

STUDI ALTERNATIF ANALISIS SAMBUNGAN BALOK-KOLOM DENGAN SISTEM PRACETAK PADA GEDUNG VOLENDAM HOLLAND PARK CONDOTEL KOTA BATU

(Alternative Study of Beam-Column Connection Analysis with Precast System on Volendam Holland Park Condotel Building Batu City)

Mahardhika Nurislam Wanda, M. Taufik Hidayat, Ming Narto Wijaya
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia
Email : drmaharjipres@gmail.com

ABSTRAK

Sebagai kota wisata, Kota Batu dituntut dengan maraknya pembangunan Condotel di dekat tempat-tempat wisata. Akan tetapi dengan banyaknya gedung – gedung yang dibangun membuat lahan yang tersedia semakin lama semakin sempit. Oleh karena itu, Kota Batu mulai membangun gedung–gedung bertingkat untuk mengatasi kekurangan lahan yang semakin sempit. Pembangunan gedung bertingkat saat ini sebagian besar masih tetap menggunakan metode beton bertulang konvensional dengan menggunakan bekisting yang dicor di tempat yang akan menelan biaya lebih mahal karena membutuhkan banyak sekali bekisting serta akan memakan waktu yang lebih lama. Akan tetapi sekarang ada terobosan baru untuk mengurangi penggunaan bekisting yang banyak dan mengurangi lamanya durasi pengerjaan, yaitu dengan menggunakan metode pracetak yang dibuat di pabrik atau di lokasi proyek kemudian dirakit.

Konsep pembangunan mengacu ke dalam SNI 03- 1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung serta SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton sehingga acuan kedua peraturan tersebut akan didapatkan struktur yang tahan gempa, efektif, dan efisien. Dalam studi ini merupakan analisis Gedung Volendam Holland Park Condotel Kota Batu dengan zona gempa 4 yang di rencanakan kembali dengan menggunakan metode pracetak.

Kata Kunci : Pracetak, Cor penuh, Beban gempa, Volendam

ABSTRACT

As a tourism city, Batu City charged with rampant development Condotel near tourist attractions. But with the large number of buildings built to make land available is getting increasingly narrow. Therefore, the city began to build Stonebuildings land shortage to cope with an increasingly narrow. Terraced building currently still largely keep using conventional methods of reinforced concrete using formwork are casted in place would cost more expensive because it requires an awful lot of formwork and will take a longer time. But now there is a new breakthrough for reducing the use of formwork and reduce the length of the duration of the work, i.e., by using prefabricated method are made at the factory or at the location of the project is then assembled.

The concept of development refers to the SNI 03-1726-2012 about the planning of earthquake resistance for building structures and building as well as a non SNI 03-2847-2002 about the procedures for calculation of concrete structures so that the second reference of the regulation will be earthquake resistant structures has been obtained, effective, and efficient. In this study is the analysis of the building of Volendam Holland Park Condotel Batu City with earthquake zone 4 on the plan back by using prefabricated method.

Keywords : Precast, Full cast, Earthquake Load, Volendam

PENDAHULUAN

Sebagai kota wisata, Kota Batu dituntut dengan maraknya pembangunan Condotel di dekat tempat-tempat wisata. Salah satu dari sekian banyak pembangunan tersebut adalah pembangunan Holland Park Condotel. Pembangunan gedung bertingkat saat ini sebagian besar menggunakan dua metode, yaitu dengan metode beton bertulang konvensional dengan menggunakan bekisting yang dicor di tempat dan menggunakan metode beton bertulang pracetak yang

dibuat di pabrik atau di lokasi proyek kemudian dirakit. Sementara itu, untuk pembangunan gedung Holland Park Condotel ini sendiri masih menggunakan metode pertama yaitu metode beton bertulang konvensional dengan menggunakan bekisting yang dicor di tempat.

Beberapa keunggulan beton precast antara lain adalah waktu pelaksanaan pekerjaan lebih cepat, karena elemen bangunan yang tipikal bisa dikerjakan secara paralel sehingga setelah tiba di lokasi pekerjaan dapat segera dipasang/ dirangkai. Tetapi selain

keunggulan tersebut, terdapat beberapa kekurangan penggunaan beton precast, salah satunya adalah perlunya perhatian khusus pada sambungan-sambungannya

Maka dari itu, perlu adanya kajian khusus mengenai Studi Alternatif Analisis Sambungan Balok-Kolom Dengan Sistem Pracetak Pada Gedung Volendam Holland Park Kota Batu. Dengan mengacu kepada SNI 03-1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung dan SNI 03-2847-2002 tentang tata cara perhitungan struktur beton sehingga akan didapatkan struktur yang tahan gempa dan efisien

METODE PENELITIAN

Gedung Volendam Holland Park Condotel Kota Batu merupakan gedung hotel yang terdiri dari delapan lantai dengan struktur beton bertulang konvensional cor di tempat, yang kemudian akan direncanakan ulang oleh penulis dengan metode pracetak. Pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan mengumpulkan gambar dari tim teknis proyek *Shop drawing* berguna sebagai acuan untuk merencanakan gedung. Dalam perencanaan ini, dimasukkan beban mati, beban hidup, dan beban gempa. Beban gempa menggunakan analisis spectrum respons desain untuk menghitung gaya pada struktur akibat gaya gempa. Adapun cara menganalisisnya yaitu dengan menggunakan aplikasi analisis struktur SAP2000 v18. Penggunaan aplikasi analisis struktur SAP2000 v18 bertujuan untuk mendapatkan besarnya gaya-gaya dalam yang bekerja pada struktur (momen, gaya aksial, dan gaya geser). Langkah-langkah perencanaan meliputi:

1. Analisis Pembebanan
2. Analisis Struktur
3. Desain Penampang sebelum cor penuh
4. Desain Penampang setelah cor penuh
5. Gambar detail

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Dimensi Struktur

Sistem lantai yang digunakan adalah sistem diafragma. Tebal pelat yang digunakan pada perencanaan gedung ini adalah 12 cm sesuai dengan keadaan existing gedung tersebut. Dimensi Balok berukuran 35 cm x 60 cm. Untuk Kolom 1 digunakan pada lantai 1 sampai dengan lantai 4 dengan profil beton 50 x 80 cm. Untuk Kolom 2 digunakan pada lantai 5 sampai dengan lantai 8 dengan profil beton 45 x 70 cm

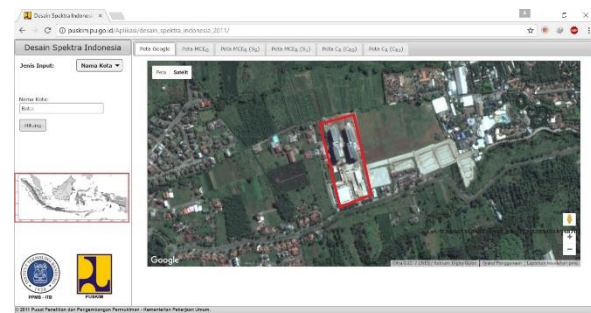
Analisis Beban Gempa

Pada perhitungan beban gempa pada gedung Gedung Volendam Holland Park Condotel Kota Batu,

perhitungan spektrum repons desain Menggunakan program yang telah disediakan PU:

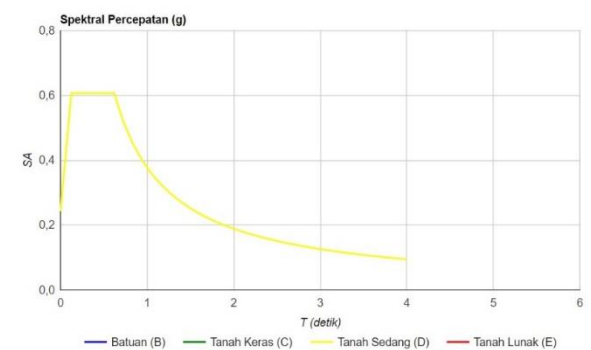
<http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain Spektra indonesia 2011/>.

Untuk mendapatkan data respons spektrum memasukan data koordinat lokasi ataupun nama kota yang ditinjau, seperti berikut:



Gambar 1 Peta lokasi gedung Volendam Holland Park Condotel Kota Batu

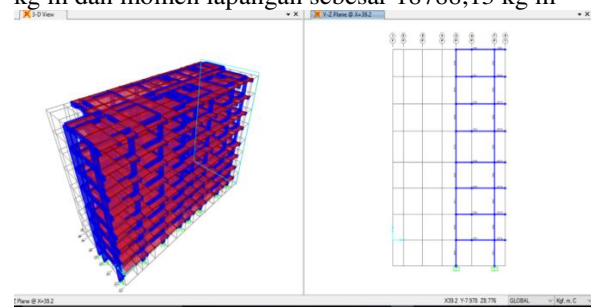
Data yang di peroleh berdasarkan program yang telah disediakan PU adalah data berupa respons spectrum design yang ada pada daerah kota Batu.



Gambar 2 Respons spektrum desain

Perencanaan Balok dan Kolom

Berikut adalah hasil analisis struktur balok gedung Volendam Holland Park Condotel Kota Batu dengan menggunakan software SAP2000 v18. Untuk tabel yang lebih lengkap, akan ditampilkan pada lampiran. Dari tabel tersebut, maka didapatkan momen maksimum terjadi pada balok nomor 526 (lihat kolom M3) dengan momen tumpuan terjadi sebesar -27242,74 kg m dan momen lapangan sebesar 18788,13 kg m



Gambar 3 Pemodelan analisis struktur balok pada Gedung Volendam Holland Park Condotel Kota Batu

Penulangan Utama

Momen-momen maksimum didapatkan dari kombinasi beban

$$\begin{aligned} M_{U \text{ Tump}} &= -27242,74 \text{ kg m} \\ M_{U \text{ Lap}} &= 18788,13 \text{ kg m} \\ f'c &= 30 \text{ MPa} \\ f_y &= 390 \text{ MPa} \\ \text{Dimensi balok} &= 350 \times 600 \text{ mm} \\ \text{Selimut beton} &= 40 \text{ mm} \\ \text{Bentang balok} &= 5450 \text{ mm} \end{aligned}$$

Analisa Tulangan Tumpuan

Nilai Mu diambil yang terbesar antara momen tumpuan positif dan negative.

$$Mu = -27242,74 \text{ kgm}$$

$$As = \rho_{\max} \times b_e \times d = 0,01 \times 350 \times 560 = 1960 \text{ mm}^2$$

$$As' = 0,5 \times As = 0,5 \times 1960 = 980 \text{ mm}^2$$

Dari nilai As dan As' yang diperoleh maka dapat ditentukan jumlah tulangan atas dan tulangan bawah yang diperoleh dari tabel tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik} &: 7 \text{ D19 (2010 mm}^2/\text{m)} \\ \text{Tulangan tekan} &: 5 \text{ D16 (993 mm}^2/\text{m)} \end{aligned}$$

Analisa Tulangan Lapangan

$$M_{U \text{ Lapangan}} = 18788,13 \text{ kg m}$$

$$As = \rho \times b_e \times d = 0,0035 \times 350 \times 560 = 686 \text{ mm}^2$$

$$As' = 0,2 \times As = 0,2 \times 686 = 137,2 \text{ mm}^2$$

Dari nilai As dan As' yang diperoleh maka dapat ditentukan jumlah tulangan atas dan tulangan bawah yang diperoleh dari table tulangan :

$$\begin{aligned} \text{Tulangan tarik} &: 6 \text{ D13 (760 mm}^2/\text{m)} \\ \text{Tulangan tekan} &: 2 \text{ D10 (143 mm}^2/\text{m)} \end{aligned}$$

Penulangan kolom

Data kolom:

$$\begin{aligned} b &= 50 \text{ cm} \\ h &= 80 \text{ cm} \\ d' &= 4 \text{ cm} \\ d &= 46 \text{ cm} \\ L &= 342 \text{ cm} \\ P &= 123127,22 \text{ kg} \\ M_A &= 28862,19 \text{ kgm} \\ M_B &= 28409,07 \text{ kgm} \\ M_B \text{ (beban mati)} &= 893,79 \text{ kgm} \end{aligned}$$

Rasio Tulangan : $Ast = 1\%$

Karena asumsi pembebanan sentris, serta adanya momen dan gaya aksial yang dominan, maka tulangan kolom \rightarrow 2 sisi

$$As = As' = 1\%$$

$$As = As' = 0,01 \times 50 \times 76 = 38 \text{ cm}^2$$

Dicoba 2 sisi utama:

$$\text{Tulangan tarik} = 4\text{-D35} \rightarrow As = 38,3 \text{ cm}^2$$

$$\text{Tulangan tekan} = 4\text{-D35} \rightarrow As = 38,3 \text{ cm}^2$$

Untuk 2 sisi lainnya, ditentukan tulangan bagi sebesar 50% dari tulangan utama

Maka ditentukan tulangan 2-D35 untuk sisi panjang.

Pelaksanaan dan Perhitungan Balok Pracetak

Dari perencanaan awal balok dan kolom serta analisis kekuatannya, maka balok induk

direncanakan memiliki dimensi 350x600 mm. Dalam pelaksanaannya, dibagi menjadi 2 tahap, yaitu:

1. Tahap sebelum cor penuh, dengan dimensi balok pracetak 350 x 400 mm
2. Tahap setelah cor penuh, dengan dimensi balok sesuai perencanaan awal, yaitu 350 x 600 mm

Balok pracetak sebelum cor penuh

Saat pemasangan elemen pracetak ini, balok pracetak sebelum cor penuh mengalami kondisi pembebanan sebagai berikut :

1. Berat sendiri balok pracetak, termasuk beton tuang di atasnya (topping)
2. Beban akibat pelat pracetak yang menumpu pada balok, termasuk beton tuang di atasnya (topping)

Beban yang bekerja pada balok induk

1. Berat balok (berat sendiri)

$$q_{bi} = 2,4 \times 0,35 \times 0,6 = 0,504 \text{ t/m}$$

2. Berat pelat pracetak dan berat di atasnya

$$Q_{\text{pelat}} = 0,9 \times 2,4 \times 0,12 \times 0,5 \times 5,45 = 0,7062 \text{ t/m}$$

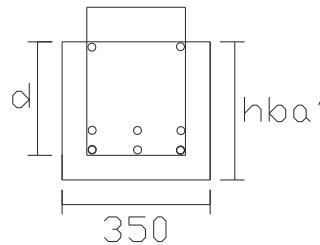
$$q_d = 1,21032 \text{ t/m}$$

Momen maksimal yang terjadi pada balok induk saat pemasangan dengan bentang

$$L = 5,45 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} M_{\max} &= 1/8 \times q_d \times L^2 \\ &= 1/8 \times 1,21032 \times 5,45^2 \\ &= 4,493691 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$Mu = 44936912 \text{ Nmm}$$



Gambar 4 Gambar balok induk tampak samping sebelum cor penuh

Asumsi tulangan lentur balok induk

$$6D - 13 \text{ maka menggunakan } Astot = 760 \text{ mm}^2$$

$$T = C$$

$$As \times f_y = f'c \times 0,5 \times b \times y$$

$$760 \times 390 = 30 \times 0,5 \times 350 \times y$$

$$\text{Jadi nilai } y = 56,457 \text{ mm}$$

$M_n = T \times (d - y/2)$, untuk mendapatkan nilai d (tebal efektif minimum)

$$44936912 = 296400 \times (d - \frac{56,457}{3})$$

$$\text{maka didapan nilai } d_{\min} = 179 \text{ mm}$$

$$hba' = hba - h_{\text{pelat}} = 600 - (120 + 80) = 400 \text{ mm}$$

cek tebal efektif balok induk:

$$d = 400 - 40 - 8 - 0,5 \times 13 = 425,5 \text{ mm} > d_{\min} \dots$$

OK!

Analisa dan desain penampang balok induk pracetak dengan dimensi 350x400 mm

Asumsi tulangan lentur balok 6D – 13 maka menggunakan Astot = 760 mm²
 Tulangan tekan minimal 20% dari tulangan utama, didapatkan 2D-13, fungsi tulangan tekan atas ini untuk mengantisipasi terjadinya tarik pada serat atas.
 Kapasitas momen penampang (Mn)

$$Mn = T \cdot (d - y/3) = 296400 \cdot (425,5 - \frac{56,457}{3}) = 117751251,4 \text{ Nmm}$$

Mn > Mu . . . OK!

Cek lendutan (mm)

$$\delta = \frac{5 \cdot qd \cdot L^4}{384 \cdot EI} = \frac{5 \cdot 11,861 \cdot 5450^4}{384 \cdot 25742,96 \cdot \frac{1}{12} \cdot 350 \cdot 400^3} = 2,835 \text{ mm}$$

$$\delta_{ijin} = L/240 = 5450/240 = 22,5 \text{ mm} > \delta \dots \text{OK!}$$

Analisa Tegangan Penampang

Nilai tegangan ijin:

$$f_{cijin} = 0,33 \cdot f'_c = 0,33 \cdot 25 = 9,9 \text{ MPa}$$

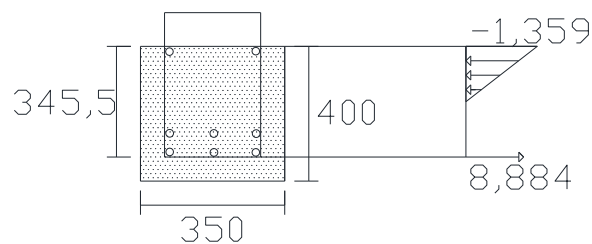
$$f_{sijin} = 0,58 \cdot f_y = 0,58 \cdot 400 = 226,2 \text{ MPa}$$

Balok induk sebelum cor penuh

$$\sigma_c = - \frac{Mu \cdot y}{I_{pracetak}} = - \frac{44936912 \cdot 56,457}{\frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 400^3} = -1,359 \text{ MPa} < f_{cijin} \dots \text{OK!}$$

$$\sigma_s = \frac{82923000 \cdot (345,5 - 56,457)}{\frac{1}{12} \cdot 400 \cdot 400^3} = 8,884 \text{ MPa} < f_{sijin} \dots$$

OK!



Gambar 5 Gambar diagram tegangan sebelum cor penuh

Balok pracetak setelah cor penuh

Menghitung tegangan pada tengah bentang

Momen yang terjadi pada tengah bentang (momen lapangan)

$$Mu = 18788,13 \text{ kgm} = 187881300 \text{ Nmm}$$

$$I_{comp} = \frac{1}{12} \cdot 350 \cdot 600^3 = 6300000000 \text{ mm}^4$$

Menghitung nilai y dengan nilai b = 350 mm, As = 760 mm², d = 425,5 mm

$$T = Cc$$

$$As \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot 0,5 \cdot b \cdot y$$

$$760 \cdot 390 = 0,85 \cdot 30 \cdot 0,5 \cdot 350 \cdot y$$

$$\text{Jadi nilai } y = 66,42 \text{ mm}$$

Menghitung tegangan pada penampang setelah cor penuh (tengah bentang)

$$\sigma_c = - \frac{Mu \cdot y}{I_{comp}} = - \frac{187881300 \cdot 66,42}{6300000000} = -1,98 \text{ MPa}$$

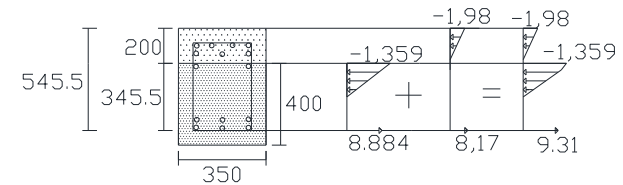
$$\sigma_s = \frac{187881300 \cdot (545,5 - 66,42)}{6300000000} = 8,17 \text{ MPa}$$

Resultan Tegangan

$$f_{top} = -1,98 \text{ MPa} < f_{cijin} \dots \text{OK!}$$

$$f_A = \sigma_c = -1,359 \text{ MPa} < f_{cijin} \dots \text{OK!}$$

$$f_s = \sigma_s + \sigma_s' = 8,884 + 8,17 = 9,31 \text{ MPa} < f_{sijin} \dots \text{OK!}$$



Gambar 4.17 Gambar diagram tegangan setelah cor penuh (tengah bentang)

Menghitung tegangan pada ujung bentang

Momen yang terjadi pada ujung bentang (momen tumpuan)

$$Mu = 27242,74 \text{ kgm} = 272427400 \text{ Nmm}$$

$$I_{comp} = \frac{1}{12} \cdot 350 \cdot 600^3 = 6300000000 \text{ mm}^4$$

Menghitung nilai y dengan nilai b = 350 mm, As = 2010 mm², d = 545,5 mm

$$T = Cc$$

$$As \cdot f_y = 0,85 \cdot f'_c \cdot 0,5 \cdot b \cdot y$$

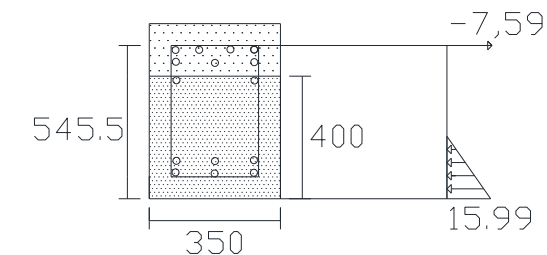
$$2010 \cdot 390 = 0,85 \cdot 30 \cdot 0,5 \cdot 350 \cdot y$$

$$\text{Jadi nilai } y = 175,66 \text{ mm}$$

Menghitung tegangan pada penampang setelah cor penuh (ujung bentang)

$$\sigma_c = - \frac{Mu \cdot y}{I_{comp}} = - \frac{272427400 \cdot 175,66}{6300000000} = -7,59 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \frac{272427400 \cdot (545,5 - 175,66)}{6300000000} = 15,99 \text{ MPa}$$



Gambar 6 Gambar diagram tegangan setelah cor penuh (ujung bentang)

Perhitungan tulangan tumpuan

$$f'_c = 30 \text{ MPa}$$

$$f_y = 390 \text{ MPa}$$

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

$$\text{Selimut beton (cv)} = 4 \text{ cm}$$

$$\text{Diameter SK} = 8 \text{ mm}$$

$$f'_c \leq 300 \text{ kg/cm}^2, \text{ maka } \beta = 0,85$$

$$\rho_{min} = \frac{1,4}{390} = 0,00358$$

$$\rho_{max} = 0,85 \cdot \frac{0,85 \cdot 30}{390} \cdot \frac{600}{600 + 390} = 0,033$$

Tulangan atas

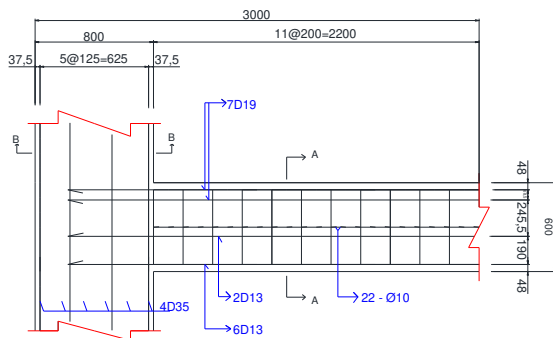
$$\text{Tulangan terpasang} = 7 \text{ D19 (2010 mm}^2\text{)}$$

Diameter tulangan (a) = 19 mm
 Jumlah baris (b) = 2
 Jarak antar baris (c) = 2,5 cm
 Jarak antar tulangan (d) = 2,5 cm
 $d = h - cv - DSK/10 - (a/10 * b + 2,5*(b-1))/2$
 $= 60 - 4 - 0,8 - (1,9*2 + 2,5*(2-1))/2$
 $= 52,05 \text{ cm}$

Tulangan bawah
 Tulangan terpasang = 6D – 13 (760 mm²)
 Diameter tulangan (a) = 13 mm
 Jumlah baris (b) = 2
 Jarak antar baris (c) = 2,5 cm
 Jarak antar tulangan (d) = 2,5 cm
 $d' = cv + DSK/10 + (a/10 * b + 2,5*(b-1))/2$
 $= 4 + 0,8 + (1,3*2 + 2,5*(2-1))/2$
 $= 7,35 \text{ cm}$
 Ratio $As'/AS = 760/2010 = 0,378$
 $\rho = \frac{As}{b*d} = \frac{20,10}{35*52,05} = 0,011$
 $\rho' = \frac{As'}{b*d} = \frac{7,6}{35*52,05} = 0,004$
 $\rho > \rho_{min}$, sehingga $\rho - \rho' = 0,007$
 $\rho - \rho' < \frac{0,85*\beta_1*f'c*d'}{fy*d} * \frac{600}{600+fy} = 0,033$
 $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$, maka menggunakan ρ
 $F = \frac{\rho*fy}{0,85*f'c} = \frac{0,011*390}{0,85*30} = 1,68$
 $K = F*(1 - F/2) = 1,68*(1 - 1,68/2) = 0,2688$

$Mn = 0,85*K*f'c*b*d^2$
 $= 0,85*0,2688*300*35*52,05^2$
 $= 6499485,166 \text{ kgcm}$
 $Mk = 0,8*Mn = 0,8*6499485,166 = 5199588,132 \text{ kgcm}$
 $Mk \text{ penampang } (5199588,132 \text{ kgcm}) > Mu \text{ analisis}$
 $(=2724274 \text{ kgcm}) \dots \text{OK!}$

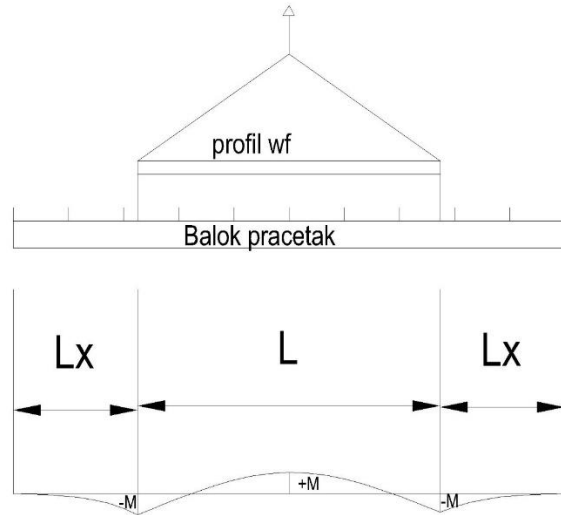
Didapatkan,
 Dimensi balok pracetak = 350mm x 400 mm
 Dimensi balok total = 350mm x 600 mm
 Tulangan lapangan minimal menggunakan 6D – 13 (Asmin = 760 mm²)
 Tulangan tumpuan (tulangan double)
 Tulangan atas menggunakan 7 D19 (Asatas = 2010 mm²)
 Tulangan bawah menggunakan 6D – 13 (Asbawah = 760 mm²)



Gambar 7 Gambar Penulangan lengkap balok dan kolom sesuai perencanaan

Analisa Balok Pracetak Saat Pengangkatan

Balok pracetak diangkat dengan menggunakan crane yang diangkat dengan dua titik angkat. Analisa pada kondisi ini perlu dikontrol pada saat pengangkatan terjadi.



Gambar 8 Model struktur balok pracetak pada saat pengangkatan

Analisa Balok Pracetak Saat Pengangkatan Balok Induk Dimensi (35/40) L= 5,45 m

Dimana :

$$+M = \frac{WL^2}{8} * (1 - 4X + \frac{4Yc}{L*tg\phi}) \quad Ya \quad Yc$$

$$-M = \frac{WX^2*L^2}{2} \quad Yb$$

$$X = (1 + \frac{4Yc}{L*tg\phi}) / (2 * (1 + \sqrt{1 + \frac{Ya}{Yb} (1 + \frac{4Yc}{L*tg\phi})}))$$

Balok induk 35/40 dengan bentang 5,45 m

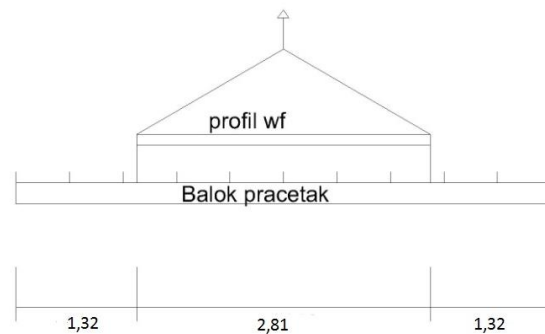
$$Yt = yb = 40/2 = 20$$

$$I = 1/12 * 35 * 40^3 = 186666,67 \text{ cm}^4$$

$$Yc = 20+8 = 28 \text{ cm}$$

$$X = \frac{(1 + \frac{4*28}{545*tg45})}{(2 * (1 + \sqrt{1 + \frac{20}{20} (1 + \frac{4*28}{545*tg45})}))} = 0,2425$$

$$X*L = 0,2425*5,45 = 1,32 \text{ cm}$$



Gambar 9 Jarak tulangan angkat

Panjang tekuk = 214,4 cm
 Mutu profil BJ 37 fy 2400 kg/m
 Profil WF 100 x 100 x 6 x 8
 A = 21,9 cm²
 Ix = 4,18 cm
 Iy = 2,47 cm
 W = 17,2 kg/m

Pembebanan :

- Balok = 0,35*0,4*5,45*2400 = 1831,2 kg
 - Balok Profil = 20*5,45 = 109 kg
- Wt = 1940,2 kg

k adalah faktor kejut = 1,2

$$T \sin \Theta = P = \frac{1,2 * k * Wt}{2} = \frac{1,2 * 1,2 * 1940,2}{2} = 1396,944 \text{ kg}$$

$$T = \frac{1396,944}{\sin 45} = 2793,888 \text{ kg}$$

Tulangan Angkat Balok Melintang

$$P_u = 2793,888 \text{ kg}$$

$$\sigma \text{ tarik ijin} = f_y / 1,5 = 4000 / 1,5 = 2666,67 \text{ kg/m}^2$$

$$\phi \text{ tulangan angkat} \geq \sqrt{\frac{P_u}{\delta i j i n * \pi}}$$

$$\phi \text{ tulangan angkat} \geq 0,57$$

Digunakan tulangan ϕ 13

Momen yang terjadi

Pembebanan :

- Balok = 0,35*0,4*2400 = 336 kg/m
 - Balok profil = 17,2 = 17,2 kg/m
- W = 353,2 kg/m

Untuk mengatasi beban kejut akibat pengangkatan, momen pengangkatan dikalikan dengan faktor akibat pengangkatan sebesar 1,2 :

➤ Momen lapangan yang terjadi

$$+M = \frac{WL^2}{8} * (1 - 4X + \frac{4Yc}{L * t g \phi}) * 1,2$$

$$= \frac{353,2 * 5,45^2}{8} * (1 - 4 * 0,2425 + \frac{4 * 0,28}{5,45 * t g 45}) * 1,2$$

$$= 370,6 \text{ kgm}$$

Tegangan yang terjadi

$$F = M / w_t = \frac{370,6}{\frac{1}{6} * 35 * 40^2} = 0,039 \text{ MPa}$$

$$F_r = 0,7 * \sqrt{f'c} = 3,83 \text{ MPa}$$

F < Fr ... OK!

Momen tumpuan yang terjadi

$$-M = \frac{WX^2 * L^2}{2} * 1,2$$

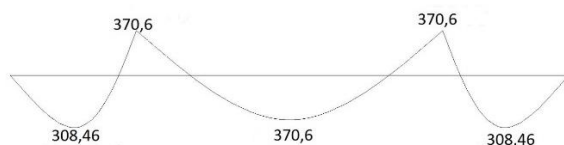
$$-M = \frac{353,2 * 0,2425^2 * 5,45^2}{2} * 1,2 = 308,46 \text{ kgm}$$

Tegangan yang terjadi

$$F = M / w_t = \frac{308,46}{\frac{1}{6} * 35 * 40^2} = 0,033 \text{ MPa}$$

$$F_r = 0,7 * \sqrt{f'c} = 3,83 \text{ MPa}$$

F < Fr ... OK!

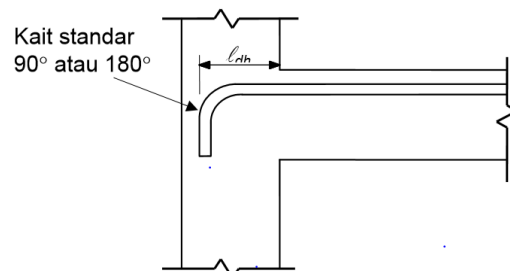


Gambar 10 Bidang Momen Balok Pracetak

Perencanaan Sambungan Beton Pracetak

Berdasarkan SNI 03-2847-2002 Pasal 14.12 tentang penyaluran tulangan momen negatif berbunyi :

- 1). Tulangan momen negatif pada suatu komponen struktur menerus, komponen struktur yang terkekang deformasinya, atau komponen struktur kantilever, atau pada sebarang komponen struktur dari suatu rangka kaku, harus diangkur di dalam atau sepanjang komponen struktur pendukung, dengan menggunakan panjang penanaman, kait, atau angkur mekanis (Gambar 21).
- 2). Tulangan momen negatif harus mempunyai suatu panjang penanaman ke dalam bentang seperti diisyaratkan 14.1 dan 14.10(3).
- 3). Paling sedikit sepertiga dari jumlah tulangan tarik total yang dipasang untuk momen negatif pada suatu tumpuan harus ditanamkan hingga melewati titik belok sejauh tidak kurang dari nilai terbesar antara tinggi efektif komponen struktur, 12db, atau seperenambelas bentang bersih (Gambar 21 b).
- 4). Pada tumpuan dalam dari komponen struktur lentur tinggi, tulangan tarik momen negatif harus menerus dengan tulangan tarik pada bentang disebelahnya



(a) Pengangkuran untuk kolom luar



(b) Pengangkuran ke dalam balok yang bersebelahan

Gambar 11 Penyaluran tulangan momen negatif

Data Perhitungan:

Menggunakan balok ukuran 350 x 400 mm dengan tulang D8

fy (tegangan leleh baja)	= 390 MPa
f'c (kuat tekan beton)	= 30 MPa
α (faktor lokasi penulangan)	= 1
β (faktor pelapis)	= 1
γ (faktor ukuran batang tulangan)	= 0,8
λ (faktor berat beton)	= 1
db (diameter tulangan balok)	= 8 mm

faktor selimut beton = 0,7
 faktor sengkang = 0,8

Menentukan Ld (tulangan kondisi tarik)

$$Ld = \frac{12 \cdot fy \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot db}{25 \cdot \sqrt{f'c}} = \frac{12 \cdot 390 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 8}{25 \cdot \sqrt{30}} = 229,54 \text{ mm}$$

Ld < 300 mm, maka menggunakan Ld sebesar 300mm

Menentukan Ldb (tulangan kondisi tekan)

$$Ldb = \frac{db \cdot fy}{4 \cdot \sqrt{f'c}} = \frac{8 \cdot 390}{4 \cdot \sqrt{30}} = 142,4 \text{ mm}$$

Ldb < 200 mm, maka menggunakan Ldb sebesar 200 mm

Menentukan Ldh (tulangan berkait dalam kondisi tarik)

$$Ldh = \frac{100 \cdot db}{\sqrt{f'c}} = \frac{100 \cdot 8}{\sqrt{25}} = 160 \text{ mm}$$

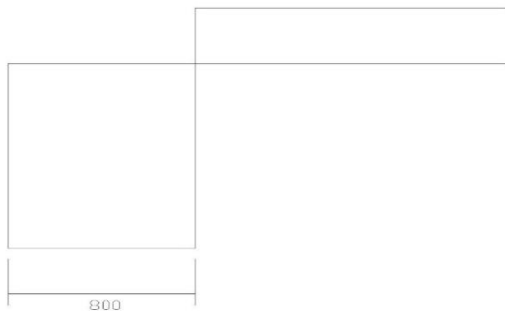
Ldh harus dikalikan dengan faktor selimut beton dan faktor sengkang

$$Ldh = 160 \cdot 0,7 \cdot 0,8 = 89,6 \text{ mm}$$

Ldh < 150 mm, maka menggunakan Ldh sebesar 150mm

Perencanaan Tumpuan

Tumpuan pada sambungan balok-kolom sebelum cor penuh terjadi seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 12 Gambar tumpuan balok-kolom sebelum cor penuh

Sehingga tidak terjadi tegangan geser ketika sambungan balok kolom sebelum komposisi dan balok akan ditahan oleh penyanga.

Analisa Hubungan untuk Balok-Kolom tengah

Jumlah tulangan yang mengalami tekan (-), 6D - 13 (As = 760 mm²)

$$Ag = As = 760 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{Ag \cdot 1,25 \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b}$$

$$= \frac{760 \cdot 1,25 \cdot 390}{0,85 \cdot 30 \cdot 500} = 38,35 \text{ mm}$$

$$Mn^- = As \cdot fy \cdot (d-a/2)$$

$$= 760 \cdot 390 \cdot (760 - 38,35/2) = 219580530 \text{ Nmm}$$

$$= 219,58 \text{ KNm}$$

Jumlah tulangan yang mengalami tarik (+), 7 D19 (Asatas = 2010 mm²)

$$Ag = As = 2010 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{Ag \cdot 1,25 \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b}$$

$$= \frac{2010 \cdot 1,25 \cdot 390}{0,85 \cdot 30 \cdot 500} = 76,852 \text{ mm}$$

$$Mn^+ = As \cdot fy \cdot (d-a/2)$$

$$= 2010 \cdot 390 \cdot (760 - 76,852/2) = 565641858,6$$

$$Nmm = 565,64 \text{ KNm}$$

$$Mu = (Mn^- + Mn^+)/2$$

$$= (219,58 + 565,64)/2 = 392,61 \text{ KNm}$$

$$Mu (392,61 \text{ kNm}) < Mn \text{ max } (565,64 \text{ kNm}) . .$$

. OK!

$$Vh = \frac{2 \cdot Mu}{L/2} = \frac{2 \cdot 392,61}{3,42/2} = 447,497 \text{ kN}$$

$$T1 (4-D35) = As \cdot 1,25 \cdot fy = 3830 \cdot 1,25 \cdot 390 = 1867125 \text{ N} = 1867,125 \text{ KN}$$

$$T2 (4-D35) = As \cdot 1,25 \cdot fy = 3830 \cdot 1,25 \cdot 390 = 1867125 \text{ N} = 1867,125 \text{ KN}$$

Gaya geser yang terjadi

$$V = T1 + T2 - Vh$$

$$= 1867,125 + 1867,125 - 447,497 = 3286,753 \text{ KN}$$

Kuat geser nominal

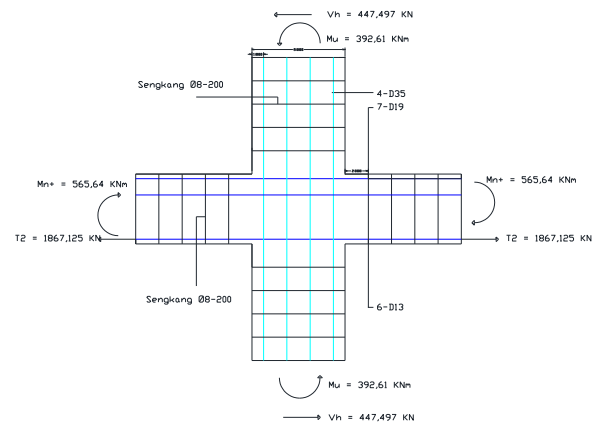
$$\phi Vc = 0,75 \cdot 1,7 \cdot Aj \cdot \sqrt{f'c}$$

$$= 0,75 \cdot 1,7 \cdot (1000 \cdot 800) \cdot \sqrt{30} = 5586770$$

$$N = 5586,77 \text{ KN}$$

$$\phi Vc (5586,77 \text{ kN}) > V (3286,753 \text{ kN}) . . .$$

OK! (Sambungan Aman)



Gambar 13 Gaya-gaya dalam pada sambungan balok-kolom tengah

Analisa Hubungan untuk Balok-Kolom pinggir

Jumlah tulangan yang mengalami Tarik, momen negatif (-), 7 D19 (Asatas = 2010 mm²)

$$Ag = As = 2010 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{Ag \cdot 1,25 \cdot fy}{0,85 \cdot f'c \cdot b} = \frac{2010 \cdot 1,25 \cdot 390}{0,85 \cdot 30 \cdot 500} = 76,85 \text{ mm}$$

$$Mn^- = As \cdot fy \cdot (d-a/2)$$

$$= 2010 \cdot 390 \cdot (2010 - 76,85/2) = 1545517643$$

$$Nmm = 1545,51 \text{ KNm}$$

$$Mu = Mn^- / 2$$

$$= 1545,51 / 2 = 772,758 \text{ KNm}$$

$$Mu < Mn . . . \text{OK!}$$

$$V_h = \frac{2 \cdot M_u}{L/2} = \frac{2 \cdot 772,758}{3,42/2} = 903,81 \text{ kN}$$

$$T_1 (7\text{-D19}) = A_s \cdot 1,25 \cdot f_y = 2010 \cdot 1,25 \cdot 390 = 979875 \text{ N} = 979,875 \text{ KN}$$

Gaya geser yang terjadi

$$V = T_1 - V_h$$

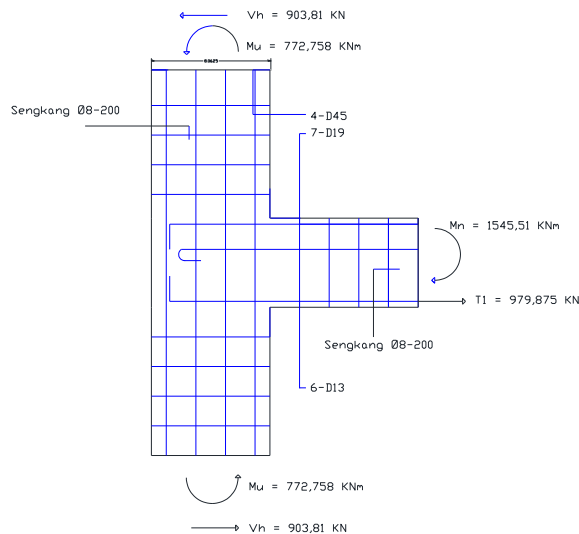
$$= 979,875 - 903,81 = 76,065 \text{ KN}$$

Kuat geser nominal

$$\phi V_c = 0,75 \cdot 1,7 \cdot A_j \cdot \sqrt{f'_c}$$

$$= 0,75 \cdot 1,7 \cdot (500 \cdot 800) \cdot \sqrt{30} = 2793385,043 \text{ N} = 2793,385 \text{ KN}$$

$$\phi V_c > V \dots \text{OK! (Sambungan Aman)}$$



Gambar 14 Gaya-gaya dalam pada sambungan balok-kolom ujung

Kesimpulan

Dalam analisis perencanaan Gedung Volendam Holland Park Condotel Kota Batu ini dilakukan secara manual dengan program bantu SAP 2000 didapatkan tulangan pada balok sebesar D-19 untuk balok dan untuk kolom sebesar D-35, serta menerapkan pemodelan strong kolom weak beam maka didapat hasil sebagai berikut :

1. Hasil dari analisa balok-kolom pracetak sebelum cor penuh dengan beban yang dipikul oleh balok adalah beban sendiri balok saat pengangkatan menunjukkan bahwa, balok induk pracetak yang berukuran 35/40 cm dengan tulangan lentur yang mengalami tarik sebesar 6-D13 dan tulangan tambahan pada daerah tekan tulangan transfersal sebesar 2-D13, sengkang dengan diameter 8 mm menghasilkan momen nominal 117751251.4 Nmm dan momen ultimate yang terjadi sebesar 44936912 Nmm. Sehingga perhitungan dapat dikatakan aman.
2. Hasil dari analisis hubungan balok-kolom setelah terjadi cor penuh dengan beban yang bekerja diatasnya seperti beban hidup, plat dan atap, baik di tengah dan dipinggir struktur, aman terhadap lentur dan geser. Hal

ini terbukti dengan analisis kapasitas momen lapangan sebesar 24196,469 kgm lebih besar dari momen ultimate yang terjadi sebesar 18788,13 kgm dan pada daerah ujung menghasilkan momen tumpuan sebesar 34568,809 kgcm dan momen ultimatenya sebesar 27242,74 kgcm. Sehingga perhitungan dapat dikatakan aman

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2009. *Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. *SNI 7833 2012 Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Budianto. 2010. *Perilaku dan Perancangan Sambungan Balok Kolom Beton Pracetak untuk Rumah Sederhana Cepat Bangun Tahan Gempa dengan Sistem Rangka Berdinding Pengisi (Infilled-Frame)*. Tesis tidak dipublikasikan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Rahmadhan, Gita Yusuf. 2014. *Studi Perencanaan Desain Sambungan Balok-Kolom Dengan Sistem Pracetak Pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Building Code Requirements For Structural Concrete And Commentary (ACI 318m-05). 2005. *Structural Building Code*. American Concrete Institut.
- Badan Penelitian Dan Pengembangan Permukiman Dan Prasarana Wilayah, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Teknologi Permukiman. 2002. *SNI 03-1726-2002 Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung*. Bandung.
- Gibb, A.G.F. 1999. *Off-Site fabrication*. John Wiley and Son. New York. USA
- Abduh, M. 2007. *Inovasi Teknologi dan Sistem Beton Pracetak di Indonesia : Sebuah Analisa Rantai Nilai*. Seminar dan Pameran HAKI 2007.
- Simanjuntak, J. H, dkk. 2001. *Sistem Pracetak Beton di Indonesia*. Trend Teknik Sipil Menuju Era Milenium Baru. 355-415
- SON, D. F., & HERMAN, H. (2008). *PERENCANAAN STRUKTUR HOTEL IBIS SEMARANG DENGAN METODE KONSTRUKSI SEMI PRACETAK (Structural Design Of Ibis Hotel Semarang Using Half Precast Construction*

Method)(Doctoral dissertation, F. TEKNIK
UNDIP).

Dipohusodo, Istimawan. "Struktur Beton
Bertulang, berdasarkan SK SNI T-15-1991-
03 Departemen Pekerjaan Umum RI." (1994).