

**PERENCANAAN ALTERNATIF ANALISIS SAMBUNGAN BALOK-KOLOM
DENGAN SISTEM PRACETAK PADA GEDUNG KULIAH FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

(Alternative Analysis Design of Beam-Column Connection with Precast System at Lecture Building Faculty of Engineering Department of Water Resources Engineering University of Brawijaya)

Arifan Muslim Prasetyo, M. Taufik Hidayat, Ananda Insan Firdausy
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Jawa Timur, Indonesia
Email : arifanmuslimp@gmail.com

ABSTRAK

Universitas Brawijaya merupakan salah satu universitas terbaik di Indonesia sehingga banyak pelajar yang berminat untuk melanjutkan pendidikan di kampus ini. Tercatat pada 2017 Universitas Brawijaya menjadi salah satu penerima SBMPTN terbanyak. Tidak seimbangny jumlah antara mahasiswa yang diterima dan lulus di Universitas Brawijaya membuat kebutuhan gedung perkuliahan di kawasan Universitas Brawijaya meningkat. Akibatnya banyak berbagai fakultas yang membuat gedung perkuliahan yang baru untuk memenuhi kebutuhan para mahasiswanya. Salah satu solusinya adalah dengan membangun gedung perkuliahan yang baru. 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.

Konsep pembangunan mengacu ke dalam SNI 03-1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung, non gedung serta SNI 03-2847-2013 2013 tentang tata cara perhitungan struktur beton sehingga akan didapatkan struktur yang tahan gempa dan efisien dan SNI 7388 : 2012 tentang tata cara perencanaan beton pracetak dan beton prategang untuk bangunan gedung. Dalam studi ini merupakan analisis Gedung Kuliah Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya dengan zona gempa 4 yang di rencanakan kembali dengan menggunakan metode pracetak.

Kata Kunci : Pracetak, Cor penuh, Beban gempa, Sambungan Balok-Kolom

ABSTRACT

Brawijaya University is one of the best universities in Indonesia so that many students are interested to continue their education in this campus. Recorded in 2017 Brawijaya University became one of the largest SBMPTN recipients. The unbalanced number of students who received and graduated in Universitas Brawijaya made the need of lecture building in Universitas Brawijaya increased. As a result many different faculties are building new lectures to meet the needs of its students. One solution is to build a new lecture building. The construction of high-rise buildings currently mostly uses two methods, namely by conventional concrete method by using formwork casted on-site and using precast concrete method made in the factory or at the project site and then assembled.

The concept of development refers to the SNI 03-1726-2012 on earthquake resistance planning procedures for building structures, non-buildings, SNI 03-2847-2013 2013 on the procedure of calculating concrete structures so that seismic and efficient structures will be obtained and SNI 7388 : 2012 on the procedures for preparing precast concrete and prestressed concrete for buildings. In this study is an analysis of Lecture Building Faculty of Engineering Department of Water Engineering Brawijaya University with seismic zone 4 which was re-planned by using precast method.

Keywords : Precast, Full cast, Earthquake Load, Beam-Column Connection

PENDAHULUAN

Universitas Brawijaya merupakan salah satu universitas terbaik di Indonesia sehingga banyak pelajar yang berminat untuk melanjutkan penddiknya di kampus ini. Tercatat pada 2017 Universitas Brawijaya menjadi salah satu penerima SBMPTN

terbanyak. Tidak seimbangny jumlah antara mahasiswa yang diterima dan lulus di Universitas Brawijaya membuat kebutuhan gedung perkuliahan di kawasan Universitas Brawijaya meningkat. Akibatnya banyak berbagai fakultas yang membuat gedung perkuliahan yang baru untuk memenuhi kebutuhan para mahasiswanya. Salah satu solusinya adalah

dengan membangun gedung perkuliahan yang baru. Pembangunan gedung bertingkat saat ini sebagian besar menggunakan dua metode, yaitu metode beton bertulang konvensional dengan menggunakan bekisting yang di cor di tempat dan menggunakan metode beton bertulang pracetak yang dibuat yang dibuat di pabrik atau dilokasi proyek kemudian dirakit.

Beberapa keunggulan beton precast (pracetak) antara lain adalah waktu pelaksanaan pekerjaan lebih cepat, lebih ekonomis dalam penggunaan bekisting, mutu lebih terjamin, tidak terlalu terpengaruh kondisi cuaca, dan produktifitas lebih tinggi. Tetapi, terdapat beberapa kekurangan penggunaan beton precast (pracetak), salah satunya adalah perlunya perhatian khusus pada sambungan-sambungannya. Sambungan adalah elemen yang sangat penting dalam desain konstruksi bangunan tahan gempa. Keruntuhan bangunan akibat gempa ditentukan oleh kualitas sambungannya.

Maka dari itu, perlu adanya kajian khusus mengenai Perencanaan Alternatif Analisis Sambungan Balok-Kolom Dengan Sistem Pracetak Pada Gedung Kuliah Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, konsep pembangunan mengacu ke dalam SNI 03- 1726-2012 tentang tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, SNI 03-2847-2013 tentang tata cara perhitungan struktur beton sehingga akan didapatkan struktur yang tahan gempa dan efisien dan SNI 7388 : 2012 tentang tata cara perencanaan beton pracetak dan beton prategang untuk bangunan gedung.

METODE PENELITIAN

Gedung Kuliah Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya merupakan gedung yang terdiri dari enam lantai dengan struktur beton bertulang konvensional cor di tempat, yang kemudian akan di rencanakan 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. Sistem gedung dianalisis dengan menggunakan alat bantu aplikasi analisis struktur SAP2000 v15. Penggunaan aplikasi analisis struktur SAP2000 v15 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

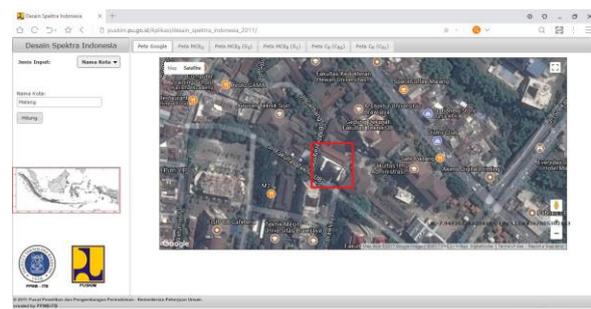
Sistem lantai yang digunakan adalah sistem diafragma. Tebal pelat yang digunakan pada perencanaan gedung ini adalah 12 cm dan 10 cm untuk pelat atap sesuai dengan keadaan existing gedung tersebut. Dimensi Balok berukuran 40 cm x 60 cm untuk balok 1 dan 30 cm x 60 cm untuk balok 2. Untuk Kolom 1 digunakan pada lantai 1 sampai dengan lantai 6 dengan profil beton 45 x 70 cm. Untuk Kolom 2 digunakan pada lantai 1 dengan profil beton 70 x 70 cm.

Analisis Beban Gempa

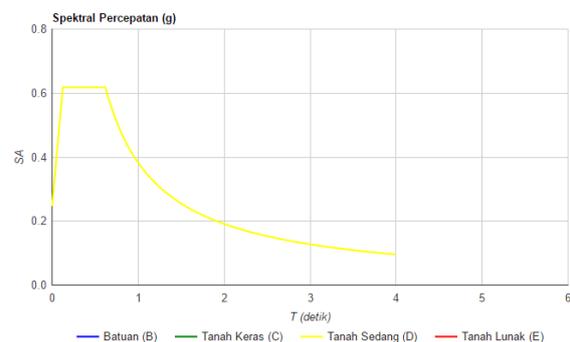
Pada perhitungan beban gempa gedung Gedung Kuliah Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya, menggunakan perhitungan spektrum repons desain dengan program yang telah disediakan PU:

<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

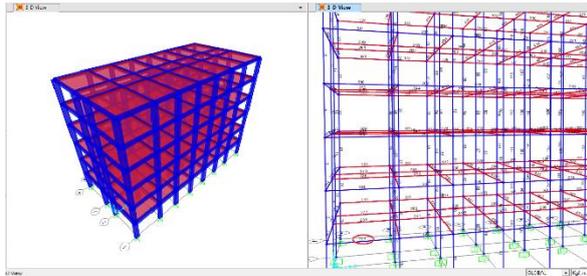


Data yang di peroleh berdasarkan program yang telah disediakan PU adalah data berupa respons spectrum design yang ada pada daerah kota malang.

Gambar 2 Respons spektrum desain

Perencanaan Balok dan Kolom

Berikut adalah hasil analisis struktur balok 1 Gedung Kuliah Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya dengan menggunakan software SAP2000 v15. didapatkan momen maksimum terjadi pada balok nomor 193 (lihat kolom M3) dengan momen tumpuan terjadi sebesar -46067,86 kg m dan momen lapangan pada balok 193 sebesar 17274,93 kg m



Gambar 3 Pemodelan analisis struktur pada balok 1

Penulangan Utama

Momen-momen maksimum didapatkan dari kombinasi beban

$M_{U \text{ Tump}}$	= -46067,86 kg m
$M_{U \text{ Lap}}$	= 17274,93 kg m
$f'c$	= 29.05 MPa
f_y	= 400 MPa
Dimensi balok	= 400 x 600 mm
Selimit efektif	= 50 mm
Bentang balok	= 5000 mm

Analisa Tulangan Tumpuan

Nilai μ diambil yang terbesar antara momen tumpuan positif dan negatif.

$$\mu = -46067,86 \text{ kgm}$$

$$A_s = \rho_{\max} \times b_e \times d = 0,0133 \times 400 \times 550 = 2934,5 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 2934,5 = 1467,3 \text{ mm}^2$$

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

Tulangan tarik	: 6-D29 (3850 mm ² / m)
Tulangan tekan	: 5-D19 (1720 mm ² / m)

Analisa Tulangan Lapangan

$$M_{U \text{ Lapangan}} = 17274,93 \text{ kg m}$$

$$A_s = \rho \times b_e \times d = 0,0046 \times 400 \times 550 = 1019,8 \text{ mm}^2$$

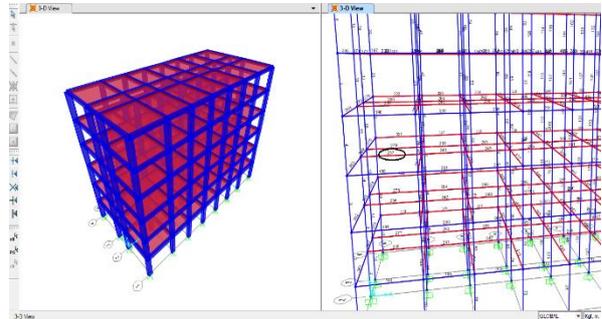
$$A_s' = 0,2 \times A_s = 0,2 \times 1019,8 = 509,9 \text{ mm}^2$$

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

Tulangan tarik	: 5-D19 (1430 mm ² / m)
Tulangan tekan	: 5-D13 (634 mm ² / m)

Berikut adalah hasil analisis struktur balok 2 Gedung Kuliah Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya dengan menggunakan software SAP2000 v15. didapatkan

momen maksimum terjadi pada balok nomor nomor 237 (lihat kolom M3) dengan momen tumpuan terjadi sebesar -33500,58 kg m dan momen lapangan pada balok 237 sebesar 12811,01 kg m



Gambar 4 Pemodelan analisis struktur pada balok 2

Penulangan Utama

Momen-momen maksimum didapatkan dari kombinasi beban

$M_{U \text{ Tump}}$	= -33500,58 kg m
$M_{U \text{ Lap}}$	= 12811,01 kg m
$f'c$	= 29.05 MPa
f_y	= 400 MPa
Dimensi balok	= 300 x 500 mm
Selimit efektif	= 50 mm
Bentang balok	= 5000 mm

Analisa Tulangan Tumpuan

Nilai μ diambil yang terbesar antara momen tumpuan positif dan negatif.

$$\mu = -33500,58 \text{ kgm}$$

$$A_s = \rho_{\max} \times b_e \times d = 0,0207 \times 300 \times 450 = 2795,2 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0,5 \times A_s = 0,5 \times 2795,2 = 1397,6 \text{ mm}^2$$

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

Tulangan tarik	: 6-D25 (3040 mm ² / m)
Tulangan tekan	: 5-D19 (1720 mm ² / m)

Analisa Tulangan Lapangan

$$M_{U \text{ Lapangan}} = 12811,01 \text{ kg m}$$

$$A_s = \rho \times b_e \times d = 0,0070 \times 300 \times 450 = 943,01 \text{ mm}^2$$

$$A_s' = 0,2 \times A_s = 0,2 \times 943,01 = 634 \text{ mm}^2$$

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

Tulangan tarik	: 5-D19 (760 mm ² / m)
Tulangan tekan	: 2-D13 (143 mm ² / m)

Senggang yang digunakan untuk balok 1 dan balok 2 didapatkan Ø10-100.

Penulangan kolom 1

Data kolom:

b	= 45 cm
h	= 70 cm
d'	= 4 cm
d	= 66 cm
L	= 400 cm
P	= 61456,58 kg

$$M_A = 12422 \text{ kgm}$$

$$M_B = 8785,12 \text{ kgm}$$

$$M_B \text{ (beban mati)} = 721.78 \text{ kgm}$$

Rasio Tulangan : $A_{st} = 1\%$
 Karena asumsi pembebanan sentris, serta adanya momen dan gaya aksial yang dominan, maka tulangan kolom \rightarrow 2 sisi
 $A_s = A_{s'} = 1\%$
 $A_s = A_{s'} = 0,01 \times 45 \times 66 = 29,7 \text{ cm}^2$
 Dicoba 2 sisi utama:
 Tulangan tarik = 8-D22 $\rightarrow A_s = 31,0 \text{ cm}^2$
 Tulangan tekan = 8-D22 $\rightarrow A_{s'} = 31,0 \text{ cm}^2$
 Untuk 2 sisi lainnya, ditentukan tulangan bagi sebesar 50% dari tulangan utama
 Maka ditentukan tulangan 4-D22 untuk sisi panjang.

Penulangan kolom 2

Data kolom:

$$b = 45 \text{ cm}$$

$$h = 70 \text{ cm}$$

$$d' = 4 \text{ cm}$$

$$d = 66 \text{ cm}$$

$$L = 400 \text{ cm}$$

$$P = 61456,58 \text{ kg}$$

$$M_A = 12422 \text{ kgm}$$

$$M_B = 8785,12 \text{ kgm}$$

$$M_B \text{ (beban mati)} = 721.78 \text{ kgm}$$

Rasio Tulangan : $A_{st} = 1\%$
 Karena asumsi pembebanan sentris, serta adanya momen dan gaya aksial yang dominan, maka tulangan kolom \rightarrow 2 sisi
 $A_s = A_{s'} = 1\%$
 $A_s = A_{s'} = 0,01 \times 70 \times 66 = 49 \text{ cm}^2$
 Dicoba 2 sisi utama:
 Tulangan tarik = 10-D25 $\rightarrow A_s = 50,7 \text{ cm}^2$
 Tulangan tekan = 10-D25 $\rightarrow A_{s'} = 50,7 \text{ cm}^2$
 Untuk 2 sisi lainnya, ditentukan tulangan bagi sebesar 50% dari tulangan utama
 Maka ditentukan tulangan 5-D25 untuk sisi panjang.
 Sengkang yang digunakan untuk kolom 1 dan kolom 2 didapatkan $\varnothing 8-200$.

Pelaksanaan dan Perhitungan Balok Pracetak

Dari perencanaan awal balok dan kolom serta analisis kekuatannya, maka balok induk B1 direncanakan memiliki dimensi 400 x 600 mm. Dalam pelaksanaannya, dibagi menjadi 2 tahap, yaitu:

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

Untuk balok induk B2 direncanakan memiliki dimensi 300 x 500 mm. Dalam pelaksanaannya, dibagi menjadi 2 tahap, yaitu:

1. Tahap sebelum cor penuh, dengan dimensi balok pracetak 300 x 300 mm

2. Tahap setelah cor penuh, dengan dimensi balok sesuai perencanaan awal, yaitu 300 x 500 mm

Balok pracetak sebelum cor penuh

Balok 1

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)

Balok di modelkan menumpu pada kedua ujung bentang kolom, beban yang bekerja pada balok induk bentang 6 meter, beban yang bekerja pada balok induk:

1. Berat balok (berat sendiri)
 $q_{bi} = 2,4 \times 0,4 \times 0,6 = 0,576 \text{ t/m}$
2. Berat pelat pracetak dan berat di atasnya
 $Q_{pelat} = 0,9 \times 2,4 \times 0,12 \times 0,5 \times 5,45 = 0,777 \text{ t/m}$
 $q_d = 1,354 \text{ t/m}$

Momen maksimal yang terjadi pada balok induk saat pemasangan dengan bentang

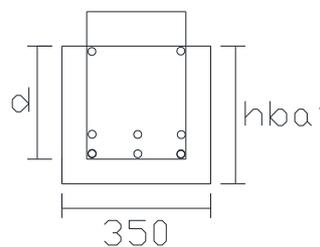
$$L = 6 \text{ m}$$

$$M_{max} = 1/8 \times q_d \times L^2$$

$$= 1/8 \times 1,354 \times 6^2$$

$$= 6,0912 \text{ tm}$$

$$M_u = 60912000 \text{ Nmm}$$



Gambar 5 Gambar balok B1 tampak samping sebelum cor penuh

Asumsi tulangan lentur balok induk

$$5D - 19 \text{ maka menggunakan } A_{stot} = 1430 \text{ mm}^2$$

$$T = C$$

$$A_s \times f_y = f'_c \times 0,5 \times b \times y$$

$$1430 \times 400 = 29,05 \times 0,5 \times 400 \times y$$

$$\text{Jadi nilai } y = 98,451 \text{ mm}$$

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

$$60912000 = 572000 \times (d - \frac{98,451}{2})$$

$$\text{maka didapat nilai } d_{min} = 155,714 \text{ mm}$$

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

cek tebal efektif balok induk:

$$d = 400 - \left(\frac{((3 \times 2,865) \times 69,5) + ((2 \times 2,865) \times 109,5)}{5 \times 2,865} \right) = 314,5$$

$$\text{mm} > d_{min} = 155,714 \text{ . . OK!}$$

Analisa dan desain penampang balok induk pracetak dengan dimensi 400 x 400 mm
 Asumsi tulangan lentur balok 5D-19 maka menggunakan Astot = 1430 mm²
 Tulangan tekan minimal 20% dari tulangan utama, didapatkan 2D-19, fungsi tulangan tekan atas ini untuk mengantisipasi terjadinya tarik pada serat atas.

Kapasitas momen penampang (Mn)

$$Mn = T \times (d - y/2)$$

$$572000 \times (314,5 - \frac{98,451}{2})$$

$$= 151737029 \text{ Nmm}$$

Mn > Mu . . . OK!

Cek lendutan (mm)

$$\delta = \frac{5xqdxL^4}{384xEI}$$

$$= \frac{5x13,54 \times 6000^4}{384x25332x\frac{1}{12}x400x400^3} = 4,226 \text{ mm}$$

$$\delta_{ijin} = L/240$$

$$= 6000/240$$

$$= 25,0 \text{ mm} > \delta \dots \text{OK!}$$

Analisa Tegangan Penampang

Dalam menganalisis balok pracetak ini menggunakan analisis elastis dengan kuat rencana yang ditentukan dari tegangan ijin bahan menurut SON, D. F., & HERMAN, H. (2008:6) yaitu :

$$f_{c_{ijin}} = 0,33 f'c \text{ dan } f_{s_{ijin}} = 0,58 f_y$$

Nilai tegangan ijin:

$$f_{c_{ijin}} = 0,33 * f'c = 0,33 * 29,05 = 9,587 \text{ MPa}$$

$$f_{s_{ijin}} = 0,58 * f_y = 0,58 * 400 = 232 \text{ MPa}$$

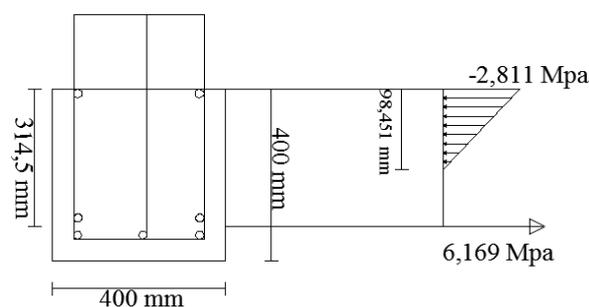
Balok induk sebelum cor penuh

$$\sigma = \pm Mu \times \frac{y}{I_{pracetak}}$$

$$\sigma_c = - \frac{60912000x98,451}{\frac{1}{12}x400x400^3} = -2,811 \text{ MPa} < f_{c_{ijin}} \dots \text{OK!}$$

$$\sigma_s = \frac{60912000(314,5 - 98,451)}{\frac{1}{12}x400x400^3} = 6,168 \text{ MPa} < f_{s_{ijin}} \dots$$

OK!



Gambar 6 Gambar diagram tegangan sebelum cor penuh

Balok 2

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)

Balok di modelkan menumpu pada kedua ujung bentang kolom, beban yang bekerja pada balok induk bentang 6 meter, beban yang bekerja pada balok induk:

1. Berat balok (berat sendiri)
 $q_{bi} = 2,4 \times 0,3 \times 0,5 = 0,36 \text{ t/m}$
2. Berat pelat pracetak dan berat di atasnya
 $Q_{pelat} = 0,9 \times 2,4 \times 0,12 \times 0,5 \times 6 = 0,777 \text{ t/m}$
 $q_d = 1,137 \text{ t/m}$

Momen maksimal yang terjadi pada balok induk saat pemasangan dengan bentang

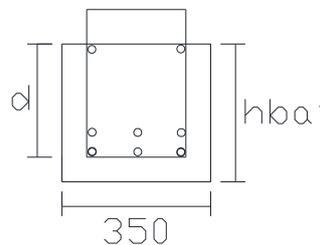
L = 6 m

$$M_{max} = 1/8 \times q_d \times L^2$$

$$= 1/8 \times 1,137 \times 6^2$$

$$= 5,199 \text{ tm}$$

$$Mu = 51990000 \text{ Nmm}$$



Gambar 7 Gambar balok B2 tampak samping sebelum cor penuh

Asumsi tulangan lentur balok induk

5D - 19 maka menggunakan Astot = 1430 mm²

T = C

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

$$1430 \times 400 = 29,05 \times 0,5 \times 300 \times y$$

Jadi nilai y = 131,286 mm

Mn = T x (d - y/2), untuk mendapatkan nilai d (tebal efektif minimum)

$$51990000 = 572000 \times (d - \frac{131,286}{2})$$

maka didapan nilai dmin = 155,714 mm

$$h_{ba}' = h_{ba} - h_{pelat} = 500 - (120+80) = 400 \text{ mm}$$

cek tebal efektif balok induk:

$$d = 300 - \frac{((3x2,865)x69,5) + ((2x2,865)x109,5)}{5x2,865} = 214,5$$

mm > dmin = 155,130. . OK!

Analisa dan desain penampang balok induk pracetak dengan dimensi 300 x 300 mm

Asumsi tulangan lentur balok 5D-19 maka menggunakan Astot = 1430 mm²

Tulangan tekan minimal 20% dari tulangan utama, didapatkan 2D-19, fungsi tulangan tekan atas ini untuk mengantisipasi terjadinya tarik pada serat atas.

Kapasitas momen penampang (Mn)

$$Mn = T \times (d - y/2)$$

$$572000 \times (214,5 - \frac{131,268}{2})$$

$$= 85151372,3 \text{ Nmm}$$

Mn > Mu . . . OK!

Cek lendutan (mm)

$$\delta = \frac{5xqdxL^4}{384xEI}$$

$$= \frac{5x11,376 \times 6000^4}{384x25332x\frac{1}{12}x300x300^3} = 11,226 \text{ mm}$$

$$\delta_{ijin} = L/240$$

$$= 6000/240$$

$$= 25,0 \text{ mm} > \delta \dots \text{OK!}$$

Analisa Tegangan Penampang

Dalam menganalisis balok pracetak ini menggunakan analisis elastis dengan kuat rencana yang ditentukan dari tegangan ijin bahan menurut SON, D. F., & HERMAN, H. (2008:6) yaitu :

$$f_{c_{ijin}} = 0,33 f'c \text{ dan } f_{s_{ijin}} = 0,58 f_y$$

Nilai tegangan ijin:

$$f_{c_{ijin}} = 0,33 * f'c = 0,33 * 29,05 = 9,587 \text{ MPa}$$

$$f_{s_{ijin}} = 0,58 * f_y = 0,58 * 400 = 232 \text{ MPa}$$

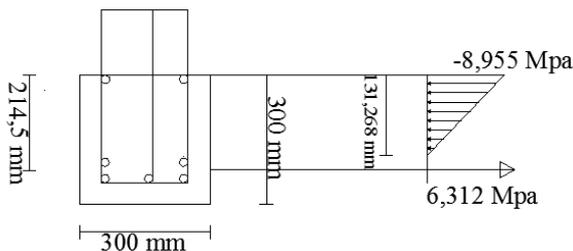
Balok induk sebelum cor penuh

$$\sigma = \pm Mu \times \frac{y}{I_{pracetak}}$$

$$\sigma_c = - \frac{51990000 \times 131,268}{\frac{1}{12} \times 300 \times 300^3} = -8,955 \text{ MPa} < f_{c_{ijin}} \dots \text{OK!}$$

$$\sigma_s = \frac{51990000 (214,5 - 131,268)}{\frac{1}{12} \times 300 \times 300^3} = 6,312 \text{ MPa} < f_{s_{ijin}} \dots$$

OK!



Gambar 8 Gambar diagram tegangan sebelum cor penuh

Balok pracetak setelah cor penuh

Balok 1

Menghitung tegangan pada tengah bentang Momen yang terjadi pada tengah bentang (momen lapangan)

$$Mu = 17274,93 \text{ kgm} = 172749300 \text{ Nmm}$$

$$I_{comp} = \frac{1}{12} \times 400 \times 600^3 = 7200000000 \text{ mm}^4$$

Menghitung nilai y dengan nilai b = 400 mm, $A_s = 1430 \text{ mm}^2$, $d = 514,5 \text{ mm}$

$$T = Cc$$

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f'c \times 0,5 \times b \times y$$

$$1430 \times 400 = 0,85 \times 29,05 \times 0,5 \times 400 \times y$$

$$\text{Jadi nilai } y = 57,912 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

Menghitung tegangan pada penampang setelah cor penuh (tengah bentang)

$$\sigma = \pm Mu \times \frac{y}{I_{comp}}$$

$$\sigma_c' = - \frac{172749300 \times 57,912}{7200000000} = -1,389 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s' = \frac{172749300 \times (514,5 - 57,912)}{7200000000} = 10,955 \text{ MPa}$$

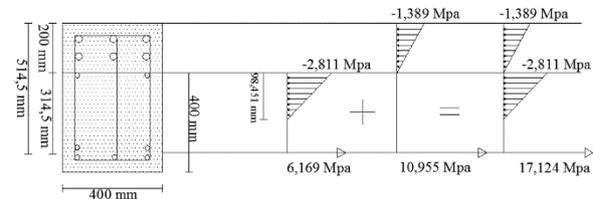
Resultan Tegangan

$$f_{top} = -1,389 \text{ MPa} < f_{c_{ijin}} \dots \text{OK!}$$

$$f_A = \sigma_c = -2,811 \text{ MPa} < f_{c_{ijin}} \dots \text{OK!}$$

$$f_s = \sigma_s + \sigma_s' = 6,169 + 10,955 = 16,966 \text{ MPa} < f_{s_{ijin}} \dots$$

.OK!



Gambar 9 Gambar diagram tegangan setelah cor penuh (tengah bentang)

Menghitung tegangan pada ujung bentang Momen yang terjadi pada ujung bentang (momen tumpuan)

$$Mu = 46067,86 \text{ kgm} = 460678600 \text{ Nmm}$$

$$I_{comp} = \frac{1}{12} \times 400 \times 600^3 = 7200000000 \text{ mm}^4$$

Menghitung nilai y dengan nilai b = 400 mm, $A_s = 3850 \text{ mm}^2$, $d = 514,5 \text{ mm}$

$$T = Cc$$

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f'c \times 0,5 \times b \times y$$

$$3850 \times 400 = 0,85 \times 29,05 \times 0,5 \times 400 \times y$$

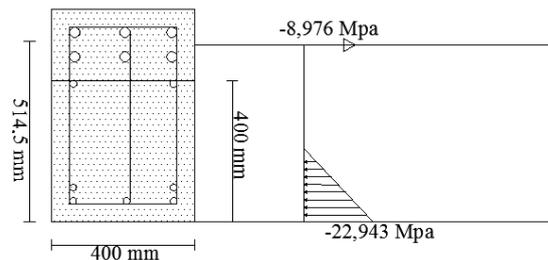
$$\text{Jadi nilai } y = 155,918 \text{ mm}$$

Menghitung tegangan pada penampang setelah cor penuh (ujung bentang)

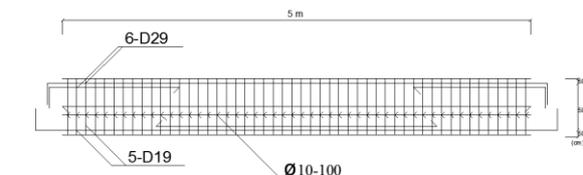
$$\sigma = \pm Mu \times \frac{y}{I_{comp}}$$

$$\sigma_c = - \frac{460678600 \times 155,918}{7200000000} = -8,976 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \frac{460678600 \times (514,5 - 155,918)}{7200000000} = 22,943 \text{ MPa}$$



Gambar 10 Gambar diagram tegangan setelah cor penuh (ujung bentang)



Gambar 11 Gambar detail balok B1

Balok 2

Menghitung tegangan pada tengah bentang Momen yang terjadi pada tengah bentang (momen lapangan)

$$Mu = 12811,01 \text{ kgm} = 128110100 \text{ Nmm}$$

$$I_{comp} = \frac{1}{12} \times 300 \times 500^3 = 3125000000 \text{ mm}^4$$

Menghitung nilai y dengan nilai b = 300 mm, As = 3040 mm², d = 414,5 mm

$$T = Cc$$

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

$$3040 \times 400 = 0,85 \times 29,05 \times 0,5 \times 300 \times y$$

$$\text{Jadi nilai } y = 77,126 \text{ mm} > 200 \text{ mm}$$

Menghitung tegangan pada penampang setelah cor penuh (tengah bentang)

$$\sigma = \pm \mu \times \frac{y}{I_{comp}}$$

$$\sigma_c' = - \frac{172749300 \times 57,912}{7200000000} = -1,389 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s' = \frac{172749300 \times (514,5 - 57,912)}{7200000000} = 10,955 \text{ MPa}$$

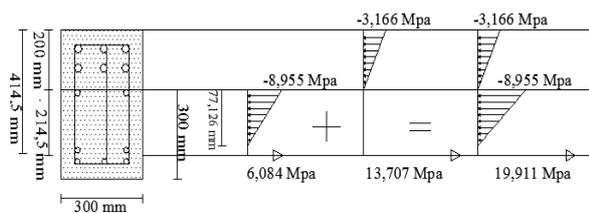
Resultan Tegangan

$$f_{top} = -3,166 \text{ MPa} < f_{cijin} \dots \text{OK!}$$

$$f_A = \sigma_c = -8,955 \text{ MPa} < f_{cijin} \dots \text{OK!}$$

$$f_s = \sigma_s + \sigma_s' = 6,084 + 13,827 = 19,911 \text{ MPa} < f_{sijin} \dots$$

OK!



Gambar 12 Gambar diagram tegangan setelah cor penuh (tengah bentang)

Menghitung tegangan pada ujung bentang Momen yang terjadi pada ujung bentang (momen tumpuan)

$$\mu = 335005800 \text{ kgm} = 335005800 \text{ Nmm}$$

$$I_{comp} = \frac{1}{12} \times 300 \times 500^3 = 3125000000 \text{ mm}^4$$

$$\text{Menghitung nilai } y \text{ dengan nilai } b = 300 \text{ mm, } A_s = 3040 \text{ mm}^2, d = 414,5 \text{ mm}$$

$$T = Cc$$

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

$$3040 \times 400 = 0,85 \times 29,05 \times 0,5 \times 300 \times y$$

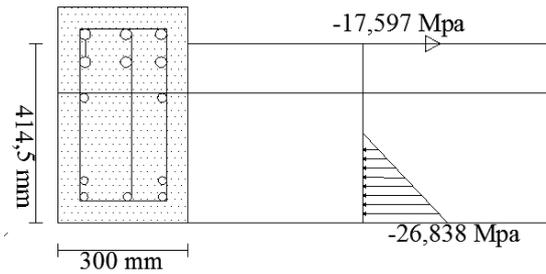
$$\text{Jadi nilai } y = 155,918 \text{ mm}$$

Menghitung tegangan pada penampang setelah cor penuh (ujung bentang)

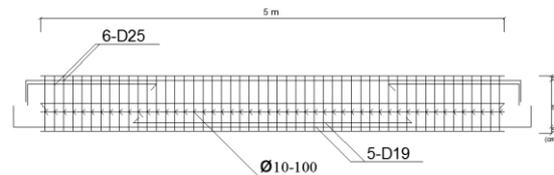
$$\sigma = \pm \mu \times \frac{y}{I_{comp}}$$

$$\sigma_c = - \frac{335005800 \times 119,674}{3125000000} = -17,597 \text{ MPa}$$

$$\sigma_s = \frac{335005800 \times (414,5 - 119,674)}{3125000000} = 26,838 \text{ Mpa}$$



Gambar 13 Gambar diagram tegangan setelah cor penuh (ujung bentang)

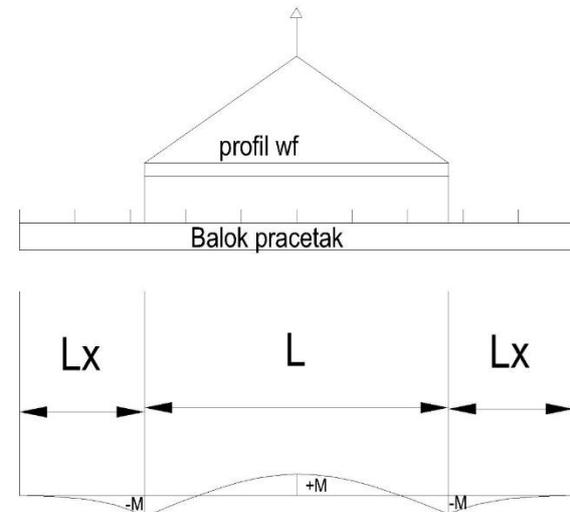


Gambar 14 Gambar detail balok B2

Analisa Balok Pracetak Saat Pengangkatan

Balok 1

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



Gambar 15 Model struktur balok pracetak pada saat pengangkatan

Analisa Balok Pracetak Saat Pengangkatan Balok Induk Dimensi (40/40) L= 6 m

Dimana :

$$q_d = 1,4 \times 2,4 \times 0,40 \times 0,40 = 0,5376 \text{ ton/m}$$

$$q_d = 5,367 \text{ kN/m}$$

Digunakan tulangan ekstra pada titik pengangkatan untuk menahan momen negatif yang terjadi adalah 2D-19

$$A_s = 1430 \text{ mm}^2$$

$$d = 511,5 - 50 - 0,5 \times 19 = 452 \text{ mm}$$

Kapasitas momen negatif penampang pada titik angkat akibat gaya angkat :

$$T = C$$

$$As \times fy = 0,85 \times f'c \times a \times b$$

$$1430 \times 400 = 0,85 \times 29,05 \times 400 \times a$$

$$a = \frac{572000}{9877} = 57,912$$

$$Mn = T \times (d-a/2)$$

$$Mn = 572000 \times (452-57,912/2) = 241981168 \text{ Nmm}$$

$$Mn = 241,981 \text{ kNm}$$

Kapasitas momen negatif terfaktor ($\phi = 0,8$)

$$Mu = 0,8 \times 241,981 = 193,585 \text{ kNm}$$

Letak titik angkat (x)

$Mu = Mx$, dimana : $Mx =$ Momen pada titik angkat

$$Mx = 0,5 \times q \times d^2$$

$$193,585 = 0,5 \times 5,367 \times x^2$$

$$x^2 = 72,129$$

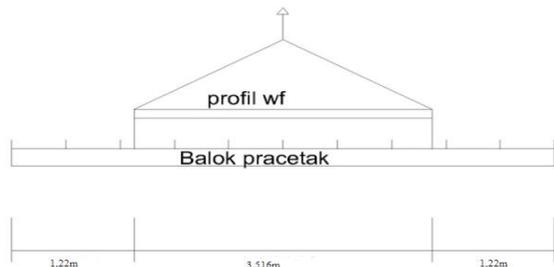
$$x = 8,493 \text{ m}$$

karena balok yang ditinjau hanya memiliki bentang 6 m, maka dicoba 1,242 m

$$M1 = 0,5 \times 5,367 \times 1,242^2 = 4,139 \text{ kNm}$$

Syarat : $M1 \leq \phi Mn$, dimana $\phi = 0,8$
 $4,139 \text{ kNm} \leq 193,585 \text{ kNm} \dots \text{ok!}$

jadi letak titik angkat Balok B1 dengan bentang 6 meter adalah $x = 1,242 \text{ m}$



Gambar 16 Jarak tulanngan angkat

Kapasitas momen positif atau momen lapangan balok B1

Digunakan tulanngan lentur balok pracetak 6-D29 dengan $As = 3850 \text{ mm}^2$

$$d = 400 - 50 - 10 - (1,5 \times 29) = 296 \text{ mm}$$

$$T = C$$

$$As \times fy = 0,85 \times f'c \times a \times b$$

$$3850 \times 400 = 0,85 \times 29,05 \times 400 \times a$$

$$a = \frac{1540000}{9877} = 155,918 \text{ mm}$$

$$Mn = T \times (d-a/2)$$

$$Mn = 2540000 \times (296-155,918/2) = 335783140 \text{ Nmm}$$

$$Mn = 335,783 \text{ kNm}$$

$$\phi Mn = 0,8 \times 335,783 \text{ kNm} = 268,626 \text{ kNm}$$

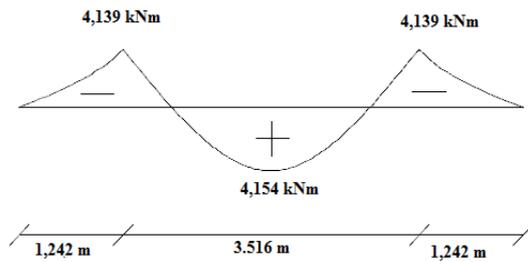
$$M2 = 1/8 \times qd \cdot (L-2x)^2 - 0,5 \times qd \times x^2$$

Momen maksimal pada tengah bentang
 Dimana, $L_{bi} = 6 \text{ m}$, dan $x = 1,242 \text{ m}$

$$M2 = 1/8 \times 5,367 \times (6-2 \times 1,242)^2 - 0,5 \times 5,367 \times 1,242^2$$

$$M2 = 4,154 \text{ kNm}$$

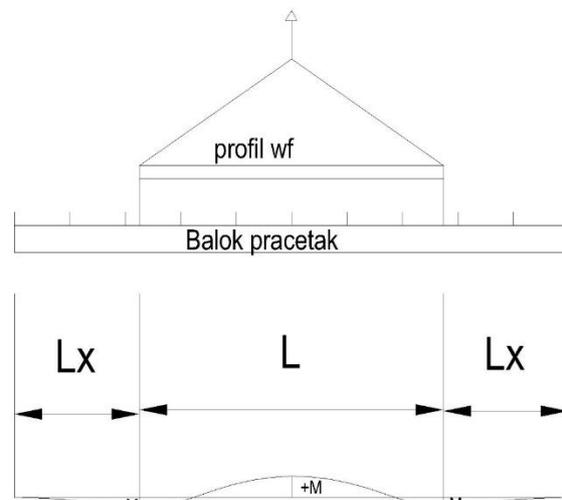
Syarat : $M2 \leq \phi Mn$, dimana $\phi = 0,8$
 $4,154 \text{ kNm} \leq 268,626 \text{ kNm} \dots \text{ok!}$



Gambar 17 Bidang Momen Balok Pracetak

Balok 2

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



Gambar 15 Model struktur balok pracetak pada saat pengangkatan

Analisa Balok Pracetak Saat Pengangkatan Balok Induk Dimensi (40/40) $L = 6 \text{ m}$

Dimana :

$$qd = 1,4 \times 2,4 \times 0,30 \times 0,30 = 0,3024 \text{ ton/m}$$

$$qd = 3,024 \text{ kN/m}$$

Digunakan tulanngan ekstra pada titik pengangkatan untuk menahan momen negatif yang terjadi adalah 2D-19

$$As = 1430 \text{ mm}^2$$

$$d = 411,5 - 50 - 0,5 \times 19 = 352 \text{ mm}$$

Kapasitas momen negatif penampang pada titik angkat akibat gaya angkat :

$$T = C$$

$$As \times fy = 0,85 \times f'c \times a \times b$$

$$1430 \times 400 = 0,85 \times 29,05 \times 300 \times a$$

$$a = \frac{572000}{7407,75} = 77,216$$

$$Mn = T \times (d-a/2)$$

$$Mn = 572000 \times (352-77,216/2) = 179260224 \text{ Nmm}$$

$$Mn = 179,260 \text{ kNm}$$

Kapasitas momen negatif terfaktor ($\phi = 0,8$)

$$M_u = 0,8 \times 179,260 = 143,408 \text{ kNm}$$

Letak titik angkat (x)

$M_u = M_x$, dimana : $M_x =$ Momen pada titik angkat

$$M_x = 0,5 \times q \times x^2$$

$$147,825 = 0,5 \times 3,024 \times x^2$$

$$x^2 = 97,767$$

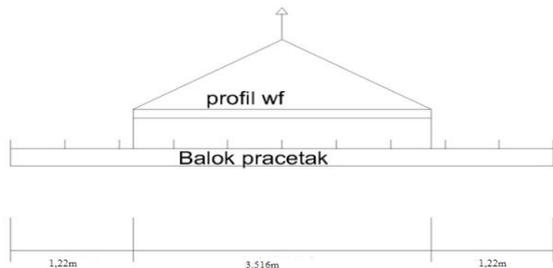
$$x = 9,888 \text{ m}$$

karena balok yang ditinjau hanya memiliki bentang 6 m, maka dicoba 1,242 m

$$M_1 = 0,5 \times 3,024 \times 1,242^2 = 2,332 \text{ kNm}$$

Syarat : $M_1 \leq \phi M_n$, dimana $\phi = 0,8$
 $2,332 \text{ kNm} \leq 143,408 \text{ kNm} \dots \text{ok!}$

jadi letak titik angkat Balok B1 dengan bentang 6 meter adalah $x = 1,242 \text{ m}$



Gambar 16 Jarak tulangan angkat

Kapasitas momen positif atau momen lapangan balok B2

Digunakan tulangan lentur balok pracetak 6-D25 dengan $A_s = 3040 \text{ mm}^2$

$$d = 400 - 50 - 10 - (1,5 \times 25) = 202,5 \text{ mm}$$

$$T = C$$

$$A_s \times f_y = 0,85 \times f'_c \times a \times b$$

$$3850 \times 400 = 0,85 \times 29,05 \times 300 \times a$$

$$a = \frac{1216000}{7407,75} = 164,152 \text{ mm}$$

$$M_n = T \times (d - a/2)$$

$$M_n = 2540000 \times (202,5 - 164,152/2) = 146435336 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 146,435 \text{ kNm}$$

$$\phi M_n = 0,8 \times 146,435 \text{ kNm} = 117,148 \text{ kNm}$$

$$M_2 = 1/8 \times q_d \cdot (L - 2x)^2 - 0,5 \times q_d \times x^2$$

Momen maksimal pada tengah bentang

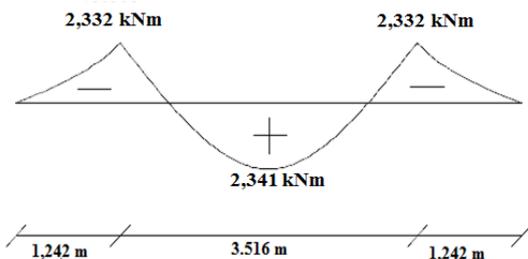
Dimana, $L_{bi} = 6 \text{ m}$, dan $x = 1,242 \text{ m}$

$$M_2 = 1/8 \times 3,024 \times (6 - 2 \times 1,242)^2 - 0,5 \times 3,024 \times 1,242^2$$

$$M_2 = 2,341 \text{ kNm}$$

Syarat : $M_2 \leq \phi M_n$, dimana $\phi = 0,8$

$$2,341 \text{ kNm} \leq 146,435 \text{ kNm} \dots \text{ok!}$$



Gambar 17 Bidang Momen Balok Pracetak

Perencanaan Sambungan Beton Pracetak

Sambungan dalam perencanaan elemen pracetak selain sebagai penghubung antar elemen pracetak juga berfungsi sebagai penyalur gaya-gaya yang bekerja dari elemen struktur satu dengan lain yang nantinya akan diteruskan ke pondasi.

Desain sambungan yang dipakai dalam perancangan ini adalah sambungan basah, seperti cor di tempat maupun dengan cara grouting sudah banyak diterapkan atau dipergunakan sebagai salah satu pemecahan masalah dalam mendesain konstruksi pracetak.

Menggunakan balok ukuran $400 \times 600 \text{ mm}$ dengan tulang D-19

f_y (tegangan leleh baja)	= 400 MPa
f'_c (kuat tekan beton)	= 29,05 MPa
α (faktor lokasi penulangan)	= 1
β (faktor pelapis)	= 1
γ (faktor ukuran batang tulangan)	= 1
λ (faktor berat beton)	= 1
db (diameter tulangan balok)	= 19 mm
faktor selimut beton	= 0,7
faktor sengkang	= 0,8

- Menentukan L_d (tulangan kondisi tarik) SNI 2837-2013

$$L_d = \frac{f_y \times \alpha \times \beta \times \lambda \times db}{1,7 \times \sqrt{f'_c}} = \frac{400 \times 1 \times 1 \times 1 \times 19}{1,7 \times \sqrt{29,05}}$$

$$= 829,453 \text{ mm} > 300 \text{ mm}$$

- Menentukan L_{db} (tulangan kondisi tekan)

$$L_{db} = (0,24 \cdot f_y / \lambda \times \sqrt{f'_c}) \cdot db$$

$$= (0,24 \cdot 400 / 1 \times \sqrt{29,05}) \cdot 19$$

$$= 338,417 \text{ mm}$$

$$L_{db} = (0,043 \cdot f_y) \cdot db = (0,043 \times 400) \times 19$$

$$= 326,8 \text{ mm}$$

maka dipilih nilai terbesar yaitu $L_{db} = 338,417 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$

- Menentukan L_{dh} (tulangan berkait dalam kondisi tarik)

$$L_{dh} = (0,24 \times \beta \times f_y / \lambda \times \sqrt{f'_c}) \times db$$

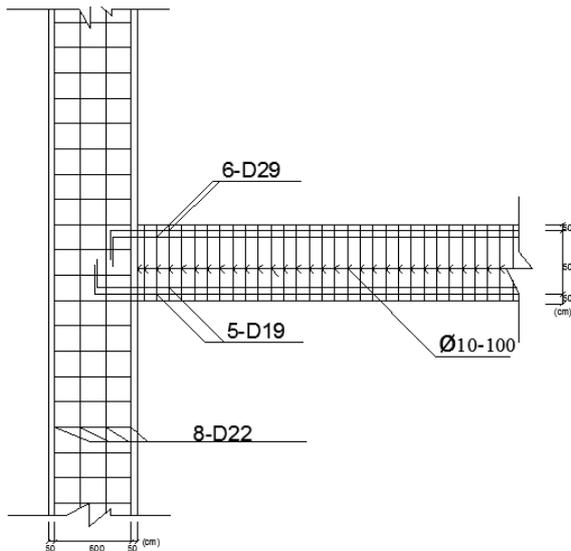
$$= (0,24 \times 1 \times 400 / 1 \times \sqrt{29,05}) \times 19$$

$$= 338,417 \text{ mm}$$

L_{dh} harus dikalikan dengan faktor selimut beton dan faktor sengkang

$$L_{dh} = 338,417 \times 0,7 \times 0,8 = 189,513 \text{ mm}$$

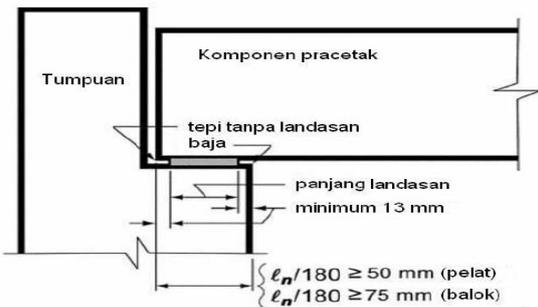
$L_{dh} > 150 \text{ mm}$, maka menggunakan L_{dh} sebesar 189,513 mm



Gambar 18 Gambar detail sambungan

Perencanaan Tumpuan

Tumpuan pada sambungan balok-kolom sebelum cor penuh berdasarkan SNI 7833-2012 terjadi seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 19 Gambar tumpuan balok-kolom sebelum cor penuh

$L_n/180 = 6000/180 = 33,333$ mm maka digunakan total panjang landasan untuk balok sebesar 75 mm

Analisa Hubungan untuk Balok-Kolom tengah

Jumlah tulangan yang mengalami tekan (-), 6-D19 (1720 mm²)

$$Ag = As = 1720 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{Ag \times 1,25 \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{1720 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 29,05 \times 400} = 87,071 \text{ mm}$$

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

$$= 1720 \times 400 \times (550 - 87,071/2)$$

$$= 348447576 \text{ Nmm}$$

$$= 348,447 \text{ kNm}$$

Jumlah tulangan yang mengalami tarik (+), 6-D29 (3850 mm²)

$$Ag = As = 3850 \text{ mm}^2$$

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

$$= \frac{3850 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 29,05 \times 400} = 194,897 \text{ mm}$$

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

$$= 3850 \times 400 \times (550 - 194,897/2)$$

$$= 696929310 \text{ Nmm}$$

$$= 696,929 \text{ kNm}$$

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

$$= (348,447 + 696,929)/2$$

$$= 522,668 \text{ kNm}$$

$Mu (522,668 \text{ kNm}) < Mn \text{ max } (696,929 \text{ kNm})$. . . OK!

$$Vh = \frac{2 \times Mu}{L/2} = \frac{2 \times 522,668}{4/2} = 522,668 \text{ kN}$$

$$T1 (8-D22) = As \times 1,25 \times fy$$

$$= 3100 \times 1,25 \times 400$$

$$= 1550000 \text{ N}$$

$$= 1550 \text{ kN}$$

$$T2 (8-D22) = As \times 1,25 \times fy$$

$$= 3100 \times 1,25 \times 400$$

$$= 1550000 \text{ N}$$

$$= 1550 \text{ kN}$$

Gaya geser yang terjadi

$$V = T1 + T2 - Vh$$

$$= 1550 + 1550 - 522,668$$

$$= 2577,332 \text{ kN}$$

Kuat geser nominal

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

$$= 0,75 \times 1,7 \times (700 \times 700) \times \sqrt{29,05}$$

$$= 3367281 \text{ N}$$

$$= 3367,281 \text{ kN}$$

$\phi Vc (3367,281 \text{ kN}) > V (2577,332 \text{ kN})$. . . OK! (Sambungan Aman)

Analisa Hubungan untuk Balok-Kolom Tepi

Jumlah tulangan yang mengalami Tarik untuk momen negative adalah 6-D29 (3850 mm²)

$$Ag = As = 3850 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{Ag \times 1,25 \times fy}{0,85 \times f'c \times b} = \frac{3850 \times 1,25 \times 400}{0,85 \times 29,05 \times 400} = 194,897 \text{ mm}$$

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

$$= 3850 \times 400 \times (550 - 194,897/2)$$

$$= 696929310 \text{ Nmm}$$

$$= 696,929 \text{ kNm}$$

$$Mu = Mn^- / 2$$

$$= 696,929/2$$

$$= 348,465 \text{ kNm}$$

$Mu < Mn$. . . OK!

$$Vh = \frac{2 \times Mu}{L/2} = \frac{2 \times 696,929}{4/2} = 696,929 \text{ kN}$$

$$T1 (6-D29) = As \times 1,25 \times fy$$

$$= 3850 \times 1,25 \times 400$$

$$= 1925000 \text{ N}$$

$$= 1925 \text{ kN}$$

Gaya geser yang terjadi

$$V = T1/2 - Vh$$

$$= 1925/2 - 696,929 = 265,571 \text{ kN}$$

Kuat geser nominal

$$\begin{aligned}\phi V_c &= 0,75 \times 1,2 \times A_j \times \sqrt{f'_c} \\ &= 0,75 \times 1,2 \times (450 \times 700) \times \sqrt{29,05} \\ &= 1528009,772 \text{ N} \\ &= 15280,098 \text{ kN}\end{aligned}$$

ϕV_c (15280,098 kN) > V (265,571 kN) . . . OK!
(Sambungan Aman)

Kesimpulan

Dalam analisis perencanaan Gedung Kuliah Fakultas Teknik Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya ini menggunakan software program bantu SAP 2000 v15 di dapatkan tulangan pada balok sebesar D-19 untuk balok, untuk kolom 1 sebesar D-22, dan untuk kolom 2 sebesar D-25 serta menerapkan pemodelan strong column weak beam maka didapat hasil sebagai berikut:

1. Hasil dari analisis pengangkatan balok pracetak sebelum cor penuh dengan beban yang dipikul oleh balok adalah beban sendiri balok saat pengangkatan menunjukkan bahwa, balok induk pracetak yang berukuran 40/60 cm dengan tulangan lentur yang mengalami tarik sebesar 5-D19, dan tulangan tambahan longitudinal(sementara) pada daerah tekan sebesar 2-D19, serta sengkang yang digunakan dengan diameter 10 mm menghasilkan momen nominal sebesar 15,173 tm dan momen ultimate yang terjadi sebesar 6,091 tm. Untuk balok pracetak setelah cor penuh menggunakan tulangan lentur pada daerah tekan sebesar 6-D29.
2. Hasil dari analisis pengangkatan balok pracetak sebelum cor penuh dengan beban yang dipikul oleh balok adalah beban sendiri balok saat pengangkatan menunjukkan bahwa, balok induk pracetak yang berukuran 30/50 cm dengan tulangan lentur yang mengalami tarik sebesar 5-D19, dan tulangan tambahan longitudinal(sementara) pada daerah tekan sebesar 2-D19, serta sengkang yang digunakan dengan diameter 10 mm menghasilkan momen nominal sebesar 8,515 tm dan momen ultimate yang terjadi sebesar 5,199 tm. Untuk balok pracetak setelah cor penuh menggunakan tulangan lentur pada daerah tekan sebesar 6-D25.
3. Hasil dari analisis sambungan balok-kolom setelah terjadi cor penuh dengan beban yang bekerja di atasnya seperti beban hidup, plat dan atap, baik di tengah dan di tepi struktur, aman terhadap lentur dan geser. Hal ini terbukti dengan analisis kapasitas momen pada balok kolom di tengah struktur sebesar 696,929 kNm lebih besar dari momen ultimate yang terjadi sebesar 522,668 kNm, dan untuk kapasitas geser yang tersedia sebesar 3367,281 kN sedangkan geser ultimate yang terjadi hanya sebesar 2577,332

kN. Pada balok kolom di tepi struktur kapasitas momen sebesar 696,929 kNm lebih besar dari momen ultimate yang terjadi sebesar 348,465 kNm, dan untuk kapasitas geser yang tersedia sebesar 15280,098 kN sedangkan geser ultimate yang terjadi hanya sebesar 265,571 kN. Sehingga struktur dapat dikatakan aman.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 1726:2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. *Standar Nasional Indonesia 03-2847-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Bandung: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2013. *SNI-1727-2013 Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2009. *Standar Nasional Indonesia 03-1727-2013 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *SNI 7833:2012 Tata Cara Perancangan Beton Pracetak dan Beton Prategang untuk Gedung*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- 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.
- Wiranata, dkk. 2014. *Studi Analisis Sambungan Balok-Kolom Dengan Sistem Pracetak Pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang*. Skripsi tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya
- 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).