

Studi Analisis Sambungan Balok-Kolom dengan Sistem Pracetak pada Gedung Kampus Fakultas Ilmu Budaya Universitas Brawijaya

Lazuardi Prihatmojo, M. Taufik Hidayat, Siti Nurlina
Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
Jalan MT. Haryono 167, Malang 65145, Indonesia
E-mail: lazuardiprihatmojo@gmail.com

ABSTRAK

Pembangunan tiada henti-hentinya untuk terus dikembangkan. Akan tetapi dengan Banyaknya gedung – gedung yang dibangun membuat lahan yang tersedia semakin lama semakin sempit. Oleh karena itu, banyak daerah yang 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 03-2847-2002 dan SNI 03-1726-2002 sehingga acuan kedua peraturan tersebut akan didapatkan struktur yang tahan gempa, efektif, dan efisien. Dalam studi ini merupakan analisis gedung Kuliah Fakultas Ilmu Budaya Universitas Brawijaya Malang dengan zona gempa 4 yang di rencanakan kembali dengan menggunakan metode pracetak. Dari hasil studi didapatkan bahwa dimensi balok induk berukuran 40 cm x 60 cm dengan tulangan lentur digunakan D22 dan tulangan geser \emptyset 10 harus memenuhi syarat aman terhadap kapasitas momen yang ada. Untuk struktur kolom lantai 1 hingga lantai 7 berukuran 80cm x 100 cm dengan menggunakan tulangan lentur D25 dan tulangan geser \emptyset 10 harus bisa menahan berat beban yang ada di atasnya.

kata kunci : Pracetak, sambungan, balok-kolom

Pendahuluan

Berkembangnya pembangunan maka semakin berkembang juga metode metode alternatif seperti sistem beton pracetak. Beton pracetak ini sangat efektif digunakan ketika pembangunan tidak memiliki lahan untuk menampung material. Dalam segi waktu beton pracetak juga lebih efisien dibandingkan dengan beton konvensional.

Metode Penelitian

Gedung Kampus Fakultas Ilmu Budaya Universitas Brawijaya Malang merupakan sebuah gedung yang digunakan untuk perkuliahan dengan tinggi 7 lantai. Menggunakan metode pracetak. Langkah-langkah perencanaan meliputi:

1. Analisis Pembebanan
2. Analisis Statika
3. Desain Penampang
4. Desain Sambungan
5. Gambar Detail

Hasil dan Pembahasan

1. Analisis beban gempa

Pada perhitungan beban gempa pada Gedung Kampus Fakultas Ilmu Budaya Universitas Brawijaya Malang, perhitungan gempa menggunakan metode spektrum repons desain dengan menggunakan program: [http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain spektra indonesia 2011/](http://puskim.pu.go.id/Aplikasi/desain_spektra_indonesia_2011/). Dengan cara memasukkan kordinat tempat yang akan ditinjau.

- Didapat $S_s = 0,777$ dan $S_1 = 0,328$
- Dilakukan interpolasi didapat nilai $F_a = 1,089$ dan $F_v = 1,472$
- Mencari parameter spektrum respons percepatan pada periode pendek (S_{ms}) dan periode 1 detik (S_{m1}).
 $S_{ms} = F_a \cdot S_s = 1,089 \cdot 0,777 = 0,846$
 $S_{m1} = F_v \cdot S_1 = 1,472 \cdot 0,328 = 0,483$
- Menghitung parameter percepatan spektrum desain untuk periode pendek (S_{ds}) dan periode 1 detik (S_{d1}).
 $S_{ds} = 2/3 \cdot S_{ms} = 2/3 \cdot 0,846 = 0,564$

$$Sd1 = \frac{2}{3} \cdot Sm1 = \frac{2}{3} \cdot 0,483 = 0,322$$

- Membuat spektrum respon desain

1. Untuk membuat periode yang lebih kecil dari T_0 , nilai S_a menggunakan persamaan berikut :

$$S_a = S_{ds} (0,4 + 0,6 \cdot T/T_0) = 0,564 (0,4 + 0,6 (0,8/0,114)) = 2,6$$

2. Untuk periode lebih besar dari atau sama dengan T_0 dan lebih kecil dari atau sama dengan T_s , spektrum repons percepatan desain S_a sama dengan S_{ds}

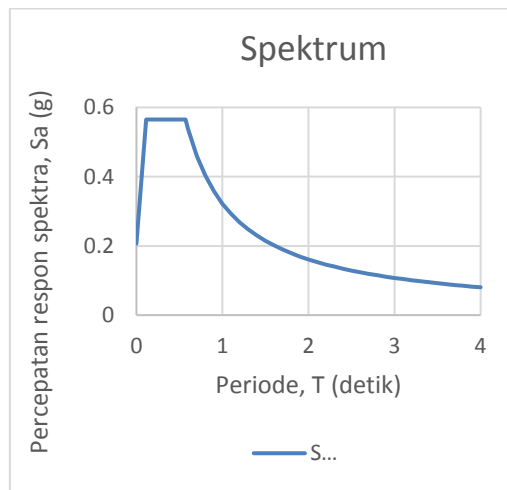
3. Untuk periode lebih besar dari T_s , spektrum respons percepatan desain S_a diambil menggunakan persamaan :

$$S_a = S_{d1}/T = 0,322/0,8 = 0,4025$$

$$T_s = S_{d1}/S_{ds} = 0,322/0,564 = 0,571$$

$$T_0 = 0,2 S_{d1}/S_{ds} = 0,2$$

$$0,322/0,564 = 0,114$$



Gambar 1 respon spektrum desain

2. Kombinasi pembebanan

- 1,4 D
- 1,2 D + 1,6 L + 0,5(L_r atau R)
- 1,2 D + 1,6 (L_r atau R) + (L atau 0,5W)
- 1,2 D + 1,0 W + 1,0 L + 0,5(L_r atau R)
- 1,2 D + 1,0 E1 + 1,0 L
- 1,2 D + 1,0 E2 + 1,0 L
- 0,9 D + 1,0 W
- 0,9 D + 1,0 E1
- 0,9 D + 1,0 E2

3. Perencanaan balok

Setelah dilakukan perhitungan menggunakan program aplikasi SAP2000 v15, maka diperoleh gaya-gaya dalam. Pada perencanaan balok ini, digunakan momen dan gaya lintang.

a. Analisis balok sebelum komposit (pracetak)

Mmaks yang terjadi pada balok induk saat pemasangan dengan bentang $L = 5,4$ m

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

$$= 1/8 \cdot 2,275 \cdot 5,4^2$$

$$= 8,2923 \text{ tm}$$

$$M_u = 82.923.000 \text{ Nmm}$$

- Diasumsikan tulangan lentur menggunakan 4D-22 dengan $A_s = 1520 \text{ mm}^2$

$$T = C$$

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

$$1520 \cdot 400 = 25 \cdot 0,5 \cdot 400 \cdot y$$

$$\text{Jadi nilai } y = 121,6 \text{ mm}$$

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

$$82.923.000 = 608.000 \cdot (d - \frac{121,6}{3})$$

maka didapan nilai $d_{min} = 176,9$ mm

$$h_{ba}' = h_{ba} - h_{pelat}$$

$$= 600 - (120 + 80)$$

$$= 400 \text{ mm}$$

Cek tebal efektif balok induk:

$$d = 400 - 40 - 10 - 0,5 \cdot 25$$

$$= 337,5 \text{ mm} > d_{min} \dots \text{OK!}$$

- Kapasitas momen penampang (M_n)

$$M_n = T \cdot (d - y/3)$$

$$= 608.000 \cdot (337,5 - \frac{121,6}{3})$$

$$= 180.555.733 \text{ Nmm,}$$

$$M_n > M_u \dots \text{OK!}$$

- Analisa Tegangan Penampang

Nilai tegangan ijin:

$$f_{cijin} = 0,33 \cdot f'_c$$

$$= 0,33 \cdot 25$$

$$= 8,25 \text{ MPa}$$

$$f_{sijin} = 0,58 \cdot f_y$$

$$= 0,58 \cdot 400$$

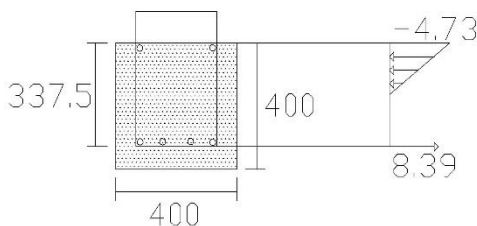
$$= 232 \text{ Mpa}$$

- Tegangan balok induk pracetak

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

$$\sigma_c = - \frac{82.923.000 * 121,6}{\frac{1}{12} * 400 * 400^3} = -4,73 \text{ Mpa} < f_{cijin} \dots \text{OK!}$$

$$\sigma_s = \frac{82.923.000 * (337,5 - 121,6)}{\frac{1}{12} * 400 * 400^3} = 8,39 \text{ Mpa} < f_{sijin} \dots \text{OK!}$$



Gambar 2 tegangan sebelum komposit

- b. Analisis balok setelah komposit

Momen yang terjadi pada tengah bentang

$$Mu = 16.788.744 \text{ Nmm}$$

$$I_{comp} = \frac{1}{12} * 400 * 600^3 = 7.200.000.000 \text{ mm}^4$$

Menghitung nilai y dengan nilai b = 400 mm, $A_s = 1520 \text{ mm}^2$, $d = 537,5 \text{ mm}$

$$T = C_c$$

$$A_s * f_y = 0,85 * f'_c * 0,5 * b * y$$

$$1520 * 400 = 0,85 * 25 * 0,5 * 400 * y$$

Jadi nilai y = 143,06 mm

- Menghitung tegangan pada penampang komposit (tengah bentang)

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

$$\sigma_c' = - \frac{16.788.744 * 143,06}{7.200.000.000} = -0,33 \text{ Mpa}$$

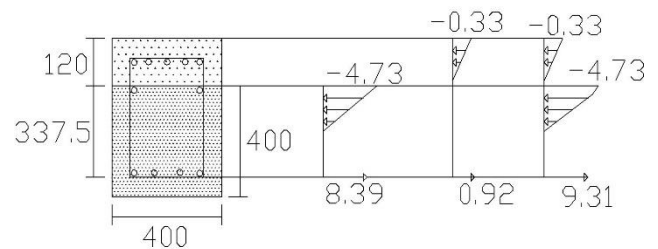
$$\sigma_s' = \frac{16.788.744 * (537,5 - 143,06)}{7.200.000.000} = 0,92 \text{ Mpa}$$

- Resultan Tegangan

$$f_{top} = -0,33 \text{ MPa} < f_{cijin} \dots \text{OK!}$$

$$f_A = \sigma_c = -4,73 \text{ MPa} < f_{cijin} \dots \text{OK!}$$

$$f_s = \sigma_s + \sigma_s' = 8,39 + 0,92 = 9,31 \text{ MPa} < f_{sijin} \dots \text{OK!}$$



Gambar 3 tegangan setelah komposit (tengah bentang)

- c. Analisis balok setelah komposit

Momen yang terjadi pada ujung bentang

$$Mu = 99.658.855 \text{ Nmm}$$

$$I_{comp} = \frac{1}{12} * 400 * 600^3 = 7.200.000.000 \text{ mm}^4$$

Menghitung nilai y dengan nilai b = 400 mm, $A_s = 1520 \text{ mm}^2$, $d = 537,5 \text{ mm}$

$$T = C_c$$

$$A_s * f_y = 0,85 * f'_c * 0,5 * b * y$$

$$1520 * 400 = 0,85 * 25 * 0,5 * 400 * y$$

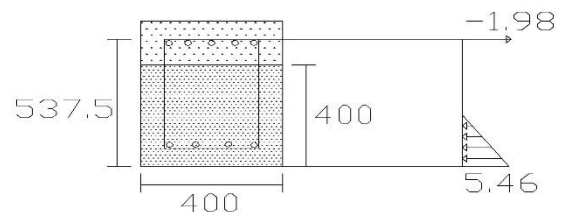
Jadi nilai y = 143,06 mm

- Menghitung tegangan pada penampang komposit (ujung bentang)

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

$$\sigma_c = - \frac{99.658.855 * 143,06}{7.200.000.000} = -1,98 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_s = \frac{99.658.855 * (537,5 - 143,06)}{7.200.000.000} = 5,46 \text{ Mpa}$$



Gambar 4 tegangan setelah komposit (ujung bentang)

d. Perhitungan tulangan tumpuan

$$f'c < 300 \text{ kg/cm}^2, \text{ maka } B1 = 0,85$$

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

$$\rho_{\max} = 0,85 * \frac{0,85 * 25}{400} * \frac{600}{600 + 400} = 0,027$$

- Tulangan atas
Tulangan terpasang = 5 D22
 $d = h - cv - DSK/10 - (a/10 * b + 2,5 * (b-1))/2$
 $= 60 - 4 - 0,8 - (2,2 * 1 + 2,5 * 0)/2$
 $= 54,1 \text{ cm}$
- Tulangan bawah
Tulangan terpasang = 4 D22
 $d' = cv + DSK/10 + (a/10 * b + 2,5 * (b-1))/2$
 $= 4 + 0,8 + (2,2 * 1 + 2,5 * 0)/2$
 $= 5,9 \text{ cm}$

$$\text{Ratio } As'/AS = 19/38 = 0,5$$

$$\rho = \frac{As}{b*d} = \frac{38}{40 * 51,75} = 0,0088$$

$$\rho' = \frac{As'}{b*d} = \frac{19}{40 * 51,75} = 0,007$$

$$\rho > \rho_{\min}, \text{ sehinggal } \rho - \rho' = 0,0018$$

$$\rho - \rho' < \frac{0,85 * \beta_1 * f'c * d'}{fy * d} * \frac{600}{600 + fy} = 0,00295$$

$$\rho_{\min} < \rho < \rho_{\max}, \text{ maka menggunakan } \rho$$

$$F = \frac{\rho * fy}{0,85 * f'c} = \frac{0,0088 * 400}{0,85 * 25} = 0,166$$

$$K = F * (1 - F/2) = 0,207 * (1 - 0,207/2) = 0,152$$

$$Mn = 0,85 * K * f'c * b * d^2 = 0,85 * 0,152 * 250 * 40 * 54,1^2 = 3781439 \text{ kgcm}$$

$$Mu = 0,8 * Mn = 0,8 * 3781439 = 3.025.151 \text{ kgcm}$$

$$Mu \text{ penampang} > Mu \text{ analisis} \dots \text{ OK!}$$

4. Analisa Balok Pracetak Saat Pengangkatan Balok Induk
Dimana :

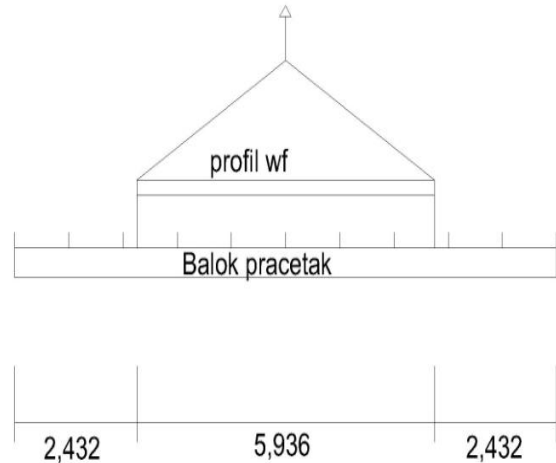
$$Yt = yb = 40/2 = 20$$

$$I = 1/12 * 40 * 40^2 = 213.333 \text{ cm}^4$$

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

$$X = \frac{\left(1 + \frac{4 * 28}{1000 * tg45}\right)}{\left(2 * \left(1 + \sqrt{1 + \frac{20}{20} \left(1 + \frac{4 * 28}{1000 * tg45}\right)}\right)\right)} = 0,225$$

$$X * L = 0,225 * 10,8 = 2,432 \text{ cm}$$



Gambar 5 Jarak tulangan angkat

- Momen lapangan yang terjadi
 $+M = \frac{WL^2}{8} * (1 - 4X + \frac{4Yc}{L * tg\theta}) * 1,2$
 $= \frac{401,2 * 10,8^2}{8} * (1 - 4 * 0,225 + \frac{4 * 0,28}{10,8 * tg45}) * 1,2$
 $= 1.424,051 \text{ kgm}$
- Tegangan yang terjadi
 $F = M/wt = \frac{14240510}{\frac{1}{6} * 40 * 40^2} = 1,335 \text{ MPa}$
 $Fr = 0,7 * \sqrt{f'c} = 3,5 \text{ MPa}$
 $F < Fr \dots \text{ OK!}$
- Momen tumpuan yang terjadi
 $-M = \frac{WX^2 * L^2}{2} * 1,2$
 $-M = \frac{401,2 * 0,225^2 * 10,8^2}{2} * 1,2 = 1.424,051 \text{ kgm}$

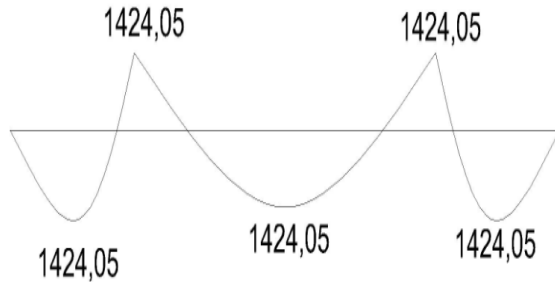
- Tegangan yang terjadi

$$F = M/wt = \frac{14240510}{\frac{1}{6} \cdot 40 \cdot 40^2}$$

$$= 1,335 \text{ MPa}$$

$$F_r = 0,7 \cdot \sqrt{f'c} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$F < F_r \dots \text{OK!}$$



Gambar 6 Jarak tulangan angkat

5. Perencanaan Sambungan Elemen Pracetak

Sesuai dengan SNI 03-2847-2002:

- Tulangan pelat yang menerus pada balok, harus disambung dengan sambungan lewatan 1,0 Ld.
- Tulangan dalam kondisi tekan (bawah) yang menerus pada tumpuan, disambung diatas tumpuan balok.
- Tulangan dalam kondisi tarik (atas) yang menerus pada tumpuan, disambung pada tengah bentang pelat
- Tulangan dalam kondisi Tarik (atas) yang berhenti pada balok tepi harus memakai kait standar dengan panjang Ldh.

Menentukan Ld (tulangan kondisi tarik)

$$Ld = \frac{12 \cdot fy \cdot \alpha \cdot \beta \cdot \lambda \cdot db}{25 \cdot \sqrt{f'c}}$$

$$= \frac{12 \cdot 400 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 8}{25 \cdot \sqrt{25}}$$

$$= 245,76 \text{ mm} < 300 \text{ mm}$$

maka menggunakan Ld = 300mm

Menentukan Ldb (tulangan kondisi tekan)

$$Ldb = \frac{db \cdot fy}{4 \cdot \sqrt{f'c}}$$

$$= \frac{8 \cdot 400}{4 \cdot \sqrt{25}}$$

$$= 160 \text{ mm} < 200 \text{ mm}$$

maka menggunakan Ldb = 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

$$Ldh = 160 \cdot 0,7 \cdot 0,8$$

$$= 89,6 \text{ mm} < 150 \text{ mm}$$

maka menggunakan Ldh = 150mm

- Analisa Hubungan Balok-Kolom (tengah bentang)

- Jumlah tulangan yang mengalami tekan (-), 4-D22 (1520 mm²)

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

$$= \frac{1520 \cdot 1,25 \cdot 400}{0,85 \cdot 25 \cdot 800}$$

$$= 44,706 \text{ mm}$$

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

$$= 1520 \cdot 400 \cdot (400-152/2)$$

$$= 229609412 \text{ Nmm}$$

$$= 229,61 \text{ KNm}$$

- Jumlah tulangan yang mengalami tarik (+), 5-D22 (1900 mm²)

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

$$= \frac{1900 \cdot 1,25 \cdot 400}{0,85 \cdot 25 \cdot 1000}$$

$$= 44,706 \text{ mm}$$

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

$$= 1900 \cdot 400 \cdot (400-44,706/2)$$

$$= 287011765 \text{ Nmm}$$

$$= 287,012 \text{ KNm}$$

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

$$= (229,61 + 287,012)/2$$

$$= 258,311 \text{ KNm}$$

Mu < Mn max ... OK!

$$Vh = \frac{2 \cdot Mu}{3,52/2}$$

$$= \frac{2 \cdot 258,311}{3,52/2}$$

$$= 292,703 \text{ KN}$$

$$\begin{aligned}
 T1 (6-D25) &= A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \\
 &= 2946 \cdot 1,25 \cdot 400 \\
 &= 1473000 \text{ N} \\
 &= 1473 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 T2 (6-D25) &= A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \\
 &= 2946 \cdot 1,25 \cdot 400 \\
 &= 1473000 \text{ N} \\
 &= 1473 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

c. Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned}
 V &= T1 + T2 - V_h \\
 &= 1473 + 1473 - 292,703 \\
 &= 2653,297 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

d. Kuat geser nominal

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \cdot 1,7 \cdot A_j \cdot \sqrt{f'_c} \\
 &= 0,75 \cdot 1,7 \cdot (1000 \cdot 800) \cdot \sqrt{25} \\
 &= 5100000 \text{ N} \\
 &= 5100 \text{ KN} \\
 \phi V_c &> V \dots \text{OK!} \\
 &\text{(Sambungan Aman)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1520 \cdot 1,25 \cdot 400}{0,85 \cdot 25 \cdot 800} \\
 &= 44,706 \text{ mm} \\
 Mn^- &= A_s \cdot f_y \cdot (d-a/2) \\
 &= 1520 \cdot 400 \cdot (400-152/2) \\
 &= 229609412 \text{ Nmm} \\
 &= 229,61 \text{ KNm} \\
 Mu &= Mn^- / 2 \\
 &= 229,61 / 2 \\
 &= 114,805 \text{ KNm} \\
 Mu &< Mn \dots \text{OK!}
 \end{aligned}$$

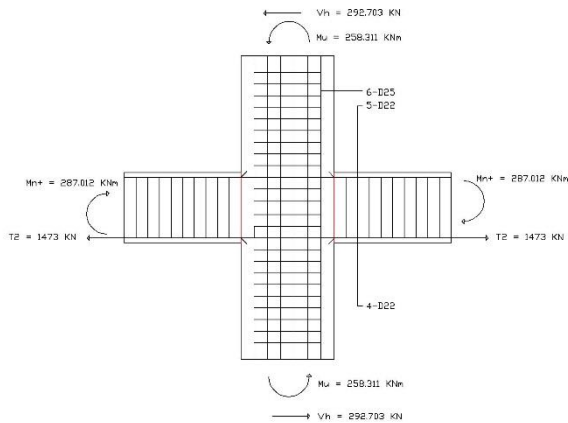
$$\begin{aligned}
 V_h &= \frac{2 \cdot Mu}{(5,4-4)/2} \\
 &= \frac{2 \cdot 114,805}{1,4/2} \\
 &= 328,013 \text{ KN} \\
 T1 (6-D25) &= A_s \cdot 1,25 \cdot f_y \\
 &= 2946 \cdot 1,25 \cdot 400 \\
 &= 1473000 \text{ N} \\
 &= 1473 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

b. Gaya geser yang terjadi

$$\begin{aligned}
 V &= T1 - V_h \\
 &= 1473 - 328,013 \\
 &= 1144,987 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

c. Kuat geser nominal

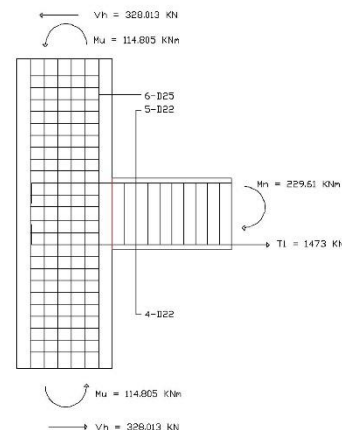
$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,75 \cdot 1,7 \cdot A_j \cdot \sqrt{f'_c} \\
 &= 0,75 \cdot 1,7 \cdot (1000 \cdot 800) \cdot \sqrt{25} \\
 &= 5100000 \text{ N} \\
 &= 5100 \text{ KN} \\
 \phi V_c &> V \dots \text{OK!} \\
 &\text{(Sambungan Aman)}
 \end{aligned}$$



Gambar 7 Gaya-gaya dalam pada sambungan balok-kolom tengah

- Analisa Hubungan Balok-Kolom (ujung bentang)
- a. Jumlah tulangan yang mengalami tekan (-), 4-D22 (1520 mm²)

$$a = \frac{A_g \cdot 1,25 \cdot f_y}{0,85 \cdot f'_c \cdot b}$$



Gambar 8 Gaya-gaya dalam pada sambungan balok-kolom ujung

Kesimpulan

Dalam analisis perencanaan Gedung Kuliah Fakultas Ilmu Budaya ini dilakukan secara manual dengan program bantu SAP 2000 didapatkan tulangan pada balok sebesar D-22 untuk balok induk dan D-19 untuk balok anak dan untuk kolom sebesar D-25

Analisis kapasitas momen lapangan sebesar 287,012 KNm lebih besar dari momen ultimate yang terjadi sebesar 258,311 KNm dan pada daerah ujung menghasilkan momen tumpuan sebesar 229,61 KNm dan momen ultimatenya sebesar 114,805 KNm. Sehingga perhitungan dapat dikatakan aman.

Daftar Pustaka

- Poegoeh, Charles Arista. 2010. *Studi Analisis Sambungan Balok-Kolom Beton Pracetak dengan Program Bantu Lusas (London University Stress Analysis System)*. Tesis tidak dipublikasikan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- 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.
- Building Code Requirements For Structural Concrete And Commentary (ACI 318m-05). 2005. *Structural Building Code*. American Concrete Institut.
- Ervianto. Wulfram I. 2006: *Eksplorasi Teknologi dalam Pracetak Konstruksi: Beton Pracetak & Bekisting*. Yogyakarta: Andi Offset.
- PCI Connerction Manual. *Precast and Prestressed Concrete Construction*. First edition
- G. Toscas, James. *Designing with Precast and Prestressed Concrete*
- Indrayana, Adimas Bagus. 2013. *Analisis Desain Sambungan Balok-Kolom Sistem Pracetak untuk Ruko Tiga Lantai*. Skripsi tidak dipublikasikan, Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pamungkas, Anugrah & Erny Harianti. 2009. *Gedung Bertulang Tahan Gempa*. Surabaya: itspress.
- PCI Design Handbook. 2010. *Precast and Prestressed Concrete 7th edition*. USA: Precast/Prestressed Institut
- Poegoeh, Charles Arista. 2010. *Studi Analisis Sambungan Balok-Kolom Beton Pracetak dengan Program Bantu Lusas (London University Stress Analysis System)*. Tesis tidak dipublikasikan. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Badan Standardisasi Nasional. 2009. *Standar Nasional Indonesia 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung (Beta Version)*. 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.