

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR GEDUNG EDUTORIUM UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA

Ummi Choiroh Mukti¹, Sudarmanto², Susapto³

Mahasiswa Program Studi Manajemen Rekayasa Konstruksi Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang¹, Dosen jurusan teknik sipil politeknik negeri malang², Dosen jurusan teknik sipil politeknik negeri malang³.
 ummichoironmukti@gmail.com¹, sudarmanto@polinema.ac.id², sunarto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Pertambahan penduduk dari tahun ketahun mempengaruhi pertambahan jumlah mahasiswa yang masuk dan mahasiswa yang diwisuda, sehingga kebutuhan bangunan perkuliahan baru dan memadai diperlukan. Perhitungan atap baja mengacu pada SNI-03-1729-2002, struktur beton bertulang mengacu pada SNI-2847-2013, pembebanan mengacu pada SNI 1727-2013, serta SNI-1726-2012 untuk gempa. Aplikasi *Autodesk Robot Structural Analysis Profesional 2018* digunakan untuk analisis statika struktur dan *Aplikasi AutoCAD 2018* untuk menggambar detail struktur. Hasil dari perencanaan ulang gedung diperoleh : struktur atap gording pipa baja menggunakan diameter 3 inchi, rangka kuda-kuda menggunakan pipa baja diameter 10 inchi dan 6 inchi. Struktur beton bertulang pelat lantai dengan tebal 180 mm. Ring balok berukuran 400/600 mm. Balok utama dengan dimensi 400/600 mm. kolom berukuran 800/800 mm. balok sloof dengan dimensi 400/600 mm. Struktur bawah menggunakan pondasi tiang pancang dengan dimensi 300x300 mm sebanyak 4 tiang yang dikelompokkan dengan pilecap berukuran 2500x2500mm.

Kata kunci: gedung edutorium, rangka batang ruang, SRPMK, tiang pancang.

ABSTRACT

Population growth has an impact on increasing the number of incoming students and students graduating, so that a new lecture building is needed that can accommodate the number of students. The calculation of steel roof refers to SNI-03-1729-2002, reinforced concrete structure refers to SNI-2847-2013, loading refers to SNI 1727-2013, and SNI-1726-2012 for earthquake. The Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2018 application is used for structural statics analysis and the AutoCAD 2018 Application for drawing structural details. The results of the re-building are obtained: the structure of the steel pipe gording roof uses a diameter of 3 inches, the frame of the easel uses steel pipes of 10 inch and 6-inch diameter. The reinforced concrete structure of the floor plate with a thickness of 180 mm. Ring beam measuring 400/600 mm. The main beam with dimensions of 400/600 mm. columns measuring 800/800 mm. Sloof beam with dimensions of 400/600 mm. The lower structure uses a bore pile foundation with dimensions of 300x300 mm totaling 4 poles grouped with a 2500x2500 mm pile cap.

Keywords: the editorium building, space truss, SRPMK, bore pile.

1. PENDAHULUAN

Saat ini, pendidikan khususnya perkuliahan menjadi hal penting yang harus ditempuh setiap orang. Seiring dengan pertambahan penduduk dari tahun ke tahun, mempengaruhi mahasiswa yang masuk dan mahasiswa yang diwisuda semakin bertambah, sehingga kebutuhan bangunan

perkuliahan yang baru dan memadai diperlukan agar dapat menampung peningkatan jumlah mahasiswa. Karena itu diperlukan rencana pembangunan gedung edutorium yang berfungsi sebagai sarana perkuliahan serta tempat untuk kegiatan pelepasan mahasiswa. Selain itu, arsitektur dari bangunan tersebut dapat menjadi ikon menarik universitas.

Tujuan dari penulisan antara lain : merencanakan dimensi struktur atap rangka batang ruang Gedung Edutorium Universitas Muhammadiyah Surakarta, merencanakan dimensi plat, balok, kolom pada perencanaan struktur utama Gedung Edutorium Universitas Muhammadiyah Surakarta, merencanakan dimensi pondasi tiang pada perencanaan struktur bawah Gedung Edutorium Universitas Muhammadiyah Surakarta.

2. METODE

Tahapan perhitungan struktur gedung edutorium Universitas Muhammadiyah Surakarta adalah sebagai berikut:

- Mengumpulkan data perencanaan yang terdiri dari gambar bestek berupa denah siteplan, denah lantai, tampak dan potongan bangunan; hasil sondir tanah dilokasi gedung; serta spesifikasi teknis bangunan.
- Menghitung struktur atas, utama, dan bawah gedung yang meliputi: gording, rangka atap, pelat lantai, ring balok, balok portal, balok kantilever, tangga, kolom, balok sloof, tiang pancang, serta pilecap sesuai dengan peraturan dari standart nasional Indonesia.
- Mengontrol kekuatan setiap struktur
- Menggambar detail dari hasil perhitungan struktur.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perencanaan Gording

Data yang dibutuhkan untuk menghitung gording adalah bentang gording, sudut kemiringan, jumlah penggantung gording, berat penutup atap, jarak gording, dimensi rencana gording.

Menghitung beban yang akan dipikul oleh gording, terdiri dari 2 beban yaitu beban mati sebesar jumlah beban penutup atap, beban gording serta beban sambungan; dan beban hidup berupa beban pekerja, beban air hujan, beban angin. Semua beban dikombinasikan sesuai dengan SNI.

Kontrol penampang

$$\lambda = D/t$$

$$= 89,1 / 5,5 = 16,2$$

$$\lambda_p = 0,07 \frac{E}{f_y}$$

$$= 0,07 \frac{200000}{240} = 58,333$$

$$\lambda < \lambda_p \quad \dots \text{Penampang kompak} \quad \text{OK}$$

Kontrol momen

$$M_n = Z \times F_y$$

$$= 41,37 \times 2400$$

$$= 99288 \text{ kg.cm} = 992,88 \text{ kg.m}$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$744,622 \leq 0,9 \times 2337,12$$

$$744,622 \leq 893,59 \quad \text{OK}$$

Kontrol lendutan

$$f = L / 240$$

$$= 800 / 240 = 3,333 \text{ cm}$$

$$f_{x1} = \frac{5 \cdot qD \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{5 \cdot qL \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$= \frac{5 \cdot 0,20076 \cdot 800^4}{384 \cdot 21000000 \cdot 126,677} + \frac{5 \cdot 0,31197 \cdot 800^4}{384 \cdot 21000000 \cdot 126,677}$$

$$= 1,028 \text{ cm}$$

$$f_{x2} = \frac{5 \cdot qD \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$= \frac{5 \cdot 0,20076 \cdot 800^4}{384 \cdot 21000000 \cdot 126,677} + \frac{133,469 \cdot 800^3}{48 \cdot 21000000 \cdot 126,677}$$

$$= 0,938 \text{ cm}$$

$$f_{y1} = \frac{5 \cdot qD \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{5 \cdot qL \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I}$$

$$= \frac{5 \cdot 0,036195 \cdot (800/3)^4}{384 \cdot 21000000 \cdot 126,677} + \frac{5 \cdot 0,05625 \cdot (800/3)^4}{384 \cdot 200000 \cdot 126,677}$$

$$= 0,0023 \text{ cm}$$

$$f_{y2} = \frac{5 \cdot qD \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} + \frac{P \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I}$$

$$= \frac{5 \cdot 0,036195 \cdot (800/3)^4}{384 \cdot 21000000 \cdot 126,677} + \frac{24,063 \cdot (800/3)^3}{48 \cdot 21000000 \cdot 126,677}$$

$$= 0,0045 \text{ cm}$$

$$d1 = \sqrt{f_{x1}^2 + f_{y1}^2}$$

$$= \sqrt{1,028^2 + 0,023^2} = 1,028 \text{ cm}$$

$$d2 = \sqrt{f_{x2}^2 + f_{y2}^2}$$

$$= \sqrt{0,938^2 + 0,0045^2} = 0,938 \text{ cm}$$

Nilai lendutan yang terjadi (d1 dan d2) lebih kecil dari lendutan ijin.

Perencanaan Rangka Atap

Data yang dibutuhkan untuk menghitung gording adalah bentang atap, sudut kemiringan, jumlah penggantung gording, berat penutup atap, jarak gording, jarak antar kuda kuda, serta dimensi rencana rangka.

Menghitung beban yang akan dipikul oleh gording, terdiri dari 2 beban yaitu beban mati sebesar jumlah beban penutup atap, beban gording serta beban penggantung; dan beban hidup berupa beban pekerja, beban air hujan, beban angin. Dari semua beban dikombinasikan sesuai dengan SNI berdasarkan hasil analisa statika menggunakan aplikasi.

$$P_u = 90349,231 \text{ kg (Tekan)}$$

$$= 81298,328 \text{ kg (Tarik)}$$

Kontrol kelangsingan

$$\text{Panjang pipa} = 3,65 \text{ m}$$

$$\lambda = D/t$$

$$= 267,4 / 9,3 = 16,2$$

$$\lambda_r = 0,31 \times \frac{E}{f_y}$$

$$= 0,31 \times \frac{200000}{240} = 258,333$$

$$\lambda < \lambda_r \quad \dots \text{penampang kompak} \quad \text{OK}$$

Kontrol tahanan tekan

$$\lambda = \frac{lk}{r} \leq 200$$

$$\lambda = \frac{1 \cdot 365}{12,44} \leq 200$$

$$= 29,341 \leq 200$$

$$\lambda_c = \frac{k \cdot L}{r \cdot \pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}}$$

$$= \frac{1 \cdot 365}{12,44 \cdot 3,14} \sqrt{\frac{2400}{2100000}} = 0,316$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$$

$$= \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,316} = 1,03$$

$$P_n = A_g \frac{f_y}{\omega}$$

$$= 75,37 \frac{2400}{1,03} = 175620,261 \text{ kg}$$

$$P_u < \phi P_n$$

$$90349,231 \text{ kg} < 0,85 \times 175620,261$$

$$90349,231 \text{ kg} < 149277,222 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Kontrol tegangan tarik

$$L/D \leq 500$$

$$365 / 26,74 \leq 500$$

$$213,65 \leq 500$$

Batas Leleh :

$$P_u < \phi P_n$$

$$81298,328 \text{ kg} < 0,9 \cdot 75,37 \cdot 2400$$

$$81298,328 \text{ kg} < 162799,2 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Batas Putus :

$$A_e = 0,75 \cdot A_g$$

$$= 0,75 \times 75,37$$

$$= 56,528 \text{ cm}^2$$

$$P_u < \phi P_n$$

$$81298,328 \text{ kg} < 0,9 \cdot 56,528 \cdot 4100$$

$$81298,328 \text{ kg} < 173822,063 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Perencanaan Sambungan

Gaya geser tengah penampang

Pembuatan lubang dengan bor, perlemahan = 1,5 mm

Jadi diameter perlemahan = 25 + 1,5 = 26,5 mm

Gaya yang bekerja pada batang adalah :

$$P_u = 90349,231 \text{ kg (Tekan)}$$

$$= 81298,328 \text{ kg (Tarik)}$$

$$V = 797,69 \text{ kg}$$

Direncanakan baut berjumlah 14 baut

Ukuran pelat diameter 452,3 mm

Ditinjau gaya geser pada tengah penampang

$$A_g = A_{\text{pelat sambungan}} - A_{\text{pipa}}$$

$$= (45,23 \times 1) - (25,23 \times 1)$$

$$= 20 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_g - A_{\text{perlemahan baut}}$$

$$= 20 - (2 \times 2,65 \times 1)$$

$$= 14,7 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 0,9 \times A_n$$

$$= 0,9 \times 14,7$$

$$= 13,23 \text{ cm}^2$$

Kontrol sambungan memikul beban geser

a. Kekuatan pelat

Kuat leleh :

$$P_n = \phi_t \times A_g \times f_y$$

$$= 0,9 \times 20 \times 2400 = 43200 \text{ kg}$$

Kuat putus

$$P_n = \phi_{tp} \times A_e \times f_u$$

$$= 0,75 \times 13,23 \times 3700 = 36713,25 \text{ kg}$$

b. Kekuatan baut

Kuat geser

$$V_d = \phi_f \times r_1 \times f_{ub} \times A_b \times \text{jumlah baut}$$

$$= 0,75 \times 0,4 \times 8300 \times 14$$

$$= 34860 \text{ kg}$$

Kuat tumpu

$$R_d = \phi_f \times 2,4 \times d_b \times t_p \times f_u \times \text{jumlah baut}$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 2,5 \times 2,4 \times 3700 \times 14 = 559440 \text{ kg}$$

$$V_d > V_u$$

$$34860 \text{ kg} > 797,69 \quad \text{OK}$$

Kontrol sambungan memikul beban tarik

$$T_n = 0,75 \times f_{ub} \times A_b$$

$$= 0,75 \times 8300 \times 4,91 = 30564,75 \text{ kg}$$

$$T_d = \phi_f \times T_n$$

$$= 0,75 \times 30564,75$$

$$= 22923,563 \text{ kg}$$

Kuat rencana baut total :

$$V_d = n \times T_d$$

$$= 14 \times 22923,563$$

$$= 320929,875 \text{ kg}$$

$$V_d > P_u$$

$$320929,875 \text{ kg} > 81298,328 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Syarat baut menerima beban kombinasi geser dan tarik

$$f_{uv} = \frac{V_u}{n \times A_b} \leq r_1 \times \phi_f \times f_u^b \times m$$

$$= \frac{797,69}{14 \times 4,91} \leq 0,4 \times 0,75 \times 8300 \times 2,4$$

$$= 11,605 \text{ kg} \leq 5976 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

$$T_d \geq \frac{P_u}{n}$$

$$22923,563 \text{ kg} \geq \frac{81298,328}{14}$$

$$22923,563 \text{ kg} \geq 5807,023 \text{ kg} \quad \text{OK}$$

Berdasarkan perhitungan, dapat disimpulkan bahwa sambungan sistem rangka ruang menggunakan baut 14 M25 aman digunakan.

Perencanaan Pelat Lantai

Pelat yang digunakan termasuk pelat dua arah karena nilai $L_y/L_x < 3$. Beban yang dipikul oleh pelat terdiri dari 2 yaitu beban mati berupa beban sendiri, beban spesi, beban keramik, serta beban plafond; dan beban hidup berupa beban fungsi bangunan sesuai ketentuan SNI. Kemudian dikombinasi dan dipilih nilai terbesar.

Menghitung tebal pelat

$$h = \frac{l_n \cdot \left(0,8 + \frac{f_y}{1400}\right)}{36 + 9\beta}$$

$$= \frac{800 \cdot \left(0,8 + \frac{240}{1400}\right)}{36 + 9 \cdot 1}$$

$$= 17,2698 \text{ cm} \approx 180 \text{ mm} > 120 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

Menghitung momen lapangan dan tumpuan

$$\text{Tumpuan } M_{u_x} = C_{t_x} \times (-0,001) \times W_u \times L_x^2$$

$$= 52 \times (-0,001) \times 1423,504 \times 8^2$$

$$= -4737,421 \text{ kgm}$$

$$M_{u_{t_y}} = C_{t_y} \times (-0,001) \times W_u \times L_x^2$$

$$= 52 \times (-0,001) \times 1423,504 \times 8^2$$

$$= -4737,421 \text{ kgm}$$

Menghitung tulangan arah X dan arah Y

$$d_x = h - d' - \frac{1}{2} \phi$$

$$= 180 - 30 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 142 \text{ mm}$$

$$d_y = h - d' - \phi_x - \frac{1}{2} \phi$$

$$= 180 - 30 - 16 - \frac{1}{2} \cdot 16 = 126 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$= \frac{47374210}{0,9 \times 1000 \times 142^2} = 2,610 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{240}{0,85 \times 25} = 11,294$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right)$$

$$= \frac{1}{11,294} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,294 \times 2,610}{240}}\right) = 0,0116$$

$\rho_{\text{perlu}} \geq \rho_{\text{min}}$, maka digunakan $\rho_{\text{perlu}} = 0,0116$

$$A_{S_{\text{perlu}}} = \rho_{\text{min}} \times b \times d_x$$

$$= 0,0116 \times 1000 \times 142$$

$$= 1653,2 \text{ mm}^2$$

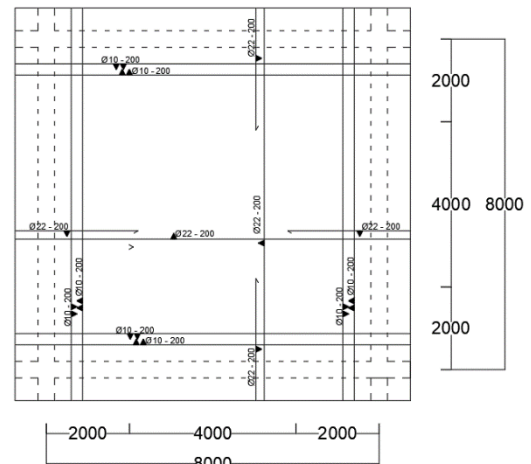
Tulangan tumpuan = $\phi 22 - 200$ ($A_s = 1901 \text{ mm}^2$)

$$A_s' = \rho \times b \times h$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 180$$

$$= 360 \text{ mm}^2$$

Tulangan bagi = $\phi 10 - 200$ ($A_s' = 393 \text{ mm}^2$)



Gambar 1. Penulangan Pelat Lantai

Perencanaan Balok

Perhitungan tulangan balok diambil nilai terbesar dari kombinasi beban oleh momen tumpuan, momen lapangan, serta gaya geser pada portal.

Beban seluruh bagian bangunan seperti beban mati dan beban dihidupserta beban gempa yang berasal dari daerah lokasi pembangunan dan berat seluruh bangunan diperlukan untuk menghitung analisa statika portal.

$$M_{u \text{ tump}} = 93661,933 \text{ kgm}$$

$$M_{u \text{ lap}} = 29072,472 \text{ kgm}$$

$$V_{u \text{ max}} = 42701,526 \text{ kg}$$

Perhitungan tulangan utama dan lapangan

Tinggi efektif

$$d = h - p - \frac{1}{2} D_{\text{tulangan pokok}} - \phi_{\text{tulangan geser}}$$

$$= 600 - 40 - \frac{1}{2} \times 22 - 10 = 539 \text{ mm}$$

$$d' = h - d$$

$$= 600 - 539 = 61 \text{ mm}$$

$$M_{u \text{ tumpuan}} = 93661,933 \text{ kgm}$$

$$= 936619330 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{b \times d^2}$$

$$= \frac{936619330}{0,9 \times 400 \times 539^2} = 8,955$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c}$$

$$= \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,765$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}}\right)$$

$$= \frac{1}{11,765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,765 \times 8,955}{400}}\right) = 0,027$$

$$A_{S_{\text{tarik}}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,027 \times 400 \times 539$$

$$= 5719,443 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 5D29 (3303 mm²)

Persyaratan tulangan tekan tumpuan berdasarkan SNI 2847 tahun 2013 pasal 21.5.1:

$$A_{stekan} = 0,5 \times A_{tarik}$$

$$= 0,5 \times 5719,443 = 2859,721 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 3D29 (1982 mm²)

Perhitungan tulangan geser SPMRK

$$\text{Gaya geser nominal } V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{427015,26}{0,6} = 711692,1 \text{ N}$$

gaya geser yang dapat dipikul beton :

$$V_c = 0,17 \lambda \sqrt{f_c} b_w d$$

$$= 0,17 \times 1 \times \sqrt{40} \times 400 \times 539 = 231807,602 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,6 \times V_c$$

$$= 0,6 \times 231807,602 = 139084,561 \text{ N}$$

$$0,5 V_c = 0,5 \times 139084,561 = 69542,280 \text{ N}$$

Karena $V_u > 0,5 \phi V_c$, maka diperlukan tulangan geser

$$V_s = V_n - \phi V_c$$

$$= 711692,1 - 231807,602 = 479884,498 \text{ N}$$

$$A = \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \frac{22}{7} \times 10^2 = 78,5 \text{ mm}^2$$

$$A_v = 2 \times A$$

$$= 2 \times 78,571 = 157 \text{ mm}^2$$

Jarak sengkang tulangan

$$S_1 = \frac{A_v \cdot f_y \cdot d}{V_s}$$

$$= \frac{157 \cdot 400 \cdot 539}{479884,498} = 70,536 \text{ mm}$$

$$S_2 = d/2$$

$$= 539/2 = 269,5 \text{ mm}$$

Sengkang tertutup

$$\text{Sepanjang : } 2h = 2 \times 600$$

$$= 1200 \text{ mm}$$

Jarak dipilih nilai terkecil

$$d/4 = 539/4 = 134,75 \text{ mm}$$

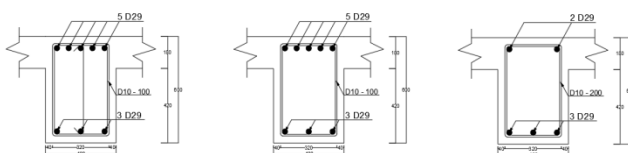
$$6d_b = 6 \times 29 = 174 \text{ mm}$$

150 mm

Sengkang Tertutup

Tumpuan

Lapangan



Gambar 2. Penulangan Balok

Perencanaan Tangga

Beban yang dipikul oleh tangga terdiri dari 2 yaitu beban mati berupa beban sendiri, beban spesi, serta beban keramik; dan beban hidup berupa beban fungsi bangunan yang sudah dihitung di perhitungan beban balok portal. Kemudian mencari nilai momen terbesar dari hasil perhitungan statika menggunakan aplikasibalok portal.

$$M_{utumpuan} = 15000,256 \text{ kgm}$$

$$M_{ulapangan} = 9490,092 \text{ kgm}$$

Tebal Pelat Rata – Rata Anak Tangga

$$T = 30 \times \sin \alpha$$

$$= 30 \times \sin 22^\circ = 11,238$$

$$y = \frac{1}{2} \times T$$

$$= \frac{1}{2} \times 11,238 = 5,619$$

Tebal Pelat Rata – Rata bordes

$$T = h + y$$

$$= 180 + 5,619 = 185,619 \text{ mm}$$

Perhitungan Tulangan

$$d = h - p - \frac{1}{2} \phi$$

$$= 185,619 - 30 - \frac{1}{2} \times 10 = 150,619 \text{ mm}$$

$$M_u = 15000,256 \text{ kgm}$$

$$= 150002560 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \times b \times d^2}$$

$$= \frac{150002560}{0,9 \times 1000 \times 150,619^2} = 7,347 \text{ Mpa}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$$

$$= \frac{240}{0,85 \times 25} = 11,294$$

$$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,294} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,294 \times 7,347}{240}} \right) = 0,0394$$

$\rho_{perlu} \geq \rho_{min}$, maka digunakan $\rho_{perlu} = 0,0114$

$$A_{sperlu} = \rho_{min} \times b \times d$$

$$= 0,0394 \times 1000 \times 150,619 = 5928,604 \text{ mm}^2$$

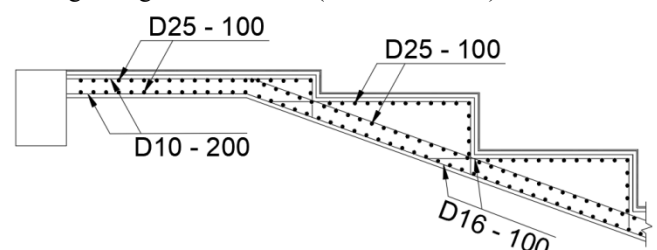
Tulangan tumpuan = D25 – 100 ($A_s' = 5070 \text{ mm}^2$)

$$A_s^o = \rho \times b \times h$$

$$= 0,002 \times 1000 \times 185,619$$

$$= 371,238 \text{ mm}^2$$

Tulangan bagi = D10 – 200 ($A_s' = 357 \text{ mm}^2$)



Gambar 3. Penulangan Anak Tangga

Perencanaan Kolom

Gaya yang diambil untuk perhitungan kolom dipilih nilai terbesar dari perhitungan kombinasi pembebanan yang diambil dari nilai momen dan gaya normal pada kolom.

portal di hasil statika menggunakan aplikasi.

$$P_u = 159834,804 \text{ kg}$$

$$M_u = 58393,710 \text{ kgm}$$

Faktor Kekakuan

$$\Psi_B = \frac{EI \text{ kolom atas}/I_c + EI \text{ kolom bawah}/I_c}{EI \text{ balok}/I}$$

$$= \frac{710239129600000/5250 + 710239129600000/4750}{74908033200000/8000}$$

$$= 30,417$$

$$\Psi_A = 1,0 \text{ (ujung jepit)}$$

Berdasarkan diagram monogram diperoleh nilai k:

$$\text{Rangka tidak bergoyang} = 0,73$$

$$\text{Rangka bergoyang} = 2,2$$

Perhitungan tulangan

$$P_u = 159834,804 \text{ kg}$$

$$M_u = 58393,710 \text{ kgm}$$

$$e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{58393,710}{159834,804} = 0,365 \text{ m} = 365 \text{ mm}$$

$$e_{\min} = 15 + 0,03.h = 15 + 0,03 \times 800 = 39 \text{ mm}$$

Karena $e > e_{\min}$ maka digunakan $e = 365 \text{ mm}$

$$K_n = \frac{P_u}{\phi \times 0,85 \times f_c' \times A_g} = \frac{1598348,04}{0,65 \times 0,85 \times 40 \times 800 \times 800} = 0,113$$

$$R_n = K_n \times \frac{e}{h} = 0,113 \times \frac{365}{800} = 0,0516$$

$$d'/h = 64,5 / 800 = 0,081$$

Dengan memasukkan harga $k_1 = 0,113$; $k_2 = 0,0516$; $f_c' = 40$

Mpa, $f_y = 400$ Mpa pada diagram interaksi M-N, maka

diperoleh $\rho = 1,6 \%$

$$\rho_{\min \text{ kolom}} = 0,01$$

$$\rho_{\max \text{ kolom}} = 0,06$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,016$$

$$\rho_{\min} < \rho_{\text{perlu}} < \rho_{\max}$$

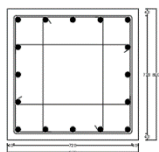
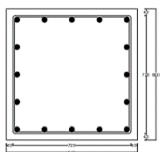
OK

$$A_s = \rho \cdot b \cdot h$$

$$= 0,016 \cdot 800 \cdot 800$$

$$= 10240 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 16 D29 (10568 mm²)

Potongan	Tertutup	Lapangan
Gambar		
Dimensi	800 x 800	800 x 800
Tul. Tekan	16 D 29	16 D 29
Tul. Senggang	D10 - 100 (Tertutup)	D10 - 200

Gambar 4. Penulangan Kolom

Perencanaan Tiang Pancang

Perhitungan daya dukung pondasi tiang pancang menggunakan data nilai CPT (*Cone Penetration Test*), serta data perencanaan dimensi pilecap, tiang pancang, dan kedalaman tiang.

Beban diambil nilai terbesar beban kombinasi yang didapat dari nilai reaksi tumpuan pada perhitungan statika portal menggunakan aplikasi.

Menghitung jumlah tiang

$$n = \frac{P_u}{Q_{all}} = \frac{159942,360}{50112} = 3,192 = 4 \text{ tiang}$$

Penulangan tiang

$$\text{Dimensi inti tiang} = 300 - 2(75) = 150 \text{ mm}$$

$$\text{Eksentrisitas : } e = \frac{M_u}{P_u} = \frac{8914,304}{159942,360} = 0,056 \text{ m}$$

$$\text{Luas penampang kotor } A_g = P \cdot L = 300 \cdot 30 = 90000 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas penampang bersih } A_c = \frac{1}{4} \pi d^2 = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 150^2 = 17662,5 \text{ mm}^2$$

$$a = \frac{P_u}{\phi A_g 0,86 f_c} = \frac{159942,360}{0,65 \cdot 90000 \cdot 0,86 \cdot 40} = 0,078$$

$$e/h = \frac{1}{300} = 0,0033$$

$$a(e/h) = 0,078 \cdot 0,0033 = 0,00026$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot A_g = 0,01 \times 90000 = 900 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan 8 D13

$$s = 0,45 \left(\frac{A_g}{A_c} - 1 \right) \frac{f_c}{f_y}$$

$$= 0,45 \left(\frac{90000}{17662,5} - 1 \right) \frac{40}{400} = 0,184$$

$$A_s = s \cdot A_g$$

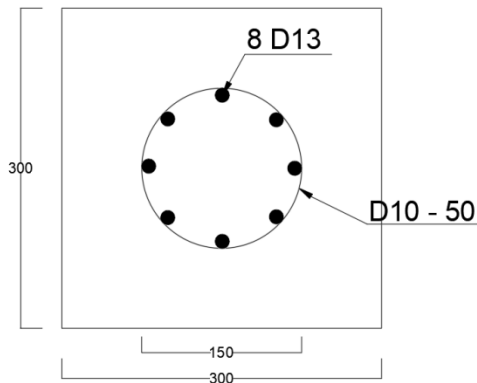
$$= 0,184 \cdot 90000 = 16560 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan sengkang D10

Jarak antar tulangan sengkang 50 mm

$$25 \text{ mm} \leq 50 \text{ mm} \leq 75 \text{ mm}$$

OK



Gambar 5. Penulangan Tiang Pancang

Perencanaan Pilecap

Sebelum menghitung penulangan pada pilecap, sebaiknya dilakukan kontrol gaya geser satu arah disekitar kolom, kontrol gaya geser dua arah di sekitar kolom, serta kontrol gaya geser secara individu untuk mengetahui apakah pilecap memerlukan tulangan geser atau tidak.

Perhitungan momen lentur

$$M_u = 2 \cdot P \cdot \left(S - \frac{\text{Diameter Kolom}}{2} \right)$$

$$= 2 \cdot 39985,59 \cdot \left(0,75 - \frac{0,8}{2} \right)$$

$$= 27989,913 \text{ kNm}$$

Perhitungan tulangan pilecap

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2}$$

$$= \frac{27989,913}{0,9 \times 2500 \times 903^2} = 0,000015$$

$$M = \frac{f_y}{0,85 f_c}$$

$$= \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,765$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,765} \times \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,765 \times 0,000015}{400}} \right)$$

$$= 0,00000038$$

$$A_{\text{strik}} = \rho_{\text{perlu}} \times b \times d$$

$$= 0,0035 \times 2500 \times 903$$

$$= 7901,25 \text{ mm}^2$$

Dipakai Tulangan D22 - 100

Perhitungan tulangan pasak

$$\phi P_n = \phi \cdot 0,85 \cdot f_c \cdot A_g$$

$$= 0,65 \cdot 0,85 \cdot 40 (800 \times 800)$$

$$= 14144000 \text{ N}$$

$P_u < \phi P_n$, berarti beban pada kolom dapat dipindahkan dengan dukungan saja, tetapi diisyaratkan untuk menggunakan tulangan pasak minimum sebesar :

$$A_{s \text{ min}} = 0,005 A_g$$

$$= 0,005 \cdot 800 \cdot 800$$

$$= 3200 \text{ mm}^2$$

Dipakai tulangan pasak 8 D22 (4050 mm²)

Panjang penyaluran tulangan tekan dapat diambil nilai terbesar dari :

$$L_d = 0,25 f_y \frac{d_b}{\sqrt{f_c}}$$

$$= 0,25 \cdot 400 \frac{22}{\sqrt{40}} = 347,851 \text{ mm}$$

$$L_d = 0,04 f_y d_b$$

$$= 0,04 \times 400 \times 22 = 352 \text{ mm}$$

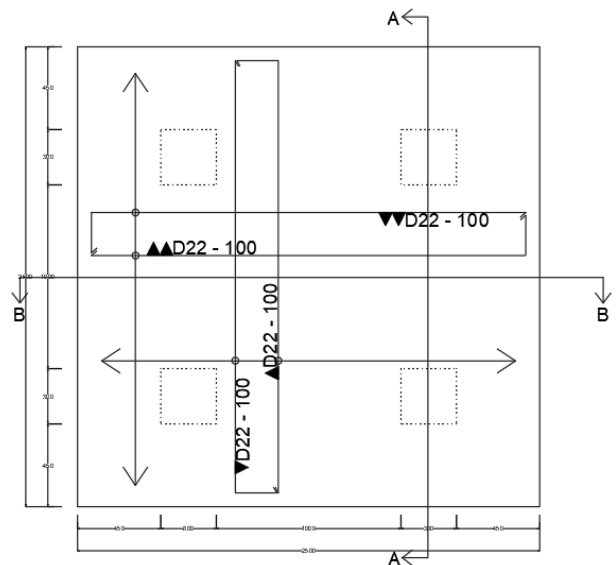
$$L_d = 200 \text{ mm}$$

Panjang jangkar dibawah pertemuan kolom dan pondasi :

$$L_1 = h - p - 2 D_{\text{pondasi}} - 2 D_{\text{pasak}}$$

$$= 1000 - 75 - 2 \times 22 - 2 \times 22$$

$$= 837 \text{ mm}$$



Gambar 6. Penulangan Pilecap

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan struktur Gedung Edutorium 4 lantai Universitas Muhammadiyah Surakarta pada bab sebelumnya, maka kesimpulan yang diperoleh:

1. Struktur atap pada Gedung Edutorium Universitas Muhammadiyah Surakarta adalah sebagai berikut :
 - a. Gording menggunakan profil pipa baja schedule 40 dengan dimensi 3 inchi.

- b. Struktur kuda – kuda menggunakan profil pipa baja dimensi 14 inchi dan 10 inchi schedule 80, serta dimensi 6 inchi schedule 40.
2. Hasil analisa struktur beton bertulang pada Gedung Edutorium Universitas Muhammadiyah Surakarta adalah sebagai berikut :
 - a. Pelat lantai dengan tebal 180 mm.
 - b. Ring balok dengan dimensi 400/600 mm.
 - c. Balok utama lantai 2 dengan dimensi 400/600 mm.
 - d. Balok kantilever lantai 2, dimensi 300/400 mm.
 - e. Balok kantilever lantai 3, dimensi 300/450 mm.
 - f. Tangga dengan 11 anak tangga tebal 186 mm.
 - g. Kolom dengan dimensi 800/800 mm.
 - h. Balok sloof dengan dimensi 400/600 mm.
3. Struktur bawah pada Gedung Edutorium Universitas Muhammadiyah Surakarta adalah sebagai berikut :
 - a. Pondasi tiang dengan dimensi luar 300x300 mm dan dimensi dalam 150x150 mm.
 - b. Pilecap dengan dimensi 2500x2500x1000 mm.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kurnia, Fajaria dewi. 2015. Redesign Struktur Atap dengan Model Space Truss (Rangka Ruang) pada Stadion Jember Sport Garden. Institut Teknologi Nasional Malang.
- [2] Subagio, ananto sandy. 2017. Modifikasi Struktur Atap Stadion Mimika-Papua Menggunakan Rangka Baja Ruang Tipe Busur. Institut Teknologi Sepuluh November.
- [3] SNI 1726 – 2012. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.
- [4] SNI 1727 – 2013. Beban Minimum untuk Perancangan Bangunan Gedung dan Struktur Lain.
- [5] SNI 1729 – 2015. Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural
- [6] SNI 2847 – 2013. Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung
- [7] Setiawan, agus. 2016. Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847: 2013. Jakarta: Erlangga.
- [8] Yunaefi, Sholeh, & Dandung. 2012. Rekayasa Pondasi. Politeknik Negeri Malang, Malang