

STUDI PERBANDINGAN DESAIN GEDUNG HOTEL AMARSVATI DENGAN KOLOM BETON METODE BIAKSIAL DAN UNIAKSIAL

***Nur Aini, Haryadi, Yulia Putri Wijaya**
Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Mataram

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima: 07-02-2019

Disetujui: 24-02-2019

Kata Kunci:

Biaksial
uniaksial
Kolom Beton
SRMPK

ABSTRAK

Berdasarkan beban dan momen yang bekerja pada suatu kolom ada dua jenis kolom yaitu kolom dengan beban aksial ditambah momen dengan satu sumbu (uniaksial) dan kolom dengan beban aksial ditambah momen dengan dua sumbu (biaksial). Metode uniaksial dan biaksial diterapkan untuk perhitungan kolom yang mengalami aksial dan momen dua arah. Pada metode uniaksial perhitungan kolom yang mengalami aksial dan momen dua arah dipisahkan yaitu arah-x dan arah-y menjadi dua kali perhitungan, sedangkan metode biaksial menghitung sekaligus interaksi antara aksial dan momen dua arahnya.

Dalam analisis perencanaan ini membandingkan jumlah tulangan dan luas tulangan antara metode biaksial dan uniaksial. Struktur yang dianalisis berlantai 14 dengan sistem rangka pemikul momen khusus (SRMPK). Analisis hasil statika (Aksial P, Momen M, dan Gaya geser V) dilakukan dengan bantuan Program SAP 2000 V.14, analisis kontrol luas tulangan dan jumlah tulangan dilakukan secara Manual dan dengan bantuan Program PCA COLOMN.

Dari hasil analisis kolom biaksial dan uniaksial untuk analisis luas tulangan, didapatkan perbandingan analisis kolom biaksial kolom pinggir, dengan kolom tengah selisih sebesar 20,84 % dengan kolom pojok selisih sebesar 45,37%. Pada analisis kolom uniaksial_x kolom pinggir dengan kolom tengah selisih sebesar -0,45%, dengan kolom pojok selisih sebesar 37,79%. Pada analisis kolom uniaksial_y kolom pinggir dengan kolom tengah selisih sebesar 16,89% dengan kolom pojok selisih sebesar 43,41%. Sedangkan untuk perbandingan jumlah tulangan antara analisis manual dengan eksisting, terjadi penurunan jumlah tulangan yang digunakan. Analisa manual lebih sedikit dibandingkan dengan eksisting.

ABSTRACT

Based on the load and moment acting on a column, there are two types of columns, namely columns with axial loads plus moments with one axis (uniaxial) and columns with axial loads plus moments with two axes (biaxial). The uniaxial and biaxial methods are applied for the calculation of columns that experience axial and two-way moments. In the uniaxial method the calculation of columns which experiences axial and two-way moments is separated ie the x-direction and y-direction into two calculations, while the biaxial method calculates at once the interaction between the axial and the two-way moments.

In this planning analysis comparing the number of reinforcement and area of reinforcement between biaxial and uniaxial methods. The structure analyzed has 14 floors with a special moment bearing frame system (SRMPK). Analysis of the static results (Axial P, M Moment, and Shear Force V) was carried out with the help of the SAP 2000 V.14 Program, the analysis of the area of the reinforcement area and the amount of reinforcement was carried out manually and with the help of the PCA COLOMN Program.

From the results of the analysis of the biaxial and uniaxial columns for the analysis of the reinforcement area, a comparison of the biaxial column analysis of the edge column, with a difference in the middle column of 20.84% with a difference column of 45.37%. In the uniaxial column analysis, the edge column with the center column the difference is -0.45%, with the corner column the difference is 37.79%. In uniaxial_y column analysis, the edge column with the center column is 16.89% and the difference column is 43.41%. As for the comparison of the number of reinforcement between manual and existing analysis, there is a decrease in the number of reinforcement used. Less manual analysis compared to existing.

A. LATAR BELAKANG

Pembangunan di segala bidang pada suatu daerah atau wilayah terus menerus berjalan sesuai dengan tuntutan massa. Di Nusa Tenggara Barat, bangunan bertingkat banyak sekali di temukan hingga pinggir pantai sekalipun. Dengan berlandaskan kota

mataram yang dapat dikategorikan sebagai daerah yang memiliki kawasan wisata yang cukup indah dan menarik tidak menutup kemungkinan akan dibangun gedung-gedung bertingkat guna melayani kebutuhan pariwisata dan wisatawan yang ingin menikmati keindahan alam kota mataram.

Kebutuhan akan pembangunan gedung-gedung semakin lama semakin meningkat hingga menimbulkan semakin mahal dan terbatasnya lahan, mendorong perancangan pembangunan ke arah vertikal yaitu ke bawah (*basement*) maupun keatas bertingkat. Untuk gedung-gedung bertingkat tinggi pada umumnya dirancang dalam bentuk yang simetris dan sederhana dengan memperhatikan segi kekuatan dan fungsinya.

Perencanaan teknis suatu struktur harus dapat menjamin bahwa, pada pembebanan terburuk sekalipun menurut peraturan yang di ijinakan, struktur tersebut masih tetap aman dan selama kondisi kerja normal kerusakan dari bagian struktur tidak mengurangi kekuatan dan tidak berubah bentuk. Walaupun sukar untuk menaksir pembebanan secara tepat serta kekuatan beton dan baja bervariasi, namun ketentuan diatas harus tetap terpenuhi. Kegagalan struktur terjadi pertama pada kolom, jika struktur kolom tidak kuat menahan beban yang diterima, maka kolom akan runtuh dan akan mengakibatkan balok serta plat lantai ikut runtuh. Sedangkan bila kegagalan hanya terjadi pada balok maka gedung belum tentu akan runtuh.

Pada kolom beban normal dan beban momen bekerja secara bersama-sama, saling mempengaruhi dan tidak terpisahkan dan pola keruntuhan yang di bentukpun sejenis, sedang untuk geser pola keruntuhannya berbeda dengan keduanya. Karena itulah dalam merencanakan kolom perlu lebih waspada yaitu dengan memberikan kekuatan cadangan yang lebih tinggi daripada yang dilakukan pada balok dan elemen struktural yang lainnya. (Nawy, 1998).

Berdasarkan beban dan momen yang bekerja pada suatu kolom ada dua jenis kolom yaitu kolom dengan beban aksial ditambah momen dengan satu sumbu (uniaksial) dan kolom dengan beban aksial ditambah momen dengan dua sumbu (biaksial). Metode uniaksial dan biaksial ini diterapkan untuk perhitungan kolom yang mengalami aksial dan momen dua arah. Pada metode uniaksial perhitungan kolom yang mengalami aksial dan momen dua arah dipisahkan yaitu arah-x dan arah-y menjadi dua kali perhitungan, sedangkan metode biaksial menghitung sekaligus interaksi antara aksial dan momen dua arahnya.

Dengan adanya interaksi gaya-gaya dalam momen dan normal ini menyebabkan perhitungan kapasitas kolom menjadi lebih panjang dan rumit, dan diperlukan waktu yang relatif lama jika dilakukan secara manual, terlebih jika dalam analisa kolom menggunakan dua metode yaitu metode biaksial dan metode uniaksial. Sehingga untuk mempermudah proses analisis desain kolom cara yang digunakan yaitu dengan bantuan *software* komputer aplikasi SAP 2000 V.14.

B. METODE PENELITIAN

1. Deskripsi Model Struktur

Hotel Amarsvati merupakan struktur gedung yang difungsikan sebagai penginapan dengan bentuk struktur beraturan. Yang terdiri dari 2 power yang terpisah. Bangunan tower hotel ini terdiri dari 13 lantai + 1 lantai dak atap. Struktur bangunan ini dirancang dengan menggunakan konstruksi beton. Bangunan kondominium Hotel Amarsvati berada di daerah

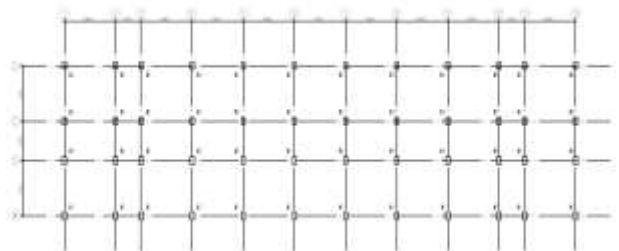
Malimbu-Lombok Utara yang berdiri pada lokasi tanah lunak (SE) dan sistem pelat lantai yang digunakan adalah sistem pelat lantai dua arah serta menggunakan struktur beton konvensional. Dimana dalam studi ini dilakukan analisa ulang kolom dengan menggunakan metode *biaxial* dan *uniaxial*.



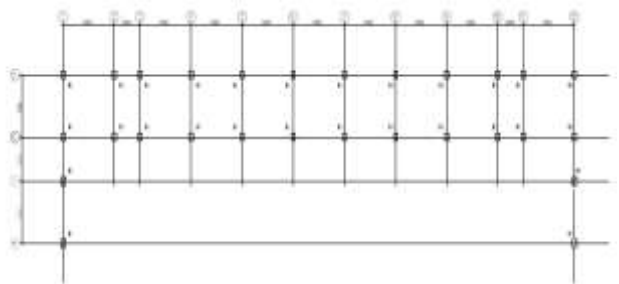
Gambar 1. Lokasi pembangunan kondominium Hotel Amarsvati



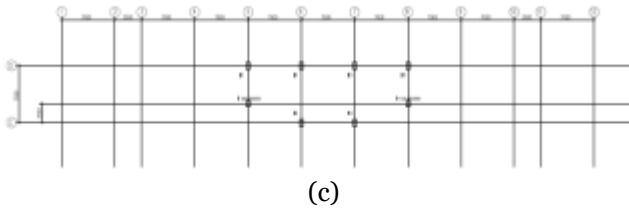
Gambar 2. 3D Hotel Amarsvati



(a)



(b)



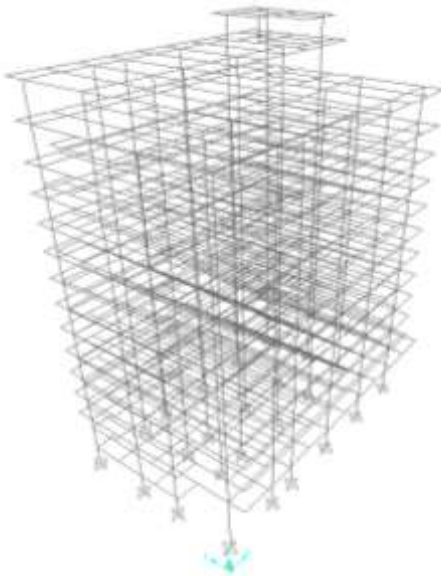
Gambar 3. Denah Kolom: (a) Lantai 1-12; (b) Lantai 12-13; (c) Lantai 13-Dak Atap

2. Data umum bangunan

- Nama gedung : Hotel Amarsvati
- Fungsi : Penginapan dan Pertemuan
- Jumlah lantai : 14 Lantai
- Tinggi lantai : Lantai dasar = 7.000 m
: Lantai 1-10 = 3,250 m
: Lantai 11-12 = 4.000 m
: Lantai 13 = 2,600 m
- Tinggi gedung : 50,1 m
- Sistem pelat : Sistem Pelat Konvensional

3. Permodelan Struktur

Struktur bangunan utama untuk Hotel Amarsvati ini direncanakan dengan sistem portal ruang atau portal terbuka dan kolom terjepit kaku pada fondasi. Struktur dianalisis dengan menggunakan program SAP 2000 V.14. Dimodelkan 3 dimensi, dapat dilihat seperti pada **Gambar 4** dibawah ini.



Gambar 4. Model Struktur

4. Analisa struktur dengan SAP 2000 V.14

a. Proses input data

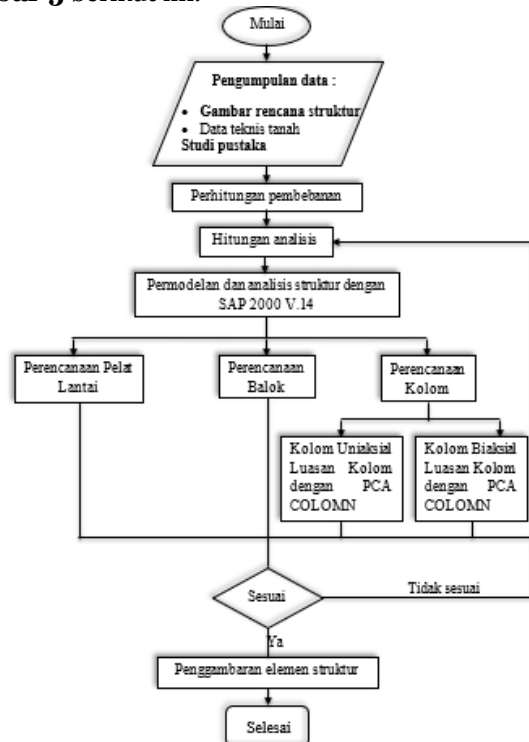
Proses input data untuk perencanaan struktur dengan pengoperasian program SAP 2000 V.14 terdiri atas beberapa tahapan diantaranya, yaitu permodelan struktur, pembuatan *Grid Lines* (Geometri struktur), pendefinisian material struktur, perencanaan dimensi elemen struktur, pembebanan struktur, dan analisis struktur.

b. Proses output data

Proses output yaitu membuat tabulasi dari hasil analisis struktur yang dilakukan pada struktur bangunan. Dari hasil analisa struktur akan digunakan dalam merencanakan analisa dalam mendesain struktur kolom yang aman sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Sebelum merencanakan elemen struktur, sebelumnya harus memenuhi hasil dari analisis struktur yang akan di tabulasi. Jika belum memenuhi persyaratan yang sudah ditentukan dalam SNI yang berlaku, maka akan dilakukan analisis ulang.

3. Bagan Alir Perencanaan

Adapun alur perencanaan ini disajikan pada **Gambar 5** berikut ini.



Gambar 5. Bagan alir perencanaan

5. Pengertian Kolom

Kolom adalah batang tekan vertikal dari rangka atau *frame* struktural yang memikul beban dari balok. Kolom meneruskan beban-beban dari elevasi atas ke elevasi yang lebih bawah hingga akhirnya sampai ke tanah melalui pondasi. Karena kolom merupakan komponen tekan, maka keruntuhan pada suatu kolom merupakan lokasi kritis yang dapat menyebabkan *collapse* atau runtuhnya lantai yang bersangkutan dan juga runtuh batas total (*ultimate total collapse*) seluruh strukturnya. (Nawy,1998).

6. Pembebanan

Dalam perencanaan Hotel Amarsvati ini digunakan beberapa acuan standar pembebanan sebagai berikut:

- Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain SNI-1727-2013;
- Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung SNI-1726-2012

a. Beban mati (D)

Beban mati adalah berat sendiri dari semua bagian suatu gedung yang bersifat tetap, termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan-peralatan tetap yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari gedung tersebut. Beban mati terbagi menjadi beban mati akibat berat sendiri bahan bangunan, beban mati akibat berat sendiri komponen gedung dan Beban mati akibat kolom.

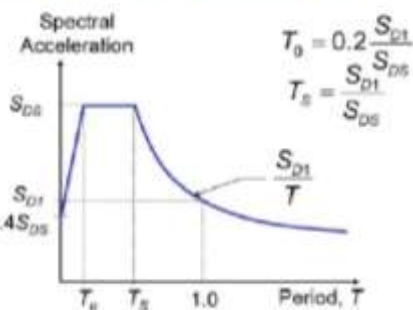
b. Beban hidup (L)

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan gedung dan didalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, sehingga dapat mengakibatkan perubahan dalam pembebanan pelat lantai atau atap.

c. Beban gempa (L)

Beban gempa adalah semua beban yang bekerja pada suatu struktur akibat dari pergerakan tanah yang disebabkan karena adanya gempa bumi yang mempengaruhi struktur tersebut. Adapun beberapa metode analisis pengaruh gaya gempa yang umumnya digunakan terhadap suatu struktur antara lain metode statik ekuivalen, *response spectrum* dan *time history*.

Modal Response Spectrum Analysis



Gambar 8. Spektrum respons desain

Distribusi vertical gaya gempa digambarkan dengan gaya gempa lateral (F_x) yang timbul dimana semua tingkat harus ditentukan dari Persamaan (1) dan Persamaan (2).

$$F_x = C_{vx} \times V \tag{1}$$

$$C_{vx} = \frac{W_i \times h_i^k}{\sum W_i \times h_i^k} \tag{2}$$

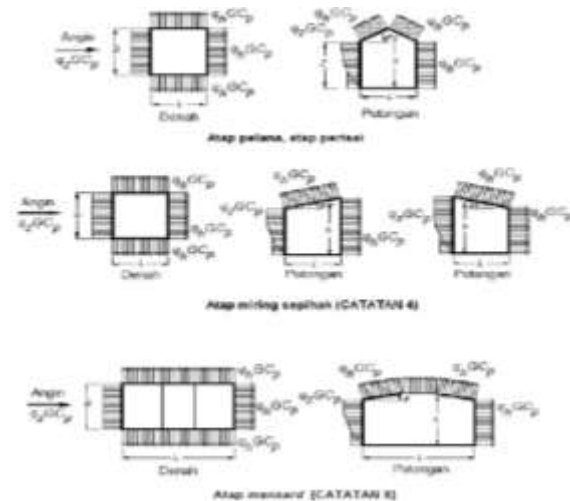
Penentuan nilai K ini berdasarkan pada periode (T) dari sistem struktur tersebut. Untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 0,5 detik atau kurang, $K = 1$. Sedangkan untuk struktur yang mempunyai periode sebesar 2,5 detik atau lebih, $K = 2$, dan untuk struktur yang mempunyai periode antara 0,5 dan 2,5 detik, K harus sebesar 2 atau ditentukan dengan interpolasi linier antara 1 dan 2.

Geser tingkat desain gempa di semua tingkat (V_x), harus di tentukan dengan Persamaan (3).

$$V_x = \sum_{i=1}^n F_i \tag{3}$$

d. Beban angin (W)

Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama (SPBAU) serta seluruh komponen dan kladding gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan menurut pasal 26 sampai pasal 31 SNI-1727-2013. Berikut ini adalah distribusi tekanan angina berdasarkan bentuk dan kondisi Gedung dapat dilihat pada **Gambar 9** dibawah ini.



Gambar 9. Distribusi tekanan angin berdasarkan bentuk dan kondisi Gedung

Adapun perhitungan tekanan angina untuk setiap permukaan gedung ditentukan dengan persamaan (4) dibawah ini.

$$p = q \cdot G \cdot C_p - q_i \cdot (GC_{Pi}) / (N/mm^2) \tag{4}$$

Dengan, q ; q_z dan q_h adalah untuk ketinggian z dan h dari atas permukaan tanah; q_i ; q_h untuk dinding datang, dinding samping, dinding sisi angin pergi dan atap

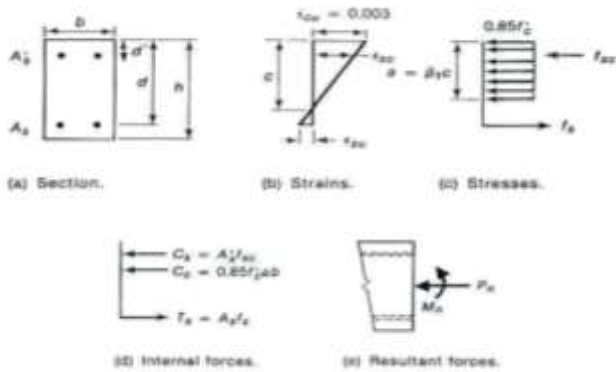
7. Kombinasi pembebanan terfaktor

Dengan mengacu pada kombinasi pembebanan SNI-1726-2012 komponen elemen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi sebagai berikut:

- a) 1,4 D
- b) 1,2 D + 1,6 L + 0,5 (Lr atau R)
- c) 1,2 D + 1,6 (Lr atau R) + (L atau 0,5 W)
- d) 1,2 D + 1,0 W + L + 0,5 (Lr atau R)
- e) 1,2 D + 1,0 E + L
- f) 0,9 D + 1,0 W
- g) 0,9 D + 1,0 E

8. Perencanaan Kolom

Pada dasarnya konsep perencanaan kolom hampir sama dengan perencanaan balok, hanya saja ada penambahan beban aksial, kondisi penampang kolom bila dibebani tekan dan lentur maka kondisi dari tegangan dan regangan pada kolom digambarkan oleh diagram tegangan dan regangan pada **Gambar 10** dibawah ini (McCormac, 2001)



Gambar 10. Diagram Tegangan dan Regangan Kolom

a. Analisis kekuatan kolom pendek

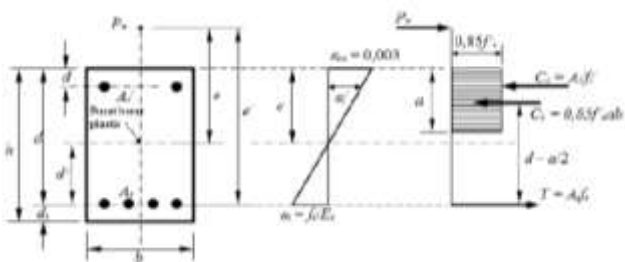
Desain kolom dilakukan berdasarkan beban terfaktor, yang tidak boleh lebih besar dari:

$$\phi M_n > M_u \quad (5)$$

$$\phi P_n > P_u \quad (6)$$

b. Penampang kolom dengan beban eksentris

Kolom penampang persegi dengan beban eksentris diilustrasikan seperti **Gambar 11** dibawah ini (Agus setiawan, 2016).



Gambar 11. Kolom penampang persegi dengan beban eksentris

Mengacu pada Gambar 11, maka dapat dituliskan beberapa persamaan berikut:

$$1) \sum H = 0 \quad P_n - C_c - C_s + T = 0 \quad (7)$$

Dengan: $C_c = 0,85 \cdot f'_c \cdot ab$; $T = A_s f_s$ (jika tulangan tarik leleh, $f_s = f_y$); $C_s = A'_s (f'_s - 0,85 f'_c)$ (jika tulangan tekan leleh, $f'_s = f_y$)

2) Ambil momen terhadap A_s :

$$P_n e' - C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) - C_s (d - d') = 0 \quad (8)$$

Dengan $e' = e + d''$, dan $e' = e + d - \frac{h}{2}$ untuk penampang dengan tulangan simetris (d'' adalah jarak dari pusat berat plastis ke pusat tulangan tarik). Maka diperoleh Persamaan:

$$P_n = \frac{1}{e'} \left[C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) - C_s (d - d') \right] \quad (9)$$

Ambil momen terhadap C_c :

$$P_n \left[e' - \left(d - \frac{a}{2} \right) \right] - T \left(d - \frac{a}{2} \right) - C_s \left(\frac{a}{2} - d' \right) = 0 \quad (10)$$

$$P_n = \frac{T \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s \left(\frac{a}{2} - d' \right)}{e' + \frac{a}{2} - d} \quad (11)$$

Apabila $A_s = A'_s$ dan $f_s = f'_s = f_y$, maka diperoleh Persamaan (12) dan Persamaan (13).

$$P_n = \frac{A_s f_y (d - d')}{\left(e' + \frac{a}{2} - b \right)} = \frac{A_s f_y (d - d')}{\left(e - \frac{h}{2} + \frac{a}{2} \right)} \quad (12)$$

$$A_s = A'_s = \frac{P_n \left(e - \frac{h}{2} + \frac{a}{2} \right)}{f_y (d - d')} \quad (13)$$

c. Keruntuhan tarik

Apabila penampang kolom diberi beban eksentris dengan eksentrisitas yang besar, maka akan terjadi keruntuhan Tarik. Untuk prediksi awal apakah terjadi keruntuhan tarik atau tekan, maka apabila $e > d$, dapat diasumsikan terjadi keruntuhan tarik.

Prosedur analisis dapat dilakukan sebagai berikut:

a) Bila terjadi keruntuhan tarik, maka tulangan tarik leleh, dan tegangannya $f_s = f_y$. Asumsikan bahwa tegangan pada tulangan tekan adalah $f'_s = f_y$

b) Evaluasi P_n dari kondisi kesetimbangan persamaan (7).

c) Hitung P_n dengan mengambil jumlah momen terhadap A_s . (Persamaan 8)

d) Samakan P_n dari langkah (b) dan (c)

$$C_c + C_s - T = \frac{1}{e'} \left[C_c \left(d - \frac{a}{2} \right) + C_s (d - d') \right] \quad (14)$$

Persamaan ini akan menghasilkan persamaan kuadrat untuk a . Substitusikan C_c , T_s dan T untuk mendapatkan nilai a .

e) Persamaan pada langkah (d), maka persamaan tersebut dapat disederhanakan menjadi:

$$Aa^2 + Ba + C = 0 \quad (15)$$

Dengan: $A = 0,425 f'_c b$; $B = 0,85 f'_c b (e' - d) = 2A (e' - d)$; $C = A'_s (f_y - 0,85 f'_c) (e' - d + d') - A_s f_y e'$

f) Substitusikan nilai a kedalam persamaan pada langkah (b) untuk mendapatkan P_n . Momen M_n dapat dihitung dengan menggunakan persamaan.

g) Periksa apakah tulangan tekan sudah leleh seperti yang diasumsikan. Jika $\epsilon'_s \geq \epsilon_y$, maka tulangan tekan sudah leleh, jika tidak, maka $f'_s = E_s \epsilon'_s$. Ulangi kembali langkah (b) hingga (e). Sebagai catatan, $\epsilon'_s = [(c - d')c] / 0,003$, $\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s}$ dan $c = \frac{a}{\beta_1}$

d. Keruntuhan tekan

Apabila gaya tekan P_n , melebihi gaya tekan dalam kondisi seimbang P_b , atau apabila eksentrisitas $e = M_n / P_n$, lebih kecil daripada eksentrisitas pada kondisi seimbang e_b . Maka penampang kolom akan mengalami keruntuhan tekan.

Prosedur analisis dapat dilakukan sebagai berikut:

a) Hitung jarak sumbu netral untuk penampang pada kondisi seimbang C_b

b) Evaluasi P_n dari kondisi kesetimbangan (Persamaan 7)

c) Hitung P_n dengan mengambil jumlah momen terhadap A_s (Persamaan 8)

d) Asumsikan suatu c sehingga $c > c_b$. Sehingga $\alpha = \beta_1 c$. Asumsikan $f'_s = f_y$.

e) Hitung nilai f_s berdasarkan nilai asumsi nilai c .

f) Hitung P_{n1} dengan menggunakan persamaan dari langkah (b), dan hitung P_{n2} dengan menggunakan persamaan pada langkah (c). Apabila P_{n1} cukup dekat dengan P_{n2} , maka nilai P_n diambil nilai terkecil dari P_{n1} dan P_{n2} atau rerata keduanya. Jika P_{n1} dan P_{n2} tidak cukup dekat, maka asumsikan nilai c dan a yang baru dan ulangi perhitungan dari langkah (d) hingga P_{n1} cukup dekat dengan P_{n2} (kurang lebih 1%)

g) Periksa apakah tulangan tekan benar sudah leleh sesuai dengan asumsi semula, dengan menghitung ϵ'_s

dan membandingkannya dengan ε_y . Bila ε'_s lebih besar dari ε_y tulangan tekan sudah leleh, jika belum, maka hitung f'_s

- h) Regangan tulangan tarik ε_b pada kondisi keruntuhan tekan, biasanya kurang dari 0,002 sehingga faktor reduksi dapat diambil sama dengan 0,5 atau 0,75 untuk penampang kolom dengan sengkang spiral.

e. Analisis kekuatan kolom langsing

Kolom langsing yang dibebani P dengan eksentrisitas e . Momen yang terjadi pada ujung kolom terdapat pada Persamaan (16).

$$M_e = P \times e \quad (16)$$

Akibat beban P tersebut, kolom langsing mengalami perpindahan lateral (*defleksi*) sebesar Δ yang meningkatkan besarnya momen yang terjadi disepanjang tinggi kolom. Besar kecilnya nilai Δ yang dihasilkan bergantung pada kelangsingan kolom; semakin langsing kolom, semakin besar nilai Δ yang dihasilkan. Pada lokasi defleksi maksimum (ditengah tinggi kolom) besarnya momen yang terjadi dapat dilihat pada Persamaan (17).

$$M_e = P (e + \Delta) \quad (17)$$

Jadi ada peningkatan momen akibat defleksi Δ , yaitu tambahan momen akibat kelangsingan kolom atau pengaruh $P - \Delta$. Tambahan momen ini tentu saja akan mempengaruhi diagram interaksi aksial lentur yang dihasilkan.

e. Tekuk pada kolom elastik

Berdasarkan teori mekanika, beban tekuk Euler terhadap sumbu penampang yang tegak lurus arah tekuk untuk kolom dengan tumpuan sendi-sendi dapat dilihat pada persamaan (18).

$$P_e = \pi^2 EI / l^2 \quad (18)$$

Dimana: E = Modulus elastisitas bahan; I = Momen inersia penampang terhadap sumbu penampang yang tegak lurus arah tekuk yang ditinjau; l = Tinggi kolom

Beban tekuk untuk kolom dengan kondisi *restraint* (kekangan) ujung yang berbeda dapat dinyatakan secara umum dalam Persamaan (19).

$$P_e = \pi^2 EI / (kl_u)^2 \quad (19)$$

Dimana: k = faktor panjang efektif kolom, yang nilainya bergantung pada kondisi *restraint* di ujung-ujung kolom. Nilai $k = 1$ untuk kolom yang ujung-ujungnya sendi

10. Langkah-langkah desain kolom

a. Desain kolom metode uniaxial

1) Kolom Pendek

Langkah-langkah berikut dapat diikuti untuk perencanaan dan analisis apabila perilaku kolom tersebut ditentukan oleh kegagalan material:

- Hitung beban aksial luar rencana P_u dan momen rencana M_u serta hitung juga eksentrisitas $e = M_u/P_u$
- Asumsikan ukuran penampang kolom. Dimensi kolom yang berupa pecahan (bukan bilangan bulat) sebaiknya dihindari.
- Asumsikan angka penulangan ρ antara 1% sampai 8% dan diperoleh luas tulangan.
- Hitung e_b untuk penampang yang diasumsikan ini akan tentukan jenis keruntuhannya, apakah diawali

dengan lelehnya tulangan tarik atautkah dengan hancurnya beton tertekan.

- Periksa analisis apakah penampang tersebut sudah memenuhi atau belum. Apabila penampang tersebut tidak dapat memikul beban rencana atau terlalu besar maka ubahlah ukuran kolomnya dan atau tulangannya kemudian ulangi langkah (d) dan (e)

2) Kolom panjang

Langkah-langkah berikut ini dapat diikuti untuk perencanaan dan analisis apabila perilaku kolom tersebut ditentukan oleh pengaruh tekuk (langsing):

- Tentukan apakah kolom dari rangka (*frame*) yang didesain dan di analisis diperkaku terhadap goyangan lateral atau tidak. Kemudian asumsikan ukuran penampang kolom.
- Hitung eksentrisitasnya dengan menggunakan yang terbesar dari momen ujung dan cek apakah sudah lebih besar dari eksentrisitas minimumnya. Apabila lebih kecil dari batas minimum gunakan harga minimum tersebut.
- Hitung angka kelangsingan kolom, kl_u/r dan tentukan apakah termasuk kolom langsing atautkah kolom pendek. Apabila kolom langsing da kelangsingannya tidak melebihi 100. Hitunglah momen yang diperbesar M_c . Dengan menggunakan momen ini hitunglah eksentrisitas ekuivalent yang dapat digunakan untuk merancang dan menganalisis kolom langsing ini seperti pada kolom pendek. Apabila kl_u/r lebih besar dari 100, digunakan analisis orde kedua.

a. Desain kolom metode biaksial

1) Kolom Pendek

Langkah-langkah berikut ini dapat dipakai sebagai petunjuk dalam desain dan analisis kolom pendek yang mengalami lentur pada arah x dan y :

- Hitung momen lentur ekuivalent dengan menganggap banyaknya tulangan pada masing-masing sisi sama. Asumsikan faktor konstanta interaksi β antara 0,5 dan 0,7. Serta asumsikan juga perbandingan b/h . Angka perbandingan ini dapat didekati dengan M_{ny}/M_{nx} . Tentukan momen uniaksial ekuivalent yang diperlukan M_{0x} atau M_{0y} . Apabila M_{nx} lebih besar dari M_{ny} gunakan M_{0x} untuk perencanaan dan analisis begitu pula sebaliknya.
- Asumsikan ukuran penampang melintang kolom dan angka penulangan $\rho = \rho'$ pada setiap dua sisi yang sejajar dengan sumbu lentur atau momen uniaksial ekuivalent yang terbesar. Tentukan penulangan perencanaan dan hitung pula kapasitas P_n penampang yang telah diasumsikan tadi. Hasil akhir memberikan jumlah tulangan memanjang yang dipakai pada keempat sisi harus sama.
- Hitung kekuatan momen nominal aktual M_{0xn} untuk momen lentur uniaksial ekuivalent terhadap sumbu x , dimana $M_{0y} = 0$. Besarnya tidak boleh lebih kecil dari kekuatan momen yang diperlukan M_{0x} .
- Hitung kekuatan momen nominal aktual untuk momen lentur uniaksial ekuivalent terhadap sumbu y , dimana $M_{0y} = 0$.

- (e) Carilah M_{ny} dengan memasukkan harga M_{nx}/M_{ox} dan β .
- (f) Lakukan coba-coba dan penyesuaian berikutnya dengan memperbesar harga β apabila M_{ny} yang diperoleh dari diagram lebih kecil daripada M_{ny} yang diperlukan. Langkah-langkah tadi diulangi sampai harga M_{ny} hasil hitungan melebihi atau sama dengan M_{ny} yang diperlukan baik dengan cara mengubah-ubah harga β maupun penampang dan tulangnya.

2) Kolom Panjang

Langkah-langkah berikut ini dapat dipakai sebagai petunjuk dalam desain dan analisis kolom panjang yang mengalami lentur pada arah x dan y:

- (a) Tentukan apakah kolom dari rangka (frame) yang didesain dan dianalisis, diperkaku terhadap goyangan lateral atau tidak serta tentukan beban-beban yang bekerja dan ukuran penampang.
- (b) Hitung eksentrisitasnya akibat beban gravitasi dengan menggunakan momen yang terbesar pada arah x dan y. Periksalah bahwa eksentrisitas yang terjadi lebih besar daripada eksentrisitas minimum atau tidak. Apabila eksentrisitasnya lebih kecil maka gunakan harga minimum tersebut.
- (c) Klasifikasikan kolom tersebut dengan menghitung angka kelangsingannya. Jika berupa kolom panjang dan angka kelangsingannya tidak melebihi 100 hitunglah momen yang diperbesar M_u pada arah x (M_{ux}) dan pada arah y (M_{uy}). Hitung juga beban aksial rencana P_u yang sudah merupakan beban kombinasi.
- (d) Selanjutnya dengan harga-harga yang diperoleh ini, desain dan analisislah kolom panjang tersebut seperti pada kolom pendek akibat beban biaksial.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kontrol Simpangan

Simpangan maksimum berdasarkan SNI 1726-2002 dimana diijinkan untuk melampaui $\frac{0,03}{R} \times$ tinggi tingkat yang bersangkutan. Berikut merupakan data simpangan *Story Respons Plot* arah X dan Y tertera dalam **Tabel 1** dan **Tabel 2** dibawah ini.

Tabel 1.

Rekapitulasi besaran Simpangan arah X

Lantai	Elevasi mm	X-Dir mm	Y-Dir mm	Batas Mm	Kontrol
14	50.1	12.49	0.82	187.875	OK
13	47.5	8.98	0.50	178.125	OK

12	43.5	7.54	1.85	163.125	OK
11	39.5	6.16	1.48	148.125	OK
10	36.25	5.38	1.05	135.9375	OK
9	33	4.41	0.70	123.75	OK
8	29.75	3.78	0.40	111.5625	OK
7	26.5	3.05	0.18	99.375	OK
6	23.25	2.27	0.02	87.1875	OK
5	20	1.45	0.07	75	OK
4	16.75	0.59	0.09	62.8125	OK
3	13.5	0.25	0.06	50.625	OK
2	10.25	1.76	0.01	38.4375	OK
1	7	0,57938	0,04015	26.25	OK
0	0	0.00	0.00	0	OK

Tabel 2.

Rekapitulasi besaran Simpangan arah Y

Lantai	Elevasi mm	X-Dir mm	Y-Dir mm	Batas mm	Kontrol
14	50.1	12.35	1.73	187.875	OK
13	47.5	8.81	2.65	178.125	OK
12	43.5	7.57	2.50	163.125	OK
11	39.5	6.11	1.94	148.125	OK
10	36.25	5.12	1.49	135.9375	OK
9	33	4.47	1.06	123.75	OK
8	29.75	3.80	0.71	111.5625	OK
7	26.5	3.07	0.44	99.375	OK
6	23.25	2.29	0.24	87.1875	OK
5	20	1.48	0.12	75	OK
4	16.75	0.64	0.07	62.8125	OK
3	13.5	0.19	0.08	50.625	OK
2	10.25	0.69	0.09	38.4375	OK
1	7	0.52	0.04	26.25	OK
0	0	0	0	0	OK

Dari Tabel 1 dan Tabel 2 diatas dapat dilihat bahwa simpangan arah x dan arah y setiap lantai memenuhi batas simpangan yang disyaratkan. Maka perhitungan dapat dilanjutkan.

2. Kontrol Analisis Kolom Biaksial dan Uniaksial dengan Program PCA COLOMN

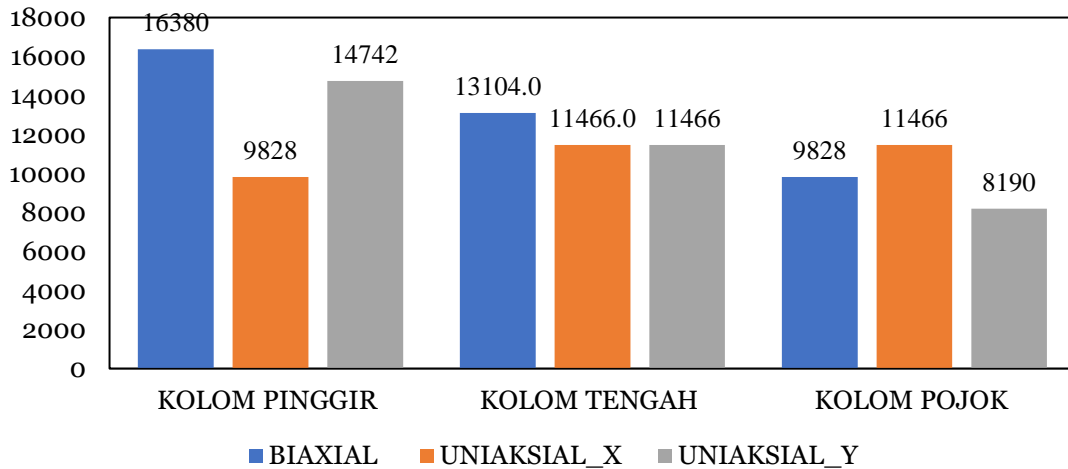
Berikut ini adalah hasil control analisis kolom biaksial dan uniaksial dengan program PCA COLOMN yang disajikan pada Tabel 3 dan Gambar 12 dibawah ini.

Tabel 3.

Kontrol analisis kolom dengan Program PCA COLOMN

Nama Kolom	BIAKSIAL		UNIAKSIAL (Arah X)		UNIAKSIAL (Arah Y)	
	Rasio Tulangan	Luas Tul.Total (mm ²)	Rasio Tulangan	Luas Tul.Total (mm ²)	Rasio Tulangan	Luas Tul.Total (mm ²)
Kolom Pinggir	0,03760	16380	0,02256	9828	0,03384	14742
Kolom Tengah	0.04265	13104	0.03732	11466	0.03732	11466

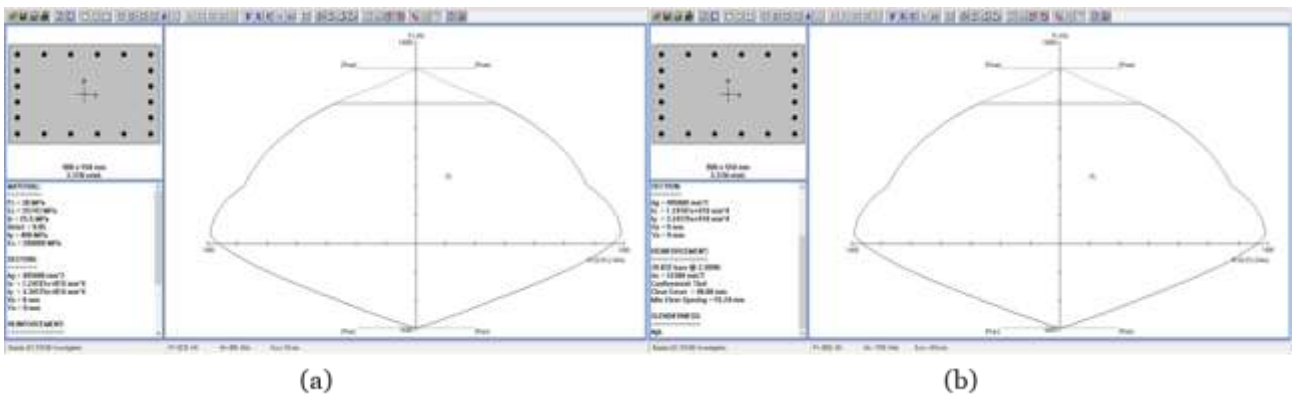
Kolom Pojok	0.04943	9828	0,03295	6552	0,04119	8190
-------------	---------	------	---------	------	---------	------



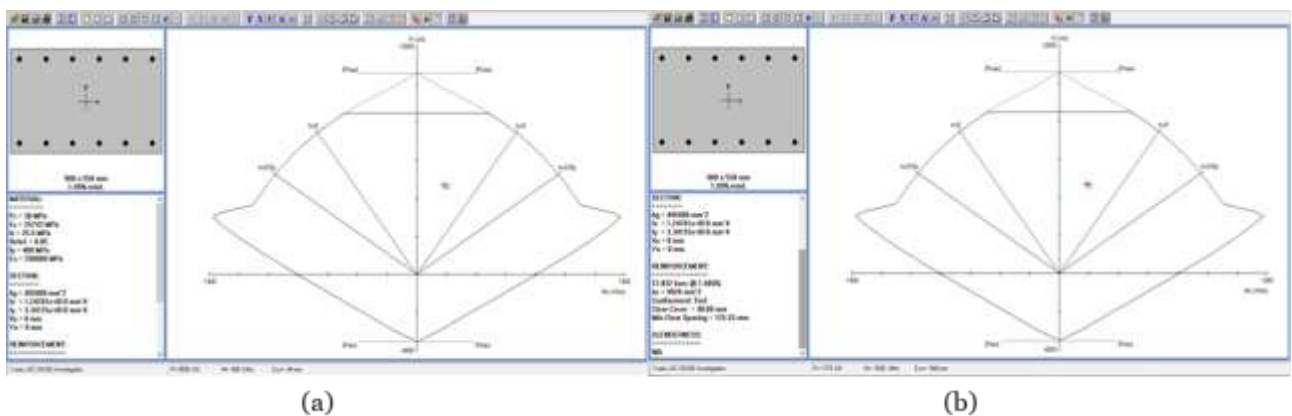
Gambar 12. Diagram Perbandingan Analisis Kolom Biaksial Dan Uniaksial menggunakan program PCA COLOMN

Hasil diagram interaksi kolom beton bertulang disajikan **Gambar 13** sampai dengan **Gambar 21** biaksial dan uniaksial yang di peroleh dari PCA COLOMN dibawah ini.

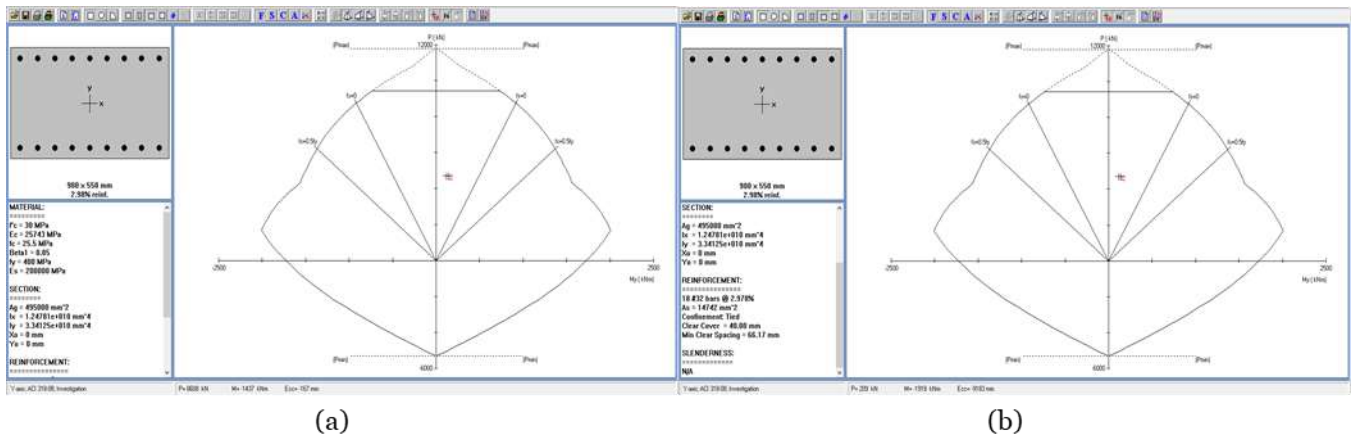
a. Kolom pinggir (990x550)



Gambar 13. (a) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap hasil analisis kolom biaksial kolom 900 × 550 (1); (b) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap hasil analisis kolom biaksial kolom 900 × 550 (2)

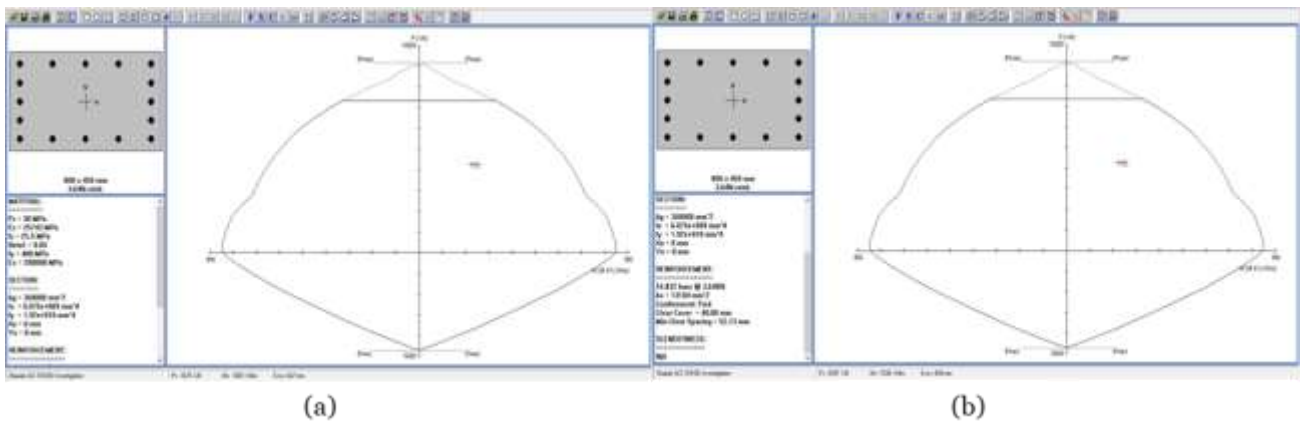


Gambar 14. (a) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap analisis kolom uniaksial sejajar sumbu x kolom 900 × 550 (1); (b) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap analisis kolom uniaksial sejajar sumbu x kolom 900 × 550 (2)

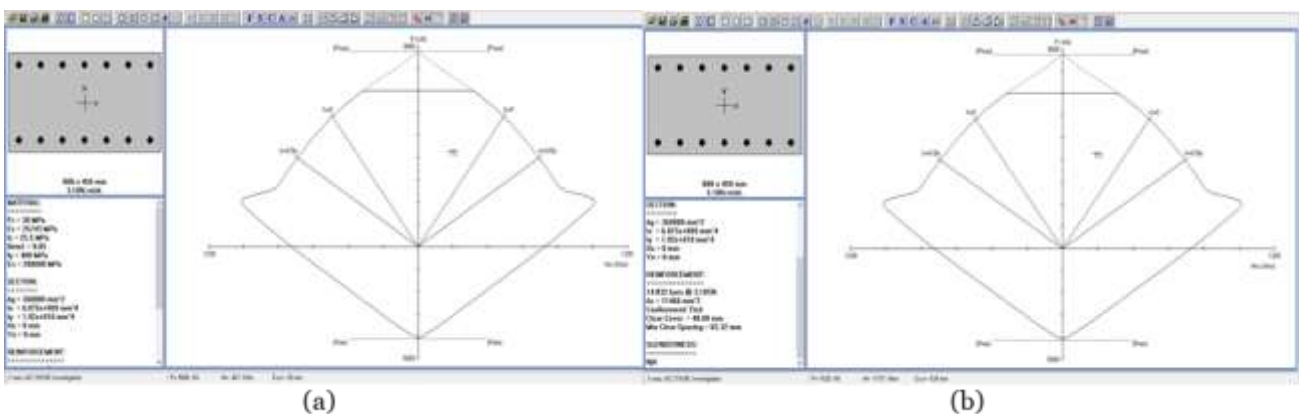


Gambar 15. (a) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap analisis kolom uniaksial sejajar sumbu y kolom 900 × 550 (1); (b) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap analisis kolom uniaksial sejajar sumbu y kolom 900 × 550 (2)

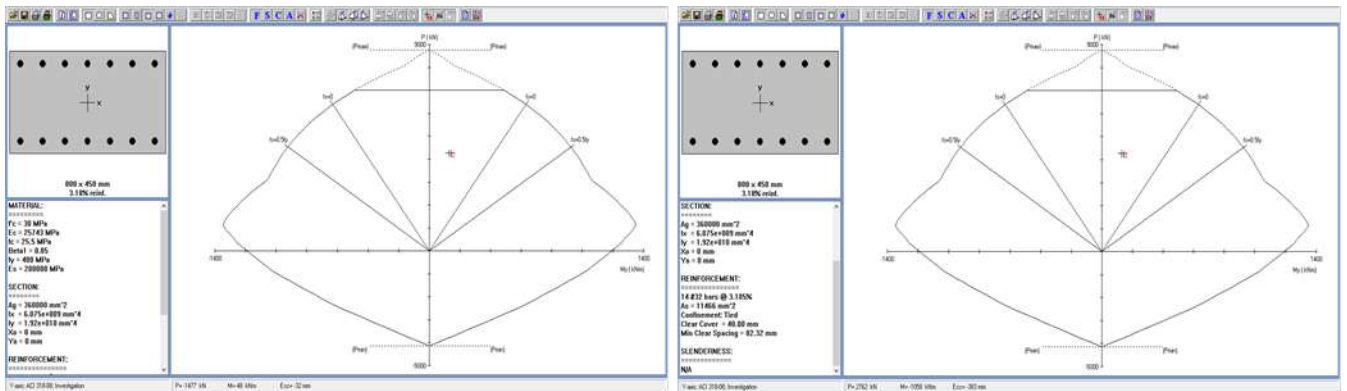
b. Kolom tengah (800x450)



Gambar 16. (a) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap hasil analisis kolom biaksial kolom 800 × 450(1); (b) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap hasil analisis kolom biaksial kolom 800 × 450 (2)



Gambar 17. (a) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap analisis kolom uniaksial sejajar sumbu x kolom 800 × 450 (1); (b) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap analisis kolom uniaksial sejajar sumbu x kolom 800 × 450 (2)

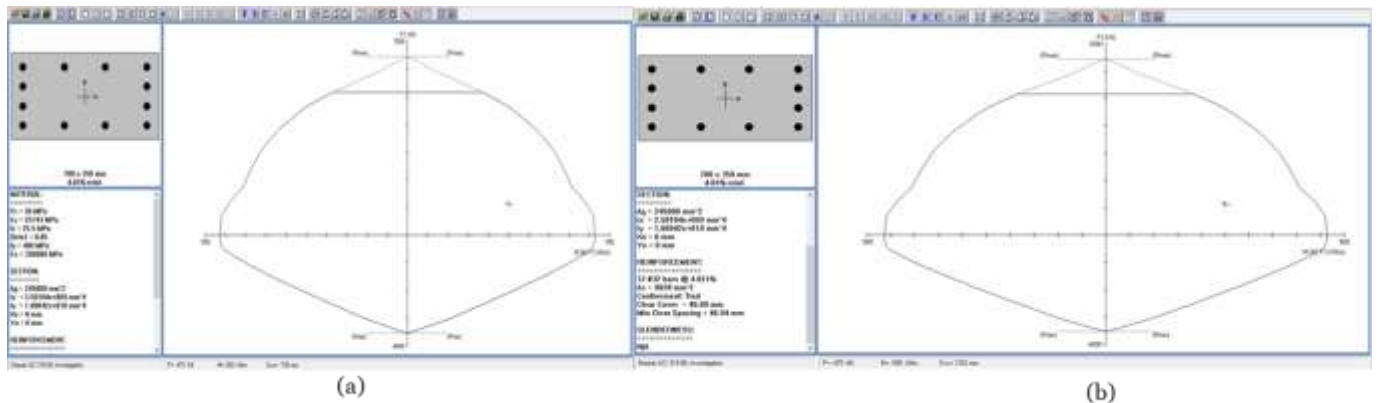


(a)

(b)

Gambar 18. (a) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap analisis kolom uniaksial sejajar sumbu y kolom 800 × 450 (1); (b) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap analisis kolom uniaksial sejajar sumbu y kolom 800 × 450 (2)

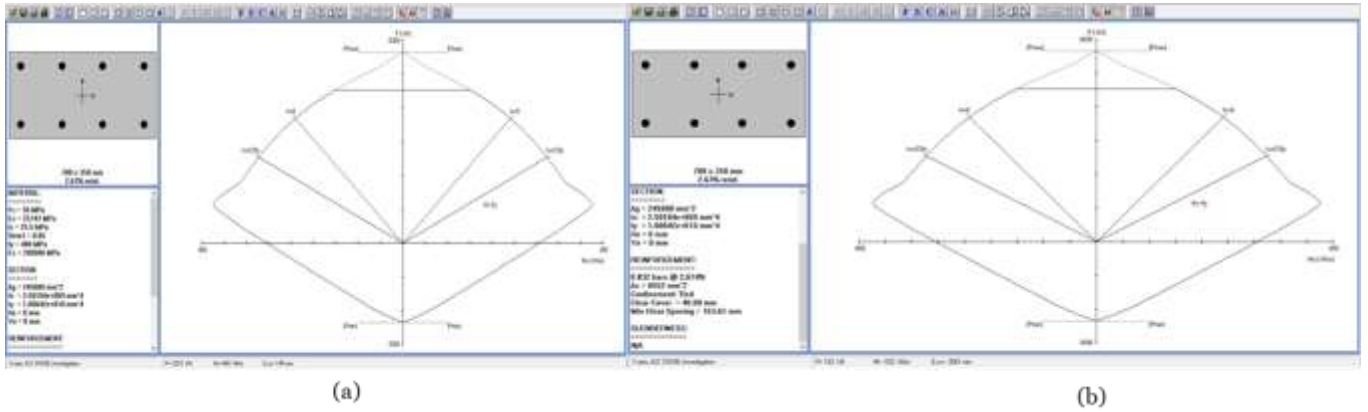
b. Kolom pojok (700x350)



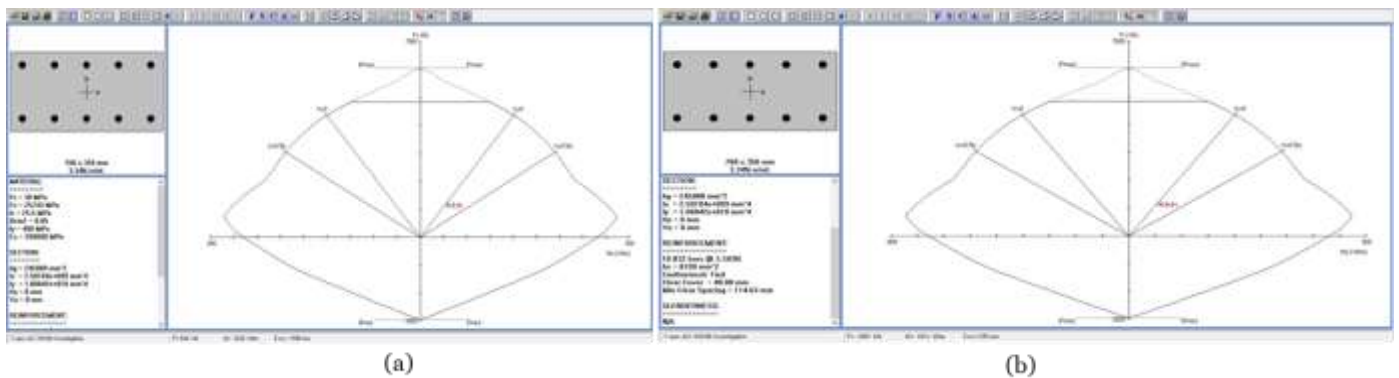
(a)

(b)

Gambar 19. (a) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap hasil analisis kolom biaksial kolom 700 × 350 (1); (b) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap hasil analisis kolom biaksial kolom 700 × 350 (2)



Gambar 20. (a) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap analisis kolom uniaksial sejajar sumbu x kolom 700 × 350 (1); (b) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap analisis kolom uniaksial sejajar sumbu x kolom 700 × 350 (2)

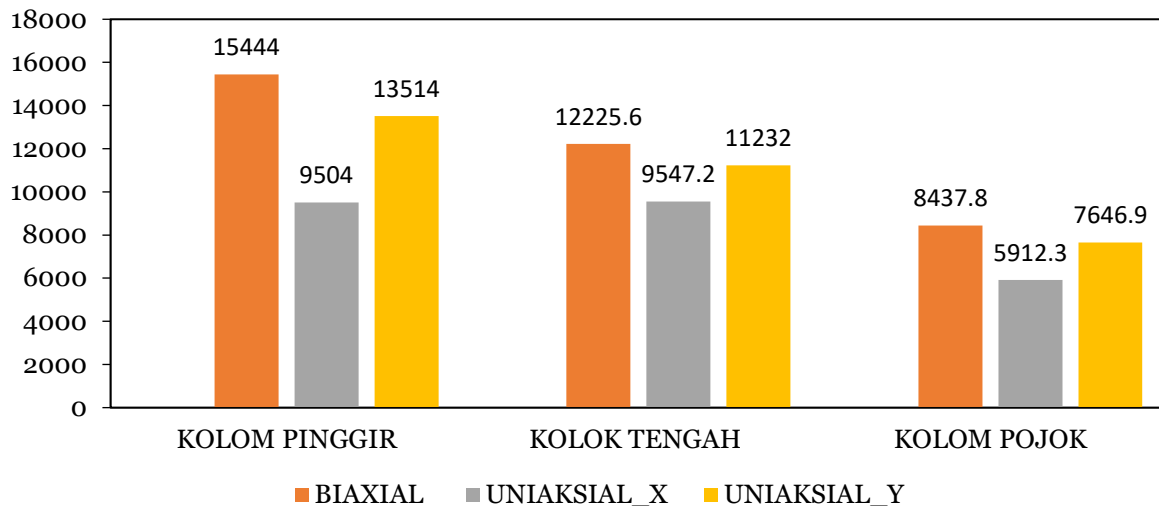


Gambar 21. (a) diagram interaksi pengecekan kolom terhadap analisis kolom uniaksial sejajar sumbu y kolom 700 × 350 (1); (b) Diagram interaksi pengecekan kolom terhadap analisis kolom uniaksial sejajar sumbu y kolom 700 × 350 (2)

Dari hasil diagram interaksi kolom beton bertulang Biaksial dan Uniaksial yang di peroleh dari PCA COLOMN pada **Gambar 13** sampai dengan **Gambar 21** terlihat beban berada dalam garis diagram. Oleh sebab itu dapat disimpulkan bahwa hasil analisis kolom biaksial dan uniaksial dalam perencanaan ini aman digunakan.

3. Analisis luas tulangan kolom biaksial dan uniaksial

Berikut merupakan perbandingan antara luas tulangan kolom Biaksial dengan kolom Uniaksial, dan perbandingan antara jumlah tulangan dari hasil analisis manual dengan eksisting yang disajikan pada **Gambar 22** dan **Tabel 4** dibawah ini.



Gambar 22. Diagram perbandingan analisis luas tulangan kolom biaksial dan uniaksial

Gambar 22 menunjukkan bahwa dari hasil analisis kolom biaksial dan uniaksial untuk analisis luas tulangan, didapatkan perbandingan analisis kolom biaksial kolom pinggir, dengan kolom tengah selisih sebesar 20,84 % dengan kolom pojok selisih sebesar 45,37%. pada analisis kolom uniaksial_x kolom pinggir dengan kolom tengah selisih sebesar -0,45%, dengan kolom pojok selisih sebesar 37,79%. pada analisis kolom uniaksial_y kolom pinggir dengan kolom tengah selisih sebesar 16,89% dengan kolom pojok selisih sebesar 43,41%.

Tabel 4.

Perbandingan Antara Analisis Manual Dengan Eksisting

Kolom	Kolom Biaksial (Buah)	Kolom Uniaksial (Buah)	Eksisting (Buah)
Kolom Pinggir (900 × 550)	20	18	24
Kolom Tengah (800 × 450)	16	14	20
Kolom Pojok (700 × 350)	12	10	20

Dari **Tabel 4** dijelaskan bahwa terjadi penurunan jumlah tulangan yang dari hasil analisis manual dengan metode biaksial dan uniaksial terhadap eksisting. Didapatkan terjadi penurunan di kolom pinggir biaksial terhadap eksisting sebesar 16,67 %, kolom pinggir uniaksial terhadap eksisting sebesar 25 %, kolom tengah biaksial dengan eksisting sebesar 20 %, kolom tengah uniaksial terhadap eksisting sebesar 30 %, kolom pojok biaksial terhadap eksisting sebesar 40 %, dan kolom pojok uniaksial terhadap eksisting sebesar 50 %. Penurunan jumlah tulangan yang digunakan disebabkan oleh perbedaan metode yang digunakan.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa:

- Dari hasil perhitungan luas tulangan kolom beton bertulang biaksial dan uniaksial dari hasil kolom yang ditinjau yaitu: hasil perhitungan luas tulangan kolom

biaksial lebih besar dari uniaksial. Didapatkan perbandingan analisis kolom biaksial kolom pinggir, dengan kolom tengah selisih sebesar 20,84 % dengan kolom pojok selisih sebesar 45,37%. Pada analisis kolom uniaksial_x kolom pinggir dengan kolom tengah selisih sebesar -0,45%, dengan kolom pojok selisih sebesar 37,79%. Pada analisis kolom uniaksial_y kolom pinggir dengan kolom tengah selisih sebesar 16,89% dengan kolom pojok selisih sebesar 43,41%.

- Jumlah tulangan yang didapatkan dari hasil analisis manual lebih sedikit dibandingkan dengan eksisting. Didapatkan terjadi penurunan di kolom pinggir biaksial terhadap eksisting sebesar 16,67 %, kolom pinggir uniaksial terhadap eksisting sebesar 25 %, kolom tengah biaksial dengan eksisting sebesar 20 %, kolom tengah uniaksial terhadap eksisting sebesar 30 %, kolom pojok biaksial terhadap eksisting sebesar 40 %, dan kolom pojok uniaksial terhadap eksisting sebesar 50 %. Penurunan jumlah tulangan yang digunakan disebabkan oleh perbedaan metode yang digunakan.

2. Saran

Adapun saran yang dapat diajukan adalah:

- diharapkan pada peneliti selanjutnya untuk menambahkan analisis perhitungan yang sama dengan eksisting, agar hasil perbandingan hasil perencanaan lebih akurat.
- diharapkan pada peneliti selanjutnya untuk digunakan variasi tinggi bangunan.

E. DAFTAR RUJUKAN

- [1] Kusuma, GH, 1993. *Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang Berdasarkan SKSNI T-15-1991-03 Seri Beton 4*. Erlangga: Jakarta
- [2] McCormac, JK, 2003. *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima (Design of Reinforced Concrete Fifth Edition)*. Erlangga: Bandung

- [3] Nawy, EG, 1998. *Beton Bertulang*. PI Refika Aditama: Bandung
- [4] Setiawan, A, 2016. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847-2013*. Erlangga
- [5] SNI 2847-2013. *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*. Badan Standarnisasi Nasional: Jakarta
- [6] SNI 1726-2013. *Beban Minimum Untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Badan Standarnisasi Nasional: Jakarta
- [6] SNI 1726-2012. *Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non-Gedung*. Badan Standarnisasi Nasional: Jakarta
- [7] Sudarmoko, 1996. *Perencanaan dan Analisis Beton Bertulang (Menggunakan SK SNI-T-15-1993-03)*. Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada. Biro Penerbit: Yogyakarta