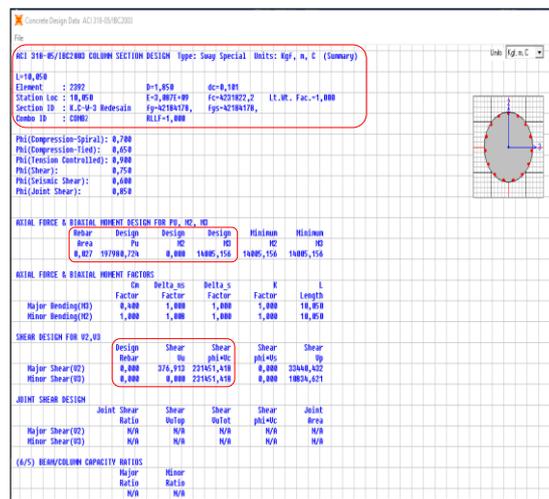
Gambar 4.8 Gambar Kolom C-W-1 Re-desain

Kolom C-W-3 (3,Q)

1. Data Petencanaan

- Dimensi Kolom (ϕ) : 1850 mm
- Tinggi Kolom (h) : 10050 mm
- Luas Penampang Kolom (A_g) : 2586662,5mm²
- Mutu Beton (f'_c) : 41.5 Mpa (K-500)
- Mutu Baja (f_y) : 400 Mpa
- $d_s = tie + D_s + 1/2 DL = 40+16 + (1/2 \times 29): 70,5$ mm
- $d = h - d_s = 1700 - 70,5 : 1779,5$ mm

Hasil Output Program SAP 2000



Gambar 4.9 Output Program SAP 2000 (Kolom C-W-3 Redesain)

Perhitungan Tulangan Pokok (Longitudinal)

$P_u = 197980,724 \text{ Kg}$ (Dari Program SAP 2000)

$M_u = 14005,156 \text{ Kg.m}$ (Dari Program SAP 2000)

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{(12) 14027,682 \text{ Kg.m}}{198299,1 \text{ Kg}} = 0,85 \text{ m}$$

$$\frac{e}{h} = \frac{0,8 \text{ m}}{1,7 \text{ m}} = 0,49$$

$$\frac{\phi \cdot P_n}{A_g} = \frac{P_u}{A_g} = \frac{1943331,65 \text{ N}}{2686662,5 \text{ mm}^2} = 0,72$$

Nilai Koefisien (ρ) yang diambil Interpolasi Grafik interaksi Kolom ACI Tulangan 4 sisi adalah 0,0068

Cek Rasio Tulangan

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{B1 \cdot 0,85 \cdot f_c'}{F_y} \cdot \frac{600}{(600 + F_y)} \\ &= \frac{0,85 \cdot 0,85 \cdot 41,5}{400} \cdot \frac{600}{(600 + 400)} \\ &= 0,04497 \end{aligned}$$

$$\rho_{max} = 0,75 ; \rho_b = 0,034$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{F_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

Jadi, $\rho_{min} = 0,0035 < \rho = 0,0068 < \rho_{max} = 0,034$ **OK**

Maka, Tulangan Pokok yang di gunakan adalah

$$\rho_x A_g = 0,0068 \times 2686662,5 \text{ mm}^2 = 18269 \text{ mm}^2$$

Digunakan Tulangan diameter D32

$$\frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot (32)^2 = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{18269 \text{ mm}^2}{803,84 \text{ mm}^2} = 22,72 \approx 23 \text{ tulangan D32}$$

Perhitungan Tulangan Senggang (Geser)

$$V_u = 376,931 \text{ Kg} = 3769,31 \text{ N} \quad (\text{Dari Program SAP 2000})$$

$$V_s = 231451,418 \text{ Kg} = 2314514,18 \text{ N} \quad (\text{Dari Program SAP 2000})$$

Menghitung Luas tulangan Geser

$$AV_{u_{min}} = \frac{V_s \cdot S}{f_y \cdot d} = \frac{2314514,18 \cdot 1000}{400 \cdot 1779,5} = 3251,64 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} AV_{u_{min}} &= 0,062 \sqrt{f_c'} \cdot \frac{b \cdot S}{f_y} \\ &= 0,062 \sqrt{41,5} \times \frac{1850 \cdot 1000}{400} \\ &= 1847,258 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} AV_u &= 0,35 \frac{b S}{f_y} = 0,35 \times \frac{1850 \cdot 1000}{400} \\ &= 1618,75 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Diambil Nilai Max $AV_u = 3251,64 \text{ mm}^2$

Menghitung Spasi tulangan Geser

$$AD_{16} = \frac{1}{4} \pi (D)^2 = \frac{1}{4} \times \pi \times (16)^2 = 200,96 \text{ mm}$$

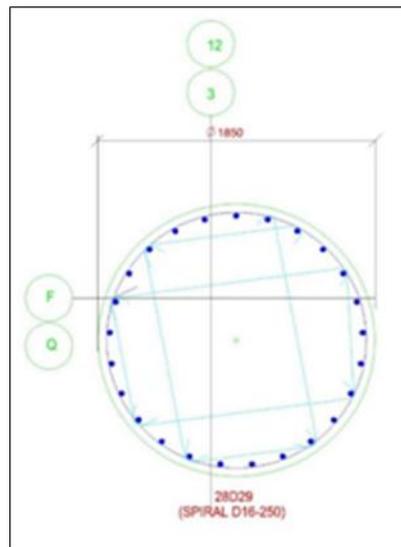
$$S = \frac{n \cdot Ad_s \cdot S}{AV_u} = \frac{4 \times 200,96 \cdot 1000}{3251,64} = 247,21 \approx 250 \text{ mm}$$

Syarat :

$$S = \frac{1}{2}d = \frac{1}{2}1779,5 = 444,875 \text{ mm}$$
$$S \leq 600 \text{ mm}$$

Dipakai yang terkecil $S = 247,19 \text{ mm} \approx 250 \text{ mm}$
Sengkang D16 – 250 mm

Jadi, dari perhitungan redesign kolom C-W-3 didapatkan jumlah tulangan utama (longitudinal) adalah 23 tulangan diameter 32 dengan sengkang diameter 16 dengan jarak antar sengkang 250 mm.



Gambar 4.12 Gambar Kolom C-W-3 Re-desain

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis struktur yang telah dilakukan. Dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dimensi kolom tanpa faktor kelangsingan lebih besar daripada kolom dengan factor kelangsingan yaitu kolom persegi (1700x1700)mm dan kolom lingkaran ϕ 1850
2. Jumlah tulangan kolom tanpa factor kelangsingan lebih sedikit dari pada kolom dengan factor kelangsingan yaitu 27 D29 –D16 225 untuk kolom persegi dan 23 D29 – D16 250 untuk kolom lingkaran. Hal ini dikarenakan kolom dengan factor kelangsingan tidak hanya memikul gaya aksial saja namun juga memperhitungkan pembesaran momen akibat dari faktor kelangsingannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif Rahman. (2015). Re-desain Struktur Pembangunan Gedung Rawat Inap RSUD Tugurejo Semarang
- Badan Standardisasi Nasional. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 1726:2012)
- Badan Standardisasi Nasional. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847:2013)
- Badan Standardisasi Nasional. Beban Minimum Untuk Bangunan Gedung Dan Struktur Lainnya (SNI 1727:2013)
- Bambang Budiono. (2003). Analisis Kolom Langsing Beton Mutu Tinggi Terkekang terhadap Beban Aksial Tekan Eksentris
- Chu-Kia Wang & Charles G. Salmon. (1992). Disain Beton Bertulang Edisi Ke-4. Jakarta : Erlangga

McCormac, Jack C. (2003). Desain Beton Bertulang Edisi Kelima. Jakarta : Erlangga
Steven Limbongan. (2016). Analisis Struktur Beton Bertulang Kolom Pipih Pada Gedung Bertingkat
http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2-11/ Diakses tanggal 10 Juni 2017 jam 12.07 WIB.