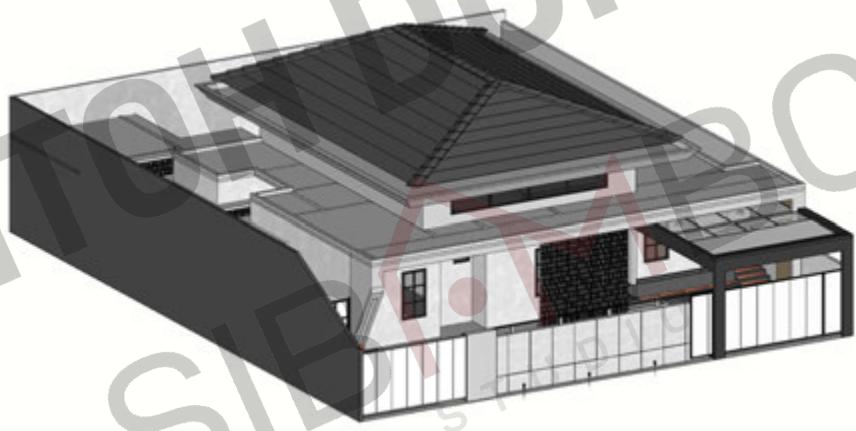


LAPORAN DESAIN STRUKTUR
Rumah Tinggal Ibu -

PT SIBAMBO KARYA INTERNASIONAL (SIBAMBO STUDIO)



2023

1. SISTEM STRUKTUR

Rumah Tinggal Ibu - merupakan rumah tinggal 2 lantai yang terbuat dari kontruksi beton untuk struktur bawah dan konstruksi baja untuk struktur atap. Karena bangunan rumah terletak di kota - dengan pengaruh kegempaan yang lunak, maka sistem struktur rumah direncanakan menggunakan sistem struktur rangka kaku (*frame structure*) yang terdiri dari kolom, balok, pelat, tanpa *shear wall* dan/atau *core wall*.

Sistem struktur terdiri dari kolom, balok, dan pelat tebal 12cm dari beton bertulang dengan mutu K.250 (f'_c 20 MPa), Baja Tulangan Polos Mutu 240 MPa, Baja Tulangan Ulir Mutu 420 Mpa dan Baja mutu BJ 37.

2. PEMODELAN STRUKTUR

Untuk keperluan analisis dan desain struktur bangunan rumah digunakan model struktur 3 dimensi. Analisis dan desain struktur rumah dilakukan dengan menggunakan *software* struktur SAP2000 v14.

Balok-balok dan kolom-kolom dari struktur bangunan dimodelkan dengan menggunakan elemen Frame 3D, sedangkan pelat lantai bangunan dimodelkan dengan menggunakan elemen Shell.

3. STANDAR DESAIN

Untuk keperluan analisis dan desain dari struktur digunakan beberapa standar, yaitu :

- a. Beban Desain Minimum dan Kriteria terkait untuk Bangunan Gedung dan Struktur Lain (SNI 1727-2020).
- b. Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung (SNI 2847-2019).
- c. Spesifikasi untuk Bangunan Gedung Baja Struktural (SNI 1729-2020).
- d. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Gedung dan Non Gedung (SNI 1726-2019).

4. MUTU BAHAN

Mutu bahan yang digunakan di dalam perhitungan struktur adalah :

Mutu beton dari pelat, balok, kolom, tangga dan atap : K.250 /(f'_c 20 MPa) dan BJ37

Mutu baja tulangan : fy 420 MPa (tulangan ulir/deform) dan fy240 MPa (tulangan polos)

5. PEMBEBANAN PADA STRUKTUR

Pembeban yang ditinjau bekerja pada struktur rangka rumah terdiri dari beban mati (D), beban hidup (L), beban mati tambahan (SDL), beban Angin (W) dan beban gempa (E).

a. Beban Mati Pada Rumah

Beban mati pada struktur terdiri dari beban akibat berat sendiri pelat, balok, tangga dan kolom. Beban akibat penutup lantai, plafond, penggantung, dan beban finishing diperhitungkan sebesar 75 kg/m^2 dan beban akibat *Mechanical & Electrical* diperhitungkan sebesar 25 kg/m^2 (PBI 1983, Tabel 2.1). Beban dinding bata merah diperhitungkan sebesar 250 kg/m untuk setiap 1m tinggi dinding.

b. Beban Hidup Pada Rumah

Sesuai dengan standar pembeban yang berlaku di Indonesia (SNI 1727-2020), besarnya beban hidup pada Rumah Tinggal Ibu - akibat penggunaan ruangan diperhitungkan seperti pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Klasifikasi Beban Hidup

| Ruangan | Beban (kN/m^2) | Beban (kg/m^2) |
|------------|---------------------------|---------------------------|
| Hunian | 1,92 | 195,8 |
| Garasi | 1,92 | 195,8 |
| Ruang Atap | 0,96 | 97,86 |

Sumber: Tabel 4.3-1 (SNI 1727 – 2020)

c. Beban Angin dan Hujan Pada Atap Rumah

Sesuai dengan standar pembeban yang berlaku di Indonesia (SNI 1727-2020), besarnya beban Angin pada Atap Rumah Tinggal Ibu - sebesar 15 kg/m^2 untuk Angin Tekan dan 5 kg/m^2 untuk Angin Hisap dan untuk beban Hujan diperhitungan secara konservatif sebesar 20 kg/m^2 .

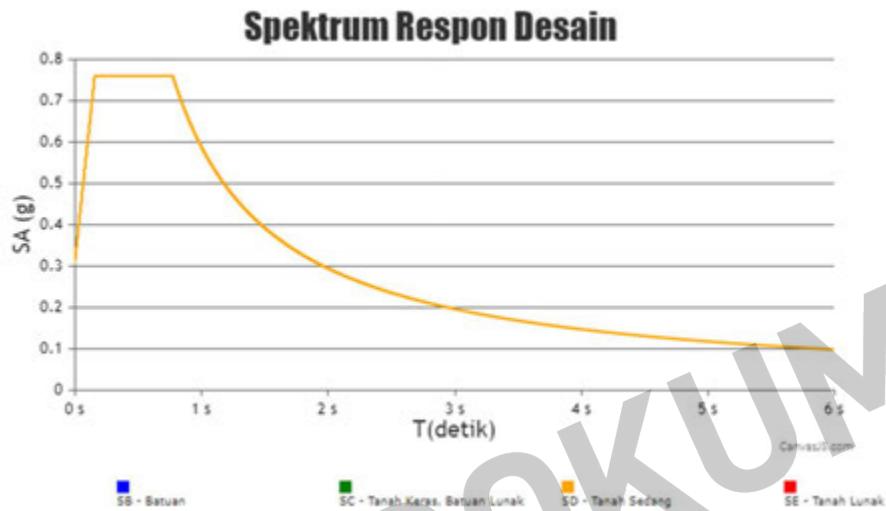
6. PENENTUAN KELAS SITUS

Mengacu pada hasil tidak adanya Laporan Penyelidikan Tanah baik Sondir dan Boring pada lokasi yang akan dibangun Bangunan Rumah Tinggal Ibu - , didapatkan untuk perencanaan ini digunakan kelas situs adalah Tanah Sedang (SD) untuk Kota - .

7. RESPON SPEKTRA DESAIN

Untuk perhitungan beban gempa pada struktur bangunan, perlu dibuat Kurva Respon Spektra Desain untuk lokasi dimana bangunan akan didirikan. Untuk membuat Kurva Spektrum Re-

spons Desain dilakukan dengan menggunakan *software on-line* yang tersedia pada situs: *puskim.pu.go.id*. Dengan menggunakan *software on line* yang tersedia, didapatkan Kurva Percepatan Respon Spektrum Desain untuk wilayah Kota - dan sekitarnya seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Respon Spektrum Gempa Rencana Kota - untuk Tanah Sedang Dari perhitungan spektrum respon desain, didapat parameter-parameter seismik sbb. :

- Percepatan spektrum respon desain pada periode pendek (S_{DS}) : 0,76(g).
- Percepatan spektrum respon desain pada periode 1 detik (S_{D1}) : 0,59(g).

8. KATEGORI DESAIN SEISMIK

Struktur bangunan Rumah yang akan dibangun merupakan rumah untuk fasilitas rumah tinggal mengacu pada Tabel 2 tentang Kategori Risiko Bangunan Rumah dan Struktur Lainnya, struktur bangunan termasuk dalam Kategori Risiko II.

Untuk perhitungan pengaruh beban gempa, Kategori Desain Seismik (KDS) dari struktur rumah harus ditentukan terlebih dahulu berdasarkan parameter respons spektra percepatan desainnya yaitu: $S_{DS} = 0,76\text{g}$ dan $S_{D1} = 0,59\text{g}$. Dari Tabel 4, untuk nilai $S_{DS} = 0,76$, struktur bangunan rumah termasuk pada Kategori Risiko C. Dari Tabel 5, untuk nilai $S_{D1} = 0,59$, struktur bangunan rumah termasuk pada Kategori Risiko D. Dengan demikian dapat disimpulkan struktur Rumah Tinggal Ibu - ini mempunyai Kategori Desain Seismik D.

Tabel 2. Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Non Gedung

| Jenis Pemanfaatan Bangunan | Kategori Risiko |
|--|-----------------|
| Gedung dan non Gedung yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan: - Fasilitas pertanian, perkebunan, perternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya | I |
| Semua Gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I, III, IV: - Perumahan; Gedung toko dan Gedung kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik | II |
| Gedung dan non Gedung yang memiliki risiko tinggi terhadap jiwanusia pada saat terjadi kegagalan: - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah/gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo | III |

| | |
|--|----|
| Gedung dan non Gedung yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk: | |
| <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, angin badai, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Pusat pembangkit energi dan fasilitas publik lainnya yang dibutuhkan pada saat keadaan darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat - Gedung dan non Gedung yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori risiko IV. | IV |

Sumber: Tabel 3 - SNI 1726 – 2019

Tabel 3. Faktor Keutamaan Gempa (Ie)

| Kategori Risiko | Faktor Keutamaan Gempa, Ie |
|-----------------|----------------------------|
| I atau II | 1,00 |
| III | 1,25 |
| IV | 1,50 |

Sumber: Tabel 7 - SNI 1726 – 2019

Tabel 4. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada periode pendek 0,2 Detik.

| Nilai SDS | Kategori Risiko | |
|--------------------|--------------------|----|
| | I atau II atau III | IV |
| SDS < 0,167 | A | A |
| 0,167 ≤ SDS < 0,33 | B | C |
| 0,33 ≤ SDS < 0,50 | C | D |
| 0,50 ≤ SDS | D | D |

Sumber: Tabel 8 - SNI 1726 – 2019

Tabel 5. Kategori desain seismik berdasarkan parameter respons percepatan pada perioda 1 detik.

| Nilai S_{D1} | Kategori Risiko | |
|-----------------------------|--------------------|----|
| | I atau II atau III | IV |
| $S_{D1} < 0,067$ | A | A |
| $0,067 \leq S_{D1} < 0,133$ | B | C |
| $0,133 \leq S_{D1} < 0,20$ | C | D |
| $0,20 \leq S_{D1}$ | D | D |

Sumber: Tabel 9 - SNI 1726 – 2019

Sistem struktur bangunan Rumah Tinggal Ibu - direncanakan mempunyai penahan gaya seismik berupa sistem rangka pemikul momen dari beton. Mengacu pada Tabel 6, maka struktur rumah harus didesain sebagai Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen Khusus (SRPMK), dengan Koefisien Modifikasi Respons (R) = 8, Faktor Kuat Lebih Sistem (Ω_0) = 3, dan Faktor Pembesaran Defleksi (C_d) = 5,5.

Tabel 6. Faktor R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (Rangka Beton Bertulang Pemikul Momen)

| Sistem Penahan Gaya Seismik | Koefisien Modifikasi Respons, R | Faktor Kuat Lebih Sistem, Ω_0 | Faktor Pembesaran Defleksi, C_d | Batasan Sistem Struktur dan Batasan Tinggi Struktur h_n (m) | | | | |
|--|-----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|----|----|----|----|
| | | | | Kategori Desain Seismik | | | | |
| | | | | B | C | D | E | F |
| Sistem Rangka Beton Pemikul Momen | | | | | | | | |
| Struktur Rangka Pemikul Momen Khusus (SRPMK) | 8 | 3 | 5,5 | TB | TB | TB | TB | TB |
| Struktur Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) | 5 | 3 | 4,5 | TB | TB | TI | TI | TI |
| Struktur Rangka Pemikul Momen Biasa (SRPMB) | 3 | 3 | 2,5 | TB | TB | TI | TI | TI |

TB = Tidak Dibatasi dan TI = Tidak Dijinkan. Sumber: Tabel 12 - SNI 1726 – 2019

9. PERIODE GETAR STRUKTUR

Periode getar struktur (T) dari struktur Rumah Tinggal Ibu - Dihitung dengan **Metode Analisis Ragam (Modal Analysis)** menggunakan *software SAP2000*. Dari hasil analisis struktur, Tabel 7 menunjukkan nilai dari Periode Getar Struktur (T) Rumah Tinggal Ibu -.

Tabel 7. Periode Getar Struktur Rumah Tinggal Ibu -

| Mode | T (Periode)(dtk) |
|------|------------------|
| 1 | 1,156224 |
| 2 | 0,560326 |

Sumber: Output Analisa *Software SAP2000*

Mengacu pada SNI 1726–2019, periode getar pendekatan (Ta) dari struktur rumah dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sbb:

$$Ta = Ct \cdot hn^x$$

hn adalah ketinggian struktur (dalam meter), diatas dasar sampai tingkat tertinggi struktur.

Koefisien Ct dan x dapat ditentukan dari Tabel 8.

Untuk struktur Rumah Tinggal Ibu - dengan tinggi struktur : hn = 13 m, dan menggunakan sistem rangka beton pemikul momen ($Ct = 0,0466$; $x = 0,9$), besarnya periode getar pendekatan adalah : $Ta = Ct \cdot hn^x = 0,0466 \cdot (13)^{0,9} = 0,47$ detik.

Tabel 8. Nilai Parameter Periode Getar Pendekatan Ct dan x

| Tipe Struktur | Ct | x |
|--|---------------|-------------|
| Sistem rangka pemikul momen dimana rangka memikul 100% gaya gempa yang disyaratkan | | |
| Rangka baja pemikul momen | 0,0724 | 0,80 |
| Rangka beton pemikul momen | 0,0466 | 0,90 |
| Semua sistem struktur lainnya | 0,0488 | 0,75 |

Sumber: Tabel 18, SNI 1726 – 2019

Mengacu pada SNI 1726–2019, periode getar struktur (T), tidak boleh melebihi hasil koefisien untuk batasan pada periode getar yang dihitung (Cu), seperti tercantum pada Tabel 9. Untuk nilai $S_{D1} = 0,59$ g, dari Tabel 9 didapat nilai Cu = 1,4.

Nilai periode getar struktur yang maksimum: $Ta_{max} = (0,436 \times 1,4) = 0,61$ detik. Dari hasil perhitungan periode getar struktur arah-X (Tcx) dan arah-Y (Tcy) untuk Rumah Tinggal Ibu - didapatkan nilai periode getar struktur diantara nilai $Ta = 0,533$ detik dan $Ta_{max} = 0,61$ detik (Tabel 10).

Tabel 9. Koefisien untuk Batas Atas pada Periode Getar (T) yang Dihitung

| Parameter Percepatan Respon Spektra Desain Pada Periode 1 Detik (S_{D1}) | Koefisien Cu |
|--|--------------|
| $\geq 0,4$ | 1,4 |
| 0,3 | 1,4 |
| 0,2 | 1,5 |
| 0,15 | 1,6 |
| $\leq 0,15$ | 1,7 |

Sumber: Tabel 17, SNI 1726 – 2019

Dari hasil perhitungan dengan software SAP2000, didapatkan periode getar struktur arah-X (T_{cx}) = 1,156 detik, dan arah-Y (T_{cy}) = 0,560 detik, dengan demikian periode getar struktur Rumah Tinggal Ibu - ini $> T_{max}$.

T dari struktur bangunan rumah Pak - yang didapat $T_{cx} = 1,156$ detik $> T_{max} = 0,61$ detik, dan $T_{Ry} = 0,560$ detik $< T_{max} = 0,61$ detik. Karena T dari struktur bangunan rumah Pak - lebih besar dari 0,61 detik, maka struktur bangunan rumah Pak - ini sangat fleksibel baik pada arah-X maupun arah-Y.

10. KOMBINASI PEMBEBANAN FRAME STRUKTUR UTAMA

Mengacu pada (SNI 1726–2019), kombinasi pembebanan yang ditinjau di dalam analisis dan desain struktur Rumah Tinggal Ibu - adalah :

a. Kombinasi Pembebanan Tetap :

$$U = 1,4.D$$

$$U = 1,2.D + 1,6.L$$

b. Kombinasi Pembebanan Sementara :

$$U = (1,2 + 0,2 \cdot S_{DS}).D + 1,0.L + \rho(100\%Ex + 30\%Ey)*Ie/R$$

$$U = (1,2 + 0,2 \cdot S_{DS}).D + 1,0.L + \rho(30\%Ex + 100\%Ey)*Ie/R$$

dimana : D : beban mati, L = beban hidup

Ex dan Ey = beban gempa arah X dan gempa arah Y.

ρ : Faktor Redundansi = 1 (Pasal 7.3.4 SNI 1726:2019)

Untuk nilai $S_{DS} = 0,31$, kombinasi pembebanan sementara menjadi :

$$U = 1,262.D + 1,0.L + 0,125.Ex + 0,0375.Ey$$

$$U = 1,262.D + 1,0.L + 0,0375.Ex + 0,125.Ey$$

11. KOMBINASI PEMBEBANAN FRAME STRUKTUR ATAP

Mengacu pada (SNI 1727-2020), kombinasi pembebanan yang ditinjau di dalam analisis dan desain struktur atap Rumah Tinggal Ibu - adalah :

- Kombinasi Pembebanan Tetap :

$$U = 1,4.D$$

$$U = 1,2.D + 1,6.L$$

- Kombinasi Pembebanan Sementara :

$$U = 1,2.D + 0,5L + 1,3.W + 0,8.R$$

$$U = 1,2.D + 0,5L + 0,8.W + 1,3.R$$

dimana : D : beban mati, L : beban hidup, W : beban angin, R : beban hujan

12. KEKAKUAN EFEKTIF ELEMEN STRUKTUR

Untuk perhitungan gaya-gaya dalam (momen lentur, gaya geser, gaya normal, torsi) pada struktur Rumah Tinggal Ibu - akibat pengaruh beban gempa, digunakan kekakuan efektif dari elemen kolom dan balok struktur, sbb :

Balok Beton : 0,35 Ib (Ib : Momen inersia penampang balok)

Kolom Beton : 0,70 Ik (Ik : Momen inersia penampang kolom)

13. REKAPITULASI STRUKTUR BETON (KOLOM, SLOOF DAN BALOK)

Dari gambar, ukuran dan tulangan komponen beton dapat diinput dalam program agar dapat dianalisa apakah dimensi dan tulangan komponen beton tersebut mampu menahan beban. Hasil analisa untuk Kolom dan Balok dapat dilihat pada Tabel 13 dan Tabel 14 berikut. Untuk **plat beton menggunakan tebal 12 cm** digunakan penulangan **Wiremesh M8-150 Double Layer** apabila dilaksanakan secara konvensional.

Tabel 13. Rekapitulasi Dimensi dan Penulangan Kolom

| Nama Kolom | Tulangan Longitudinal (Utama) | Sengkang | Mutu Beton | Mutu Baja Tulangan |
|---------------|-------------------------------|----------|------------|--------------------|
| K1 15 X 50 | 8D13 | Tumpuan | K250 | Tulangan Utama |
| | | Ø8 - 100 | | fy 420 MPa |
| | | Lapangan | | Tulangan Sengkang |

| | | | | | |
|----------------|------|--|-----------------------|------|-------------------|
| | | | $\varnothing 8 - 150$ | | fy 240 Mpa |
| K2 15 X 30 | 6D13 | | Tumpuan | K250 | Tulangan Utama |
| | | | $\varnothing 8 - 100$ | | fy 420 MPa |
| | | | Lapangan | | Tulangan Sengkang |
| | | | $\varnothing 8 - 150$ | | fy 240 Mpa |
| K3 15 X 20 | 4D13 | | Tumpuan | K250 | Tulangan Utama |
| | | | $\varnothing 8 - 100$ | | fy 420 MPa |
| | | | Lapangan | | Tulangan Sengkang |
| | | | $\varnothing 8 - 150$ | | fy 240 Mpa |
| K4 15 X 15 | 4Ø8 | | Tumpuan | K200 | Tulangan Utama |
| | | | $\varnothing 6 - 150$ | | fy 240 Mpa |
| | | | Lapangan | | Tulangan Sengkang |
| | | | $\varnothing 6 - 150$ | | fy 240 Mpa |
| K4' 15 X 15 | 4Ø6 | | Tumpuan | K200 | Tulangan Utama |
| | | | $\varnothing 6 - 150$ | | fy 240 Mpa |
| | | | Lapangan | | Tulangan Sengkang |
| | | | $\varnothing 6 - 150$ | | fy 240 Mpa |

Tabel 14. Rekapitulasi Dimensi dan Penulangan Balok

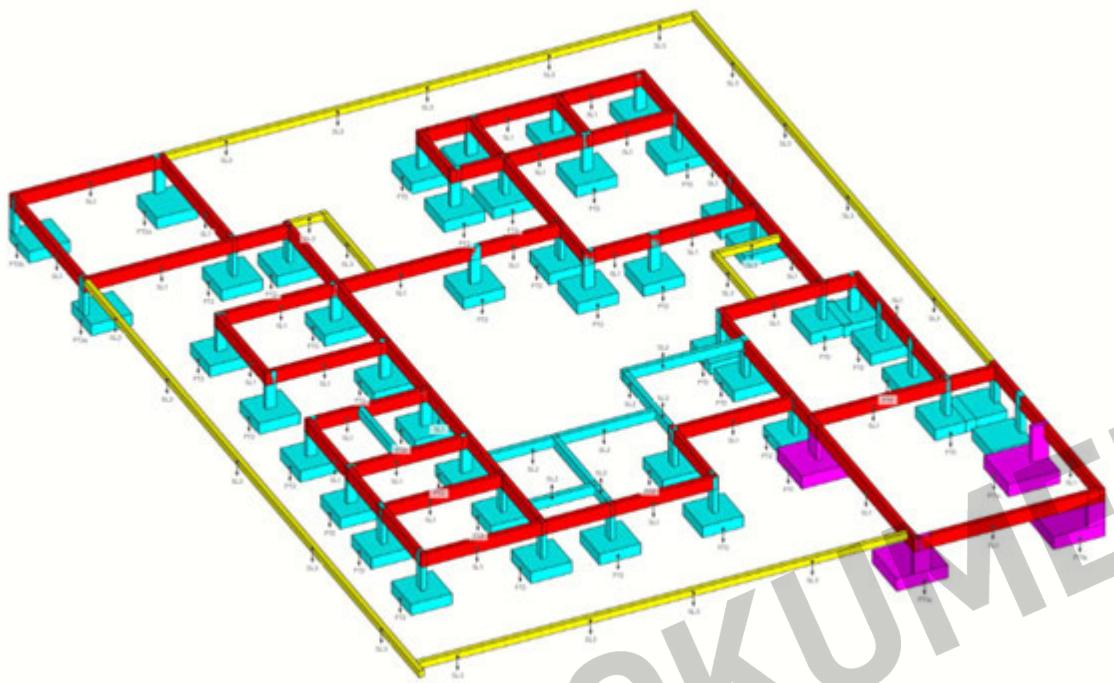
| Nama Balok | Tulangan Longitudinal (Utama) | Sengkang | | Sengkang Kait | | Tulangan Samping | Mutu Beton | Mutu Baja Tulangan | | | | | | |
|-------------|-------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------|--------------------|--|--|--|--|--|--|
| | | Tumpuan | Lapangan | Tumpuan | Lapangan | | | | | | | | | |
| S1 15/40 | Tumpuan | | $\varnothing 8 - 100$ | $\varnothing 8 - 150$ | $\varnothing 8 - 100$ | $\varnothing 8 - 150$ | 2Ø10 | K250 | | | | | | |
| | Atas | 2D13 | | | | | | | | | | | | |
| | Bawah | 2D13 | | | | | | | | | | | | |
| | Lapangan | | | | | | | | | | | | | |
| | Atas | 2D13 | | | | | | | | | | | | |
| | Bawah | 2D13 | | | | | | | | | | | | |
| S2 15/30 | Tumpuan | | $\varnothing 8 - 100$ | $\varnothing 8 - 150$ | | | K250 | | | | | | | |
| | Atas | 2D13 | | | | | | | | | | | | |
| | Bawah | 2D13 | | | | | | | | | | | | |
| | Lapangan | | | | | | | | | | | | | |
| | Atas | 2D13 | | | | | | | | | | | | |
| | Bawah | 2D13 | | | | | | | | | | | | |
| | Tumpuan | | | | | | | Tulangan Utama | | | | | | |
| | Atas | 2Ø10 | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | |
|-------|-----------------|------|----------|----------|----------|----------|-------------------|------------------------|
| S3 | Bawah | 2Ø10 | Ø8 - 200 | Ø8 - 200 | | | K200 | fy 240 MPa |
| 15/20 | Lapangan | | | | | | Tulangan Sengkang | |
| | Atas | 2Ø10 | | | | | | |
| | Bawah | 2Ø10 | | | | | | fy 240 MPa |
| | Tumpuan | | | | | | Tulangan Utama | |
| | Atas | 6D13 | | | | | | |
| B1 | Bawah | 4D13 | Ø8 - 100 | Ø8 - 150 | Ø8 - 100 | Ø8 - 150 | 4Ø10 | f _y 420 MPa |
| 15/60 | Lapangan | | | | | | Tulangan Sengkang | |
| | Atas | 4D13 | | | | | | |
| | Bawah | 6D13 | | | | | | fy 240 MPa |
| | Tumpuan | | | | | | Tulangan Utama | |
| | Atas | 5D13 | | | | | | |
| B2 | Bawah | 3D13 | Ø8 - 100 | Ø8 - 150 | Ø8 - 100 | Ø8 - 150 | 2Ø10 | f _y 420 MPa |
| 15/50 | Lapangan | | | | | | Tulangan Sengkang | |
| | Atas | 3D13 | | | | | | |
| | Bawah | 5D13 | | | | | | fy 240 MPa |
| | Tumpuan | | | | | | Tulangan Utama | |
| | Atas | 5D13 | | | | | | |
| B3 | Bawah | 3D13 | Ø8 - 100 | Ø8 - 150 | Ø8 - 100 | Ø8 - 150 | 2Ø10 | f _y 420 MPa |
| 15/40 | Lapangan | | | | | | Tulangan Sengkang | |
| | Atas | 3D13 | | | | | | |
| | Bawah | 5D13 | | | | | | fy 240 MPa |
| | Tumpuan | | | | | | Tulangan Utama | |
| | Atas | 5D13 | | | | | | |
| B3' | Bawah | 3D13 | Ø8 - 100 | Ø8 - 150 | Ø8 - 100 | Ø8 - 150 | 2Ø10 | f _y 420 MPa |
| 15/40 | Lapangan | | | | | | Tulangan Sengkang | |
| | Atas | 5D13 | | | | | | |
| | Bawah | 3D13 | | | | | | fy 240 MPa |
| | Tumpuan | | | | | | Tulangan Utama | |
| | Atas | 3D13 | | | | | | |
| B4 | Bawah | 3D13 | Ø8 - 100 | Ø8 - 150 | | | K250 | f _y 240 MPa |
| 15/30 | Lapangan | | | | | | Tulangan Sengkang | |
| | Atas | 3D13 | | | | | | |
| | Bawah | 3D13 | | | | | | fy 240 Mpa |
| | Tumpuan | | | | | | Tulangan Utama | |
| | Atas | 3D13 | | | | | | |
| B5 | Bawah | 2D13 | Ø8 - 100 | Ø8 - 150 | | | K250 | f _y 240 MPa |
| 15/20 | Lapangan | | | | | | Tulangan Sengkang | |
| | Atas | 2D13 | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|-----------------|------|----------|----------|--|--|------|--------------------------|--|--|--|--|--|
| | Bawah | 3D13 | | | | | | fy 240 Mpa | | | | | |
| B6 15/15 | Tumpuan | | Ø6 - 150 | Ø6 - 150 | | | K200 | Tulangan Utama | | | | | |
| | Atas | 2Ø8 | | | | | | | | | | | |
| | Bawah | 2Ø8 | | | | | | fy 240 MPa | | | | | |
| | Lapangan | | | | | | | Tulangan Sengkang | | | | | |
| | Atas | 2Ø8 | | | | | | | | | | | |
| | Bawah | 2Ø8 | | | | | | fy 240 Mpa | | | | | |
| B6' 15/15 | Tumpuan | | Ø6 - 150 | Ø6 - 150 | | | K200 | Tulangan Utama | | | | | |
| | Atas | 2Ø6 | | | | | | | | | | | |
| | Bawah | 2Ø6 | | | | | | fy 240 MPa | | | | | |
| | Lapangan | | | | | | | Tulangan Sengkang | | | | | |
| | Atas | 2Ø6 | | | | | | | | | | | |
| | Bawah | 2Ø6 | | | | | | fy 240 Mpa | | | | | |

14. PERHITUNGAN PONDASI

Perhitungan pondasi meliputi perhitungan geser 1 arah, geser 2 arah (geser pons) dan perhitungan penulangan pondasi. Analisa geser 1 arah dan geser 2 arah dilakukan untuk mengetahui apakah tebal pondasi cukup kuat untuk menahan beban terpusat yang bekerja diatasnya. Sedangkan perhitungan penulangan pondasi digunakan agar pondasi dapat menahan lentur yang disebabkan dari tegangan-tegangan yang terjadi di pondasi. Pondasi dilaksanakan pada kedalaman **1,5 meter di dalam tanah**. Detail perhitungan dan penulangan pondasi tersedia pada **Lampiran**. Untuk penempatan pondasi yang dipakai dapat dilihat pada Gambar 6 dibawah ini.



PONDASI FOOTPLAT KEDALAMAN 1.5M

FT1 uk (150x150x35) cm untuk K1 15.50
Tulangan Utama Bawah arah X : D13 – 120
Tulangan Utama Bawah arah Y : D13 – 120
Tulangan Utama Atas arah X : D13 – 120
Tulangan Utama Atas arah Y : D13 – 120

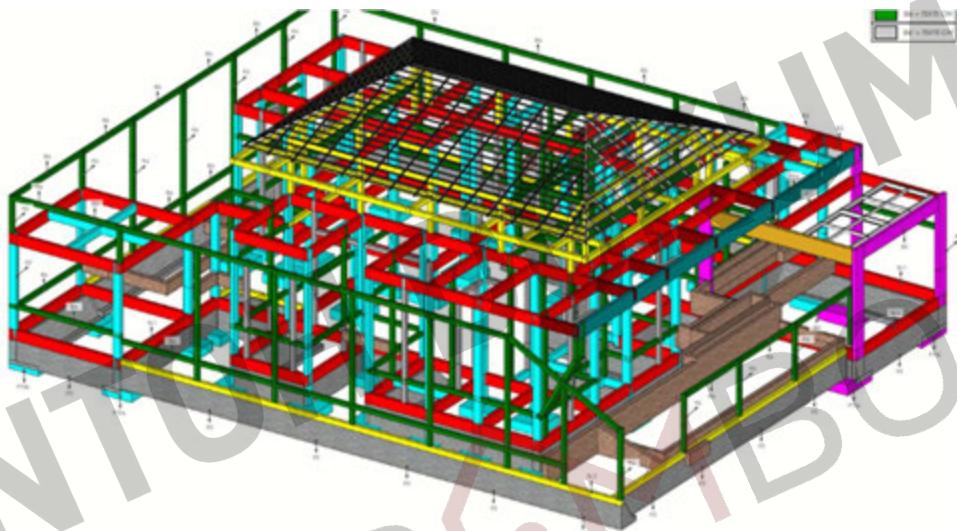
FT2 uk (120x120x35) cm untuk K2 15.30
Tulangan Utama Bawah arah X : D13 – 120
Tulangan Utama Bawah arah Y : D13 – 120
Tulangan Utama Atas arah X : D13 – 120
Tulangan Utama Atas arah Y : D13 – 120

Gambar 6. Rekapitulasi Footplat Elevasi -1,5 meter

LAMPIRAN

ANALISA PERHITUNGAN STRUKTUR

PT SIBAMBO KARYA INTERNASIONAL



PEKERJAAN

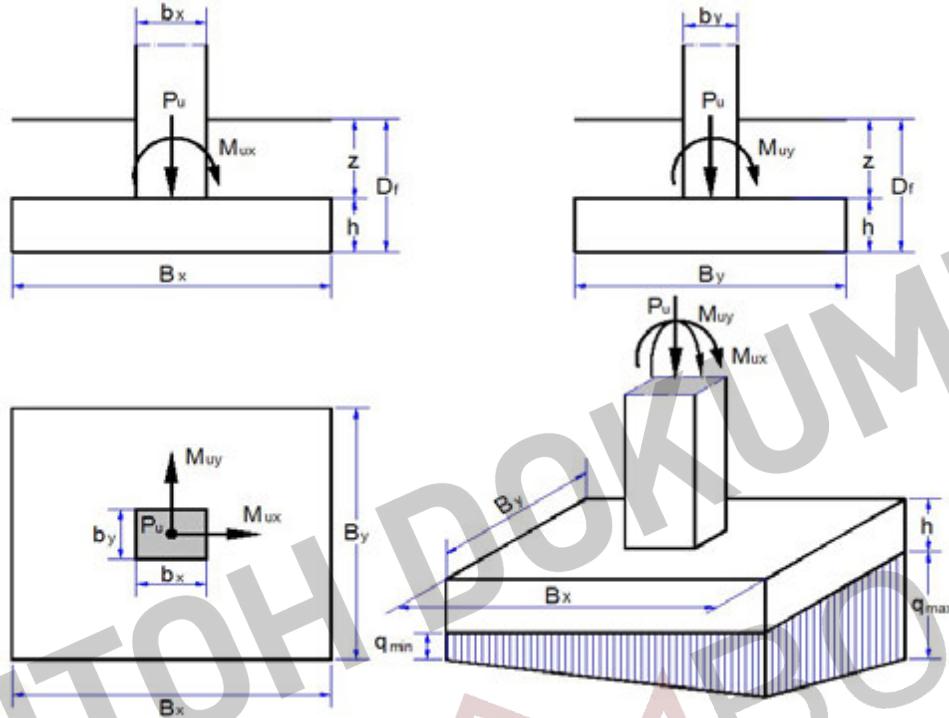
Rumah Ibu -

OKTOBER

2023

PERHITUNGAN FONDASI FOOTPLAT

BENTUK EMPAT PERSEGI PANJANG



A. DATA FONDASI FOOT PLAT

DATA TANAH

| | | |
|---|-----------------|--------------------|
| Kedalaman fondasi, | $D_f = 1,50$ | m |
| Berat volume tanah, | $\gamma = 2,58$ | kN/m ³ |
| Sudut gesek dalam, | $\phi = 28,07$ | ° |
| Kohesi, | $c = 9,50$ | kPa |
| Tahanan konus rata-rata (hasil pengujian sondir), | $q_c = 25,00$ | kg/cm ² |

DIMENSI FONDASI

| | | |
|--|-----------------|---|
| Lebar fondasi arah x, | $B_x = 1,50$ | m |
| Lebar fondasi arah y, | $B_y = 1,50$ | m |
| Tebal fondasi, | $h = 0,35$ | m |
| Lebar kolom arah x, | $b_x = 0,15$ | m |
| Lebar kolom arah y, | $b_y = 0,30$ | m |
| Posisi kolom (dalam = 40, tepi = 30, sudut = 20) | $\alpha_s = 40$ | |

BAHAN KONSTRUKSI

| | | | |
|--------------------------------------|--------------|--------|-------------------|
| Kuat tekan beton, | $f_c' =$ | 20,75 | MPa |
| Kuat leleh baja tulangan, | $f_y =$ | 420 | MPa |
| Berat beton bertulang, | $\gamma_c =$ | 24 | kN/m ³ |
| BEBAN RENCANA FONDASI | | | |
| Gaya aksial akibat beban terfaktor, | $P_u =$ | 19,629 | kN |
| Momen arah x akibat beban terfaktor, | $M_{ux} =$ | 0,130 | kNm |
| Momen arah y akibat beban terfaktor, | $M_{uy} =$ | -0,339 | kNm |

B. KAPASITAS DUKUNG TANAH

1. MENURUT TERZAGHI DAN PECK (1943)

Kapasitas dukung ultimit tanah menurut Terzaghi dan Peck (1943) :

$$q_u = c * N_c * (1 + 0.3 * B / L) + D_f * \gamma * N_q + 0.5 * B * N_\gamma * (1 - 0.2 * B / L)$$

c = kohesi tanah (kN/m²)

D_f = Kedalaman fondasi (m)

γ = berat volume tanah (kN/m³)

B = lebar fondasi (m)

L = panjang fondasi (m)

Sudut gesek dalam,

| | | |
|--|------------|-------------------|
| c = | 9,50 | ° |
| D _f = | 1,50 | m |
| $\gamma =$ | 2,58 | kN/m ³ |
| B = B _y = | 1,50 | m |
| L = B _y = | 1,50 | m |
| $\phi =$ | 28,07 | ° |
| $\phi = \phi / 180 * \pi =$ | 0,48991392 | rad |
| $a = e^{(3*\pi / 4 - \phi/2)*\tan \phi} =$ | 3,08291521 | |
| $K_{py} = 3 * \tan^2 [45^\circ + 1/2*(\phi + 33^\circ)] =$ | 45,0813001 | |

Faktor kapasitas dukung tanah menurut Terzaghi :

$$N_c = 1 / \tan \phi * [a^2 / (2 * \cos^2 (45 + \phi/2) - 1)] = 31,787$$

$$N_q = a^2 / [(2 * \cos^2 (45 + \phi/2)] = N_c * \tan \phi + 1 = 17,951$$

$$N_\gamma = 1/2 * \tan \phi * [K_{py} / \cos^2 \phi - 1] = 15,172$$

Kapasitas dukung ultimit tanah menurut Terzaghi :

$$q_u = c * N_c * (1 + 0.3 * B / L) + D_f * \gamma * N_q + 0.5 * B * N_\gamma * (1 - 0.2 * B / L) = 471,15 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas dukung tanah,

$$q_a = q_u / 3 = 157,05 \text{ kN/m}^2$$

2. MENURUT MEYERHOF (1956)

Kapasitas dukung tanah menurut Meyerhof (1956) :

$$q_a = q_c / 33 * [(B + 0.3) / B]^2 * K_d \quad (\text{dalam kg/cm}^2)$$

dengan,

$$K_d = 1 + 0.33 * D_f / B \quad \text{harus} \leq 1.33$$

q_c = tahanan konus rata-rata hasil sondir pada dasar fondasi (kg/cm^2)

B = lebar fondasi (m)

D_f = Kedalaman fondasi (m)

$$B = B_y = 1,50 \text{ m}$$

$$D_f = 1,50 \text{ m}$$

$$K_d = 1 + 0,33 * D_f / B = 1,33 < 1,33$$

→ diambil,

$$K_d = 1,33$$

Tahanan konus rata-rata hasil sondir pada dasar fondasi,

$$q_c = 25,00 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_a = q_c / 33 * [(B + 0,3) / B]^2 * K_d = 1,451 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas dukung ijin tanah,

$$q_a = 145,09 \text{ kN/m}^2$$

3. KAPASITAS DUKUNG TANAH YANG DIPAKAI

Kapasitas dukung tanah menurut Terzaghi dan Peck :

$$q_a = 157,05 \text{ kN/m}^2$$

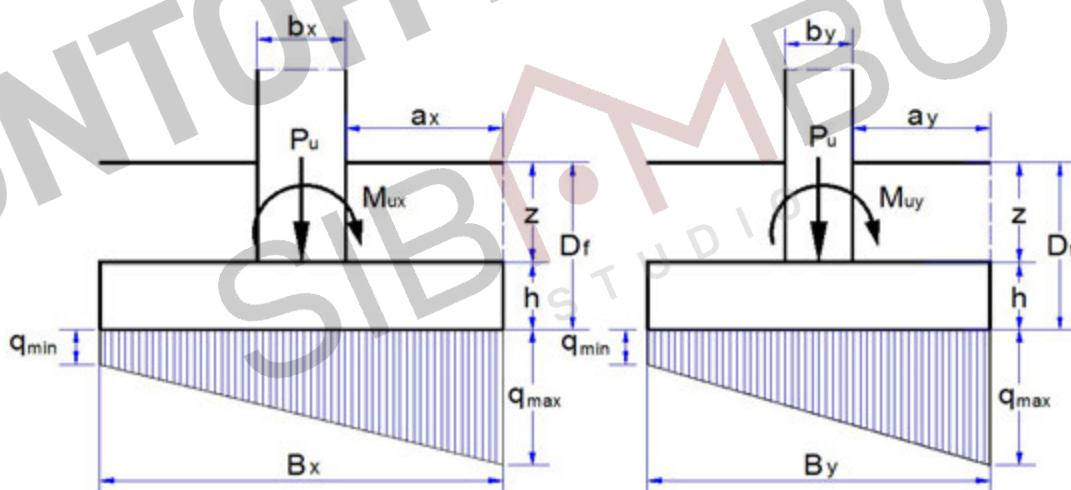
Kapasitas dukung tanah tanah menurut Meyerhof :

$$q_a = 145,09 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas dukung tanah yang dipakai :

$$q_a = 145,09 \text{ kN/m}^2$$

C. KONTROL TEGANGAN TANAH



Luas dasar foot plat,

$$A = B_x * B_y = 2,2500 \text{ m}^2$$

Tahanan momen arah x,

$$W_x = 1/6 * B_y * B_x^2 = 0,5625 \text{ m}^3$$

Tahanan momen arah y,

$$W_y = 1/6 * B_x * B_y^2 = 0,5625 \text{ m}^3$$

Tinggi tanah di atas foot plat,

$$z = D_f - h = 1,15 \text{ m}$$

Tekanan akibat berat foot plat dan tanah,

$$q = h * \gamma_c + z * \gamma = 11,367 \text{ kN/m}^2$$

Eksentrisitas pada fondasi :

$$e_x = M_{ux} / P_u = 0,0066 \text{ m} <$$

$$B_x / 6 = 0,2500 \text{ m} \quad (\text{OK})$$

$$e_y = M_{uy} / P_u = -0,0173 \text{ m} < B_y / 6 = 0,2500 \text{ m} \quad (\text{OK})$$

Tegangan tanah maksimum yang terjadi pada dasar fondasi :

$$q_{\max} = P_u / A + M_{ux} / W_x + M_{uy} / W_y + q = 19,719 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\max} < q_a \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

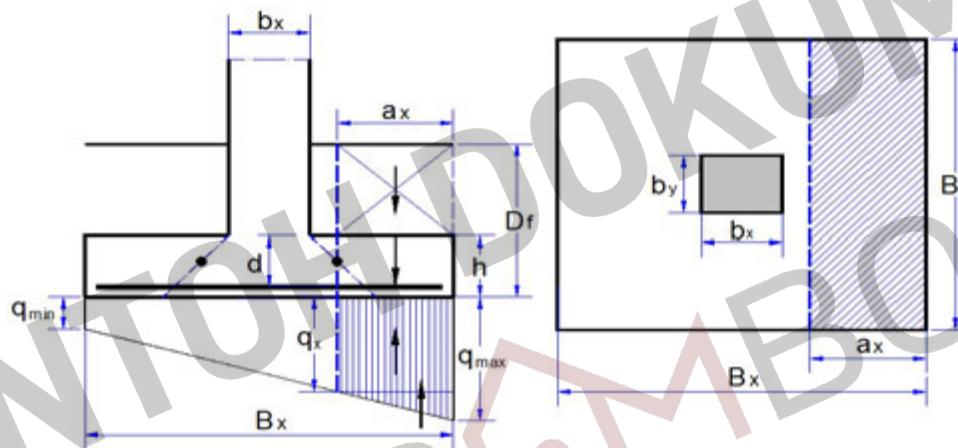
Tegangan tanah minimum yang terjadi pada dasar fondasi :

$$q_{\min} = P_u / A - M_{ux} / W_x - M_{uy} / W_y + q = 20,463 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\min} > 0 \rightarrow \text{tak terjadi teg.tarik (OK)}$$

D. GAYA GESER PADA FOOT PLAT

1. TINJAUAN GESER ARAH X



Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton,

Tebal efektif foot plat,

Jarak bid. kritis terhadap sisi luar foot plat,

$$d' = 0,075 \text{ m}$$

$$d = h - d' = 0,275 \text{ m}$$

$$a_x = (B_x - b_x - d) / 2 = 0,538 \text{ m}$$

Tegangan tanah pada bidang kritis geser arah x,

$$q_x = q_{\min} + (B_x - a_x) / B_x * (q_{\max} - q_{\min}) = 19,986 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Gaya geser arah x, } V_{ux} = [q_x + (q_{\max} - q_x) / 2 - q] * a_x * B_y = 6,841 \text{ kN}$$

$$\text{Lebar bidang geser untuk tinjauan arah x, } b = B_y = 1500 \text{ mm}$$

$$\text{Tebal efektif footplat, } d = 275 \text{ mm}$$

$$\text{Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom, } \beta_c = b_x / b_y = 0,5000$$

Kuat geser foot plat arah x, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari pers.sbb. :

$$V_c = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f'_c * b * d} / 6 * 10^{-3} = 1565,856 \text{ kN}$$

$$V_c = [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f'_c * b * d} / 12 * 10^{-3} = 1461,465 \text{ kN}$$

$$V_c = 1 / 3 * \sqrt{f'_c * b * d} * 10^{-3} = 626,342 \text{ kN}$$

Diambil, kuat geser foot plat,

$$\rightarrow V_c = 626,342 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan geser,

$$\phi = 0,75$$

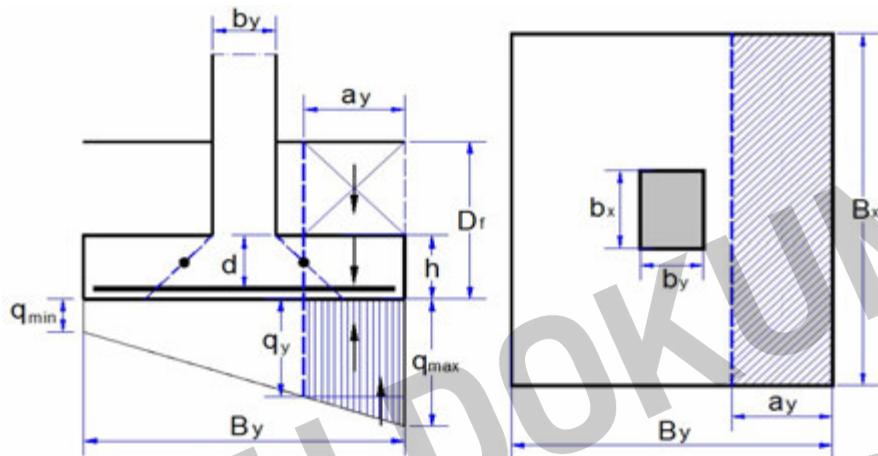
Kuat geser foot plat,

$$\phi * V_c = 469,757 \text{ kN}$$

Syarat yang harus dipenuhi,

$$\begin{array}{c} \phi * V_c \geq V_{ux} \\ 469,757 > 6,841 \end{array} \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

2. TINJAUAN GESER ARAH Y



Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d' = 0,085 \text{ m}$$

Tebal efektif foot plat,

$$d = h - d' = 0,265 \text{ m}$$

Jarak bid. kritis terhadap sisi luar foot plat,

$$a_y = (B_y - b_y - d) / 2 = 0,468 \text{ m}$$

Tegangan tanah pada bidang kritis geser arah y,

$$q_y = q_{\min} + (B_y - a_y) / B_y * (q_{\max} - q_{\min}) = 19,951 \text{ kN/m}^2$$

Gaya geser arah y, $V_{uy} = [q_y + (q_{\max} - q_y) / 2 - q] * a_y * B_x = 5,938 \text{ kN}$

$$b = B_x = 1500 \text{ mm}$$

Lebar bidang geser untuk tinjauan arah y,

$$d = 265 \text{ mm}$$

Tebal efektif footplat,

$$\beta_c = b_x / b_y = 0,5000$$

Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom,

Kuat geser foot plat arah y, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari pers.sbb. :

$$V_c = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f'_c * b * d} / 6 * 10^{-3} = 1508,916 \text{ kN}$$

$$V_c = [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f'_c * b * d} / 12 * 10^{-3} = 1368,083 \text{ kN}$$

$$V_c = 1 / 3 * \sqrt{f'_c * b * d} * 10^{-3} = 603,566 \text{ kN}$$

Diambil, kuat geser foot plat,

$$\rightarrow V_c = 603,566 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan geser,

$$\phi = 0,75$$

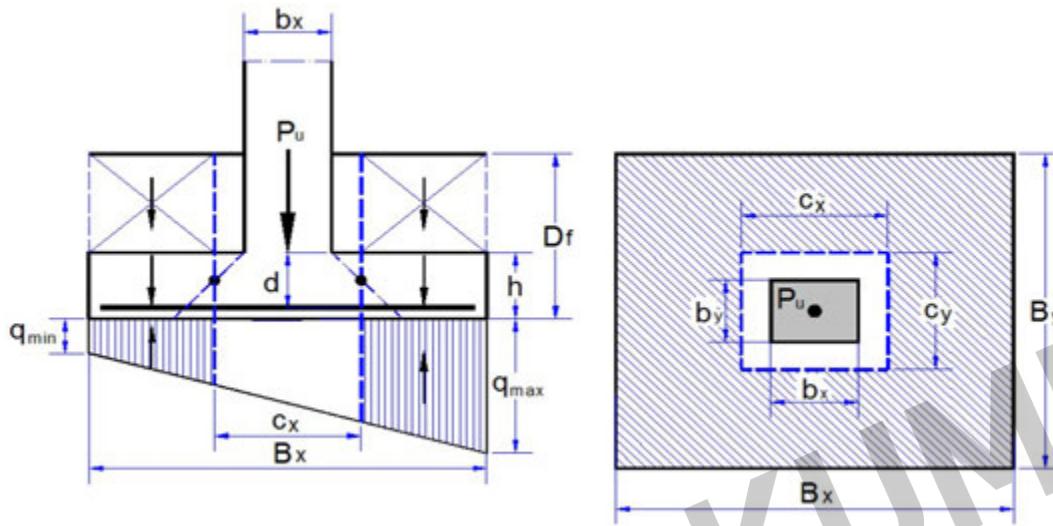
Kuat geser foot plat,

$$\phi * V_c = 452,675 \text{ kN}$$

Syarat yang harus dipenuhi,

$$\begin{array}{c} \phi * V_c \geq V_{ux} \\ 452,675 > 5,938 \end{array} \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

3. TINJAUAN GESER DUA ARAH (PONS)



Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton,

Tebal efektif foot plat,

Lebar bidang geser pons arah x,

Lebar bidang geser pons arah y,

Gaya geser pons yang terjadi,

$$\begin{aligned} d' &= 0,085 \text{ m} \\ d &= h - d' = 0,27 \text{ m} \\ c_x &= b_x + 2 * d = 0,415 \text{ m} \\ c_y &= b_y + 2 * d = 0,565 \text{ m} \end{aligned}$$

$$V_{up} = (B_x * B_y - c_x * c_y) * [(q_{max} + q_{min}) / 2 - q] = 17,583 \text{ kN}$$

Luas bidang geser pons,

$$A_p = 2 * (c_x + c_y) * d = 0,519 \text{ m}^2$$

Lebar bidang geser pons,

$$b_p = 2 * (c_x + c_y) = 1,960 \text{ m}$$

Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom,

$$\beta_c = b_x / b_y = 0,5000$$

Tegangan geser pons, diambil nilai terkecil dari f_p yang diperoleh dari pers.sbb. :

$$f_p = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f_c'} / 6 = 3,796 \text{ MPa}$$

$$f_p = [\alpha_s * d / b_p + 2] * \sqrt{f_c'} / 12 = 2,812 \text{ MPa}$$

$$f_p = 1 / 3 * \sqrt{f_c'} = 1,518 \text{ MPa}$$

$$f_p = 1,518 \text{ MPa}$$

$$\phi = 0,75$$

$$591,49 \text{ kN}$$

Tegangan geser pons yang disyaratkan,

Faktor reduksi kekuatan geser pons,

Kuat geser pons,

$$\phi * V_{np} = \phi * A_p * f_p * 10^3 = 591,49 \text{ kN}$$

Syarat :

$$\phi * V_{np} \geq V_{up}$$

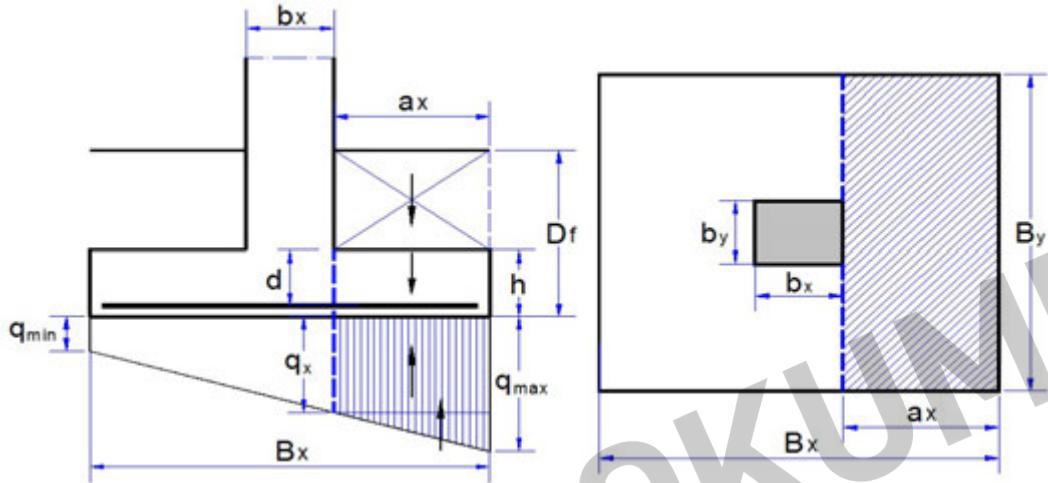
$$591,495 > 17,583 \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

$$\phi * V_{np} \geq P_u$$

$$591,495 > 19,629 \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

E. PEMBESIAN FOOTPLAT

1. TULANGAN LENTUR ARAH X



Jarak tepi kolom terhadap sisi luar foot plat,

$$a_x = (B_x - b_x) / 2 = \boxed{0,675} \text{ m}$$

Tegangan tanah pada tepi kolom,

$$q_x = q_{\min} + (B_x - a_x) / B_x * (q_{\max} - q_{\min}) = \boxed{20,054} \text{ kN/m}^2$$

Momen yang terjadi pada plat fondasi akibat tegangan tanah,

$$M_{ux} = 1/2 * a_x^2 * [q_x + 2/3 * (q_{\max} - q_x) - q] * B_y = \boxed{2,892} \text{ kNm}$$

Lebar plat fondasi yang ditinjau,

$$b = B_y = \boxed{1500} \text{ mm}$$

Tebal plat fondasi,

$$h = \boxed{350} \text{ mm}$$

Jarak pusat tulangan thd. sisi luar beton,

$$d' = \boxed{75} \text{ mm}$$

Tebal efektif plat,

$$d = h - d' = \boxed{275} \text{ mm}$$

Kuat tekan beton,

$$f_c' = \boxed{21} \text{ MPa}$$

Kuat leleh baja tulangan,

$$f_y = \boxed{420} \text{ MPa}$$

Modulus elastis baja,

$$E_s = \boxed{2,00E+05} \text{ MPa}$$

Faktor distribusi teg. beton,

$$\beta_1 = \boxed{0,85}$$

$$\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = \boxed{0,02099702}$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = \boxed{0,80}$$

$$R_{\max} = 0,75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0,75 * \rho_b * f_y / (0,85 * f_c')] = \boxed{5,374}$$

$$M_n = M_{ux} / \phi = \boxed{3,615} \text{ kNm}$$

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = \boxed{0,03187}$$

$$R_n < R_{\max} \rightarrow (\text{OK})$$

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = 0,85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0,85 * f_c')}] = \boxed{0,0001}$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = \boxed{0,0025}$$

Rasio tulangan yang digunakan,

Luas tulangan yang diperlukan,

Diameter tulangan yang digunakan,

Jarak tulangan yang diperlukan,

Jarak tulangan maksimum,

Jarak tulangan yang digunakan,

Digunakan tulangan,

Luas tulangan terpakai,

$$\rho = 0,0025 \text{ mm}^2$$
$$A_s = \rho * b * d = 1031,25 \text{ mm}^2$$

$$D = 13 \text{ mm}$$

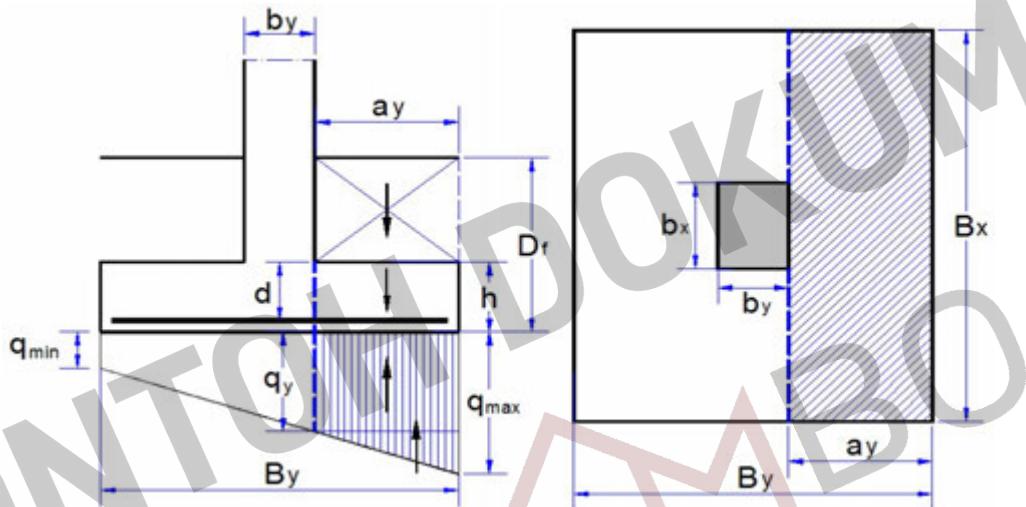
$$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 125 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = 200 \text{ mm}$$

$$s = 125 \text{ mm}$$

$$D = 13 - 120 \text{ mm}$$
$$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 1659,15 \text{ mm}^2$$

2. TULANGAN LENTUR ARAH Y



Jarak tepi kolom terhadap sisi luar foot plat,

$$a_y = (B_y - b_y) / 2 = 0,600 \text{ m}$$

Tegangan tanah pada tepi kolom,

$$q_y = q_{\min} + (B_y - a_y) / B_y * (q_{\max} - q_{\min}) = 20,017 \text{ kN/m}^2$$

Momen yang terjadi pada plat fondasi akibat tegangan tanah,

$$M_{uy} = 1/2 * a_y^2 * [q_y + 2/3 * (q_{\max} - q_y) - q] * B_x = 2,282 \text{ kNm}$$

Lebar plat fondasi yang ditinjau,

$$b = B_x = 1500 \text{ mm}$$

Tebal plat fondasi,

$$h = 350 \text{ mm}$$

Jarak pusat tulangan thd. sisi luar beton,

$$d' = 85 \text{ mm}$$

Tebal efektif plat,

$$d = h - d' = 265 \text{ mm}$$

Kuat tekan beton,

$$f_c' = 21 \text{ MPa}$$

Kuat leleh baja tulangan,

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

Modulus elastis baja,

$$E_s = 2,00E+05 \text{ MPa}$$

Faktor distribusi teg. beton,

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0,02099702$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = 0,80$$

$$R_{\max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f_c')] = 5,374$$

$$M_n = M_{uy} / \phi = 2,852 \text{ kNm}$$

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 0,02708$$

$R_n < R_{\max} \rightarrow (\text{OK})$

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')}] = 0,0001$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rho = 0,0025$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 993,75 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,

$$D = 13 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 125 \text{ mm}$$

Jarak tulangan maksimum,

$$s_{\max} = 200 \text{ mm}$$

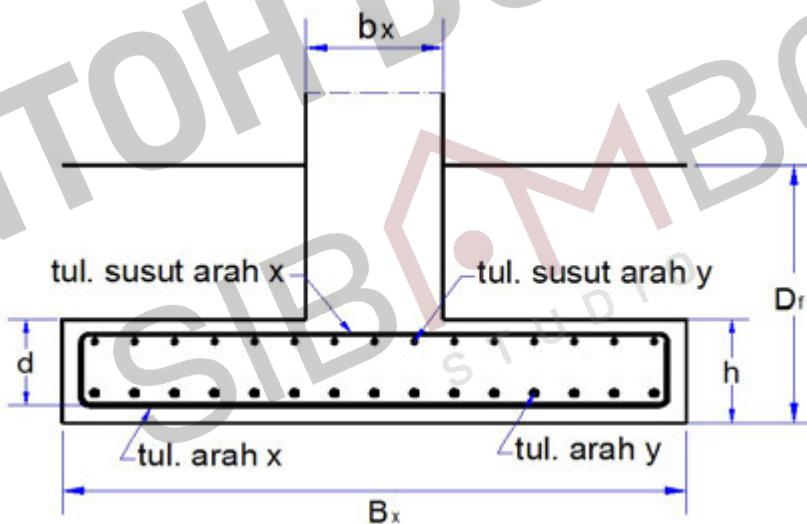
Jarak tulangan yang digunakan,

$$s = 125 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan,

$$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 1659,15 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan terpakai,



3. TULANGAN SUSUT

Rasio tulangan susut minimum,

$$\rho_{s\min} = 0,0014$$

Luas tulangan susut arah x,

$$A_{sx} = \rho_{s\min} * d * B_x = 577,500 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan susut arah y,

$$A_{sy} = \rho_{s\min} * d * B_y = 556,500 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,

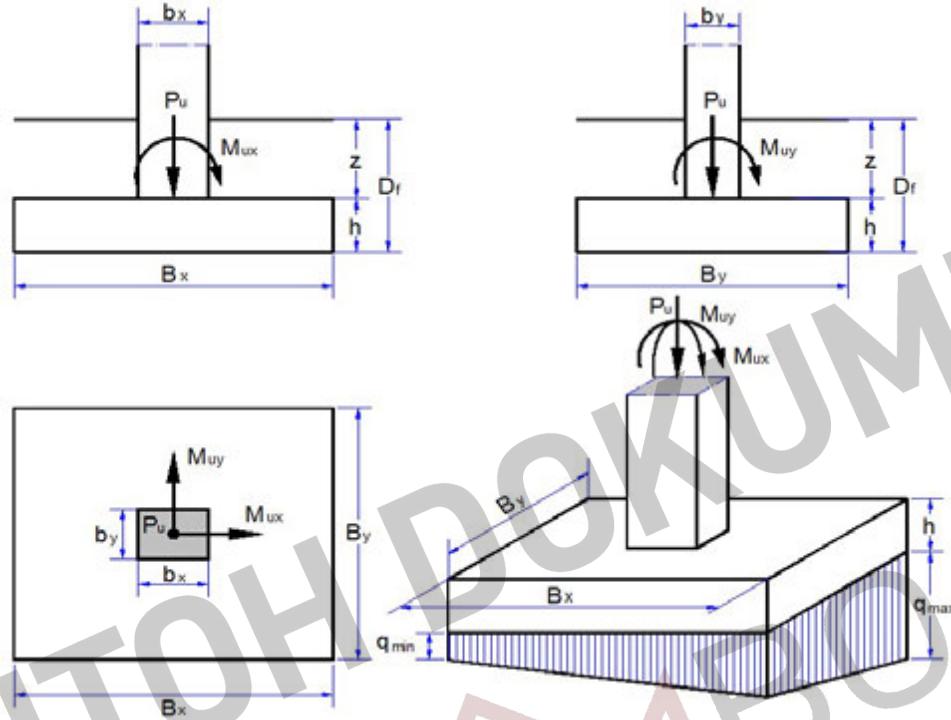
$$D = 13 \text{ mm}$$

| | | | |
|---|--|-----|----|
| Jarak tulangan susut arah x, | $s_x = \pi / 4 * \emptyset^2 * B_y / A_{sx} =$ | 345 | mm |
| Jarak tulangan susut maksimum arah x, | $s_{x,max} =$ | 200 | mm |
| Jarak tulangan susut arah x yang digunakan, | $\rightarrow s_x =$ | 200 | mm |
| Jarak tulangan susut arah y, | $s_y = \pi / 4 * \emptyset^2 * B_x / A_{sy} =$ | 358 | mm |
| Jarak tulangan susut maksimum arah y, | $s_{y,max} =$ | 200 | mm |
| Jarak tulangan susut arah y yang digunakan, | $\rightarrow s_y =$ | 200 | mm |
| Digunakan tulangan susut arah x, | D 13 - 200 | | |
| Digunakan tulangan susut arah y, | D 13 - 200 | | |

CONTOH DOKUMEN
SIBAMBO STUDIO

PERHITUNGAN FONDASI FOOTPLAT

BENTUK EMPAT PERSEGI PANJANG



A. DATA FONDASI FOOT PLAT

DATA TANAH

| | | |
|---|-----------------|--------------------|
| Kedalaman fondasi, | $D_f = 1,50$ | m |
| Berat volume tanah, | $\gamma = 2,58$ | kN/m ³ |
| Sudut gesek dalam, | $\phi = 18,00$ | ° |
| Kohesi, | $c = 9,00$ | kPa |
| Tahanan konus rata-rata (hasil pengujian sondir), | $q_c = 12,50$ | kg/cm ² |

DIMENSI FONDASI

| | | |
|--|-----------------|---|
| Lebar fondasi arah x, | $B_x = 1,20$ | m |
| Lebar fondasi arah y, | $B_y = 1,20$ | m |
| Tebal fondasi, | $h = 0,30$ | m |
| Lebar kolom arah x, | $b_x = 0,15$ | m |
| Lebar kolom arah y, | $b_y = 0,30$ | m |
| Posisi kolom (dalam = 40, tepi = 30, sudut = 20) | $\alpha_s = 40$ | |

BAHAN KONSTRUKSI

| | | | |
|--------------------------------------|--------------|--------|-------------------|
| Kuat tekan beton, | $f_c' =$ | 25,0 | MPa |
| Kuat leleh baja tulangan, | $f_y =$ | 420 | MPa |
| Berat beton bertulang, | $\gamma_c =$ | 24 | kN/m ³ |
| BEBAN RENCANA FONDASI | | | |
| Gaya aksial akibat beban terfaktor, | $P_u =$ | 27,242 | kN |
| Momen arah x akibat beban terfaktor, | $M_{ux} =$ | 0,478 | kNm |
| Momen arah y akibat beban terfaktor, | $M_{uy} =$ | -0,748 | kNm |

B. KAPASITAS DUKUNG TANAH

1. MENURUT TERZAGHI DAN PECK (1943)

Kapasitas dukung ultimit tanah menurut Terzaghi dan Peck (1943) :

$$q_u = c * N_c * (1 + 0.3 * B / L) + D_f * \gamma * N_q + 0.5 * B * N_\gamma * (1 - 0.2 * B / L)$$

c = kohesi tanah (kN/m²)

D_f = Kedalaman fondasi (m)

γ = berat volume tanah (kN/m³)

B = lebar fondasi (m)

L = panjang fondasi (m)

Sudut gesek dalam,

| | | |
|--|------------|-------------------|
| c = | 9,00 | ° |
| D _f = | 1,50 | m |
| $\gamma =$ | 2,58 | kN/m ³ |
| B = B _y = | 1,20 | m |
| L = B _y = | 1,20 | m |
| $\phi =$ | 18,00 | ° |
| $\phi = \phi / 180 * \pi =$ | 0,31415927 | rad |
| $a = e^{(3*\pi / 4 - \phi/2)*\tan \phi} =$ | 2,04323785 | |
| $K_{py} = 3 * \tan^2 [45^\circ + 1/2*(\phi + 33^\circ)] =$ | 23,923452 | |

Faktor kapasitas dukung tanah menurut Terzaghi :

$$N_c = 1 / \tan \phi * [a^2 / (2 * \cos^2 (45 + \phi/2) - 1)] = 15,517$$

$$N_q = a^2 / [(2 * \cos^2 (45 + \phi/2)] = N_c * \tan \phi + 1 = 6,042$$

$$N_\gamma = 1/2 * \tan \phi * [K_{py} / \cos^2 \phi - 1] = 4,134$$

Kapasitas dukung ultimit tanah menurut Terzaghi :

$$q_u = c * N_c * (1 + 0.3 * B / L) + D_f * \gamma * N_q + 0.5 * B * N_\gamma * (1 - 0.2 * B / L) = 206,92 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas dukung tanah,

$$q_a = q_u / 3 = 68,97 \text{ kN/m}^2$$

2. MENURUT MEYERHOF (1956)

Kapasitas dukung tanah menurut Meyerhof (1956) :

| | |
|--|-----------------------------|
| $q_a = q_c / 33 * [(B + 0.3) / B]^2 * K_d$ | (dalam kg/cm ²) |
| dengan, | $K_d = 1 + 0.33 * D_f / B$ |
| | harus ≤ 1.33 |

q_c = tahanan konus rata-rata hasil sondir pada dasar fondasi (kg/cm²)

B = lebar fondasi (m)

D_f = Kedalaman fondasi (m)

$$B = B_y = 1,20 \text{ m}$$

$$D_f = 1,50 \text{ m}$$

$$K_d = 1,4125 > 1.33$$

$$\rightarrow \text{diambil, } K_d = 1,33$$

Tahanan konus rata-rata hasil sondir pada dasar fondasi,

$$q_a = q_c / 33 * [(B + 0.3) / B]^2 * K_d = 12,50 \text{ kg/cm}^2$$

Kapasitas dukung ijin tanah,

$$q_c = 0,787 \text{ kg/cm}^2$$

$$q_a = 78,72 \text{ kN/m}^2$$

3. KAPASITAS DUKUNG TANAH YANG DIPAKAI

Kapasitas dukung tanah menurut Terzaghi dan Peck :

$$q_a = 68,97 \text{ kN/m}^2$$

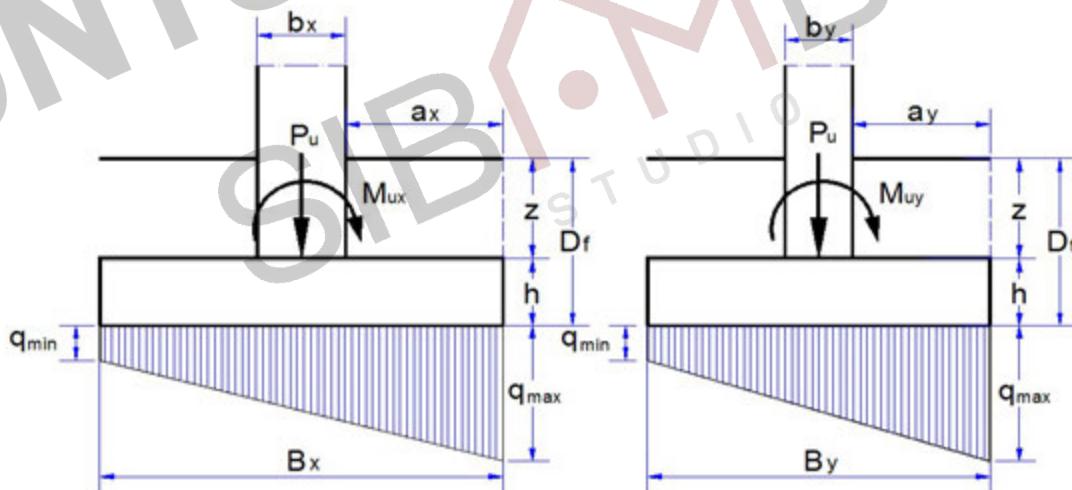
Kapasitas dukung tanah tanah menurut Meyerhof :

$$q_a = 78,72 \text{ kN/m}^2$$

Kapasitas dukung tanah yang dipakai :

$$q_a = 68,97 \text{ kN/m}^2$$

C. KONTROL TEGANGAN TANAH



Luas dasar foot plat,

$$A = B_x * B_y = 1,4400 \text{ m}^2$$

Tahanan momen arah x,

$$W_x = 1/6 * B_y * B_x^2 = 0,2880 \text{ m}^3$$

Tahanan momen arah y,

$$W_y = 1/6 * B_x * B_y^2 = 0,2880 \text{ m}^3$$

Tinggi tanah di atas foot plat,

$$z = D_f - h = 1,20 \text{ m}$$

Tekanan akibat berat foot plat dan tanah,

$$q = h * \gamma_c + z * \gamma = 10,296 \text{ kN/m}^2$$

Eksentrisitas pada fondasi :

$$e_x = M_{ux} / P_u = \boxed{0,0175} \text{ m} < \boxed{B_x / 6 = 0,2000} \text{ m} \quad (\text{OK})$$

$$e_y = M_{uy} / P_u = \boxed{-0,0275} \text{ m} < \boxed{B_y / 6 = 0,2000} \text{ m} \quad (\text{OK})$$

Tegangan tanah maksimum yang terjadi pada dasar fondasi :

$$q_{\max} = P_u / A + M_{ux} / W_x + M_{uy} / W_y + q = \boxed{28,275} \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\max} < q_a \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

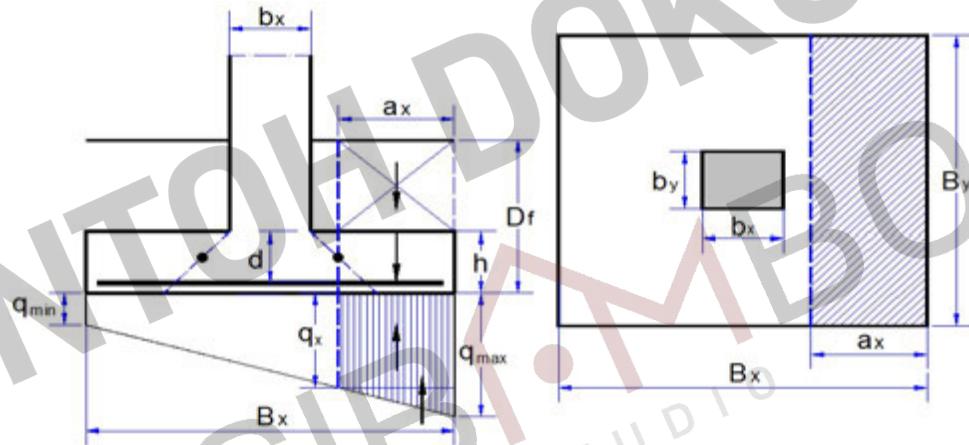
Tegangan tanah minimum yang terjadi pada dasar fondasi :

$$q_{\min} = P_u / A - M_{ux} / W_x - M_{uy} / W_y + q = \boxed{30,153} \text{ kN/m}^2$$

$$q_{\min} > 0 \rightarrow \text{tak terjadi teg.tarik (OK)}$$

D. GAYA GESER PADA FOOT PLAT

1. TINJAUAN GESER ARAH X



Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d' = \boxed{0,075} \text{ m}$$

Tebal efektif foot plat,

$$d = h - d' = \boxed{0,225} \text{ m}$$

Jarak bid. kritis terhadap sisi luar foot plat,

$$a_x = (B_x - b_x - d) / 2 = \boxed{0,413} \text{ m}$$

Tegangan tanah pada bidang kritis geser arah x,

$$q_x = q_{\min} + (B_x - a_x) / B_x * (q_{\max} - q_{\min}) = \boxed{28,921} \text{ kN/m}^2$$

Gaya geser arah x,

$$V_{ux} = [q_x + (q_{\max} - q_x) / 2 - q] * a_x * B_y = \boxed{9,059} \text{ kN}$$

Lebar bidang geser untuk tinjauan arah x,

$$b = B_y = \boxed{1200} \text{ mm}$$

Tebal efektif footplat,

$$d = \boxed{225} \text{ mm}$$

Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom,

$$\beta_c = b_x / b_y = \boxed{0,5000}$$

Kuat geser foot plat arah x, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari pers.sbb. :

$$V_c = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f'_c * b * d} / 6 * 10^{-3} = \boxed{1125,000} \text{ kN}$$

$$V_c = [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f'_c * b * d} / 12 * 10^{-3} = \boxed{1068,750} \text{ kN}$$

$$V_c = 1 / 3 * \sqrt{f'_c * b * d} * 10^{-3} = \boxed{450,000} \text{ kN}$$

Diambil, kuat geser foot plat,

$$\rightarrow V_c = 450,000 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan geser,

$$\phi = 0,75$$

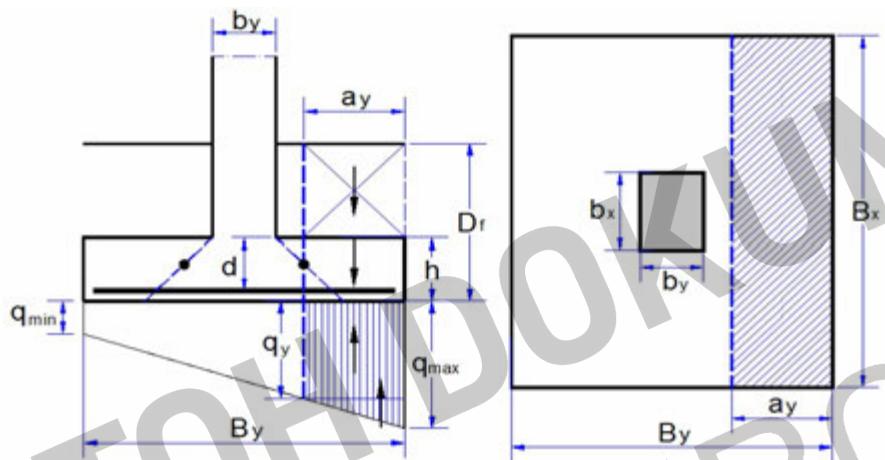
Kuat geser foot plat,

$$\phi * V_c = 337,500 \text{ kN}$$

Syarat yang harus dipenuhi,

$$\begin{aligned} \phi * V_c &\geq V_{ux} \\ 337,500 &> 9,059 \end{aligned} \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

2. TINJAUAN GESER ARAH Y



Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d' = 0,085 \text{ m}$$

Tebal efektif foot plat,

$$d = h - d' = 0,215 \text{ m}$$

Jarak bid. kritis terhadap sisi luar foot plat,

$$a_y = (B_y - b_y - d) / 2 = 0,343 \text{ m}$$

Tegangan tanah pada bidang kritis geser arah y,

$$q_y = q_{min} + (B_y - a_y) / B_y * (q_{max} - q_{min}) = 28,811 \text{ kN/m}^2$$

Gaya geser arah y,

$$V_{uy} = [q_y + (q_{max} - q_y) / 2 - q] * a_y * B_x = 7,500 \text{ kN}$$

Lebar bidang geser untuk tinjauan arah y,

$$b = B_x = 1200 \text{ mm}$$

Tebal efektif footplat,

$$d = 215 \text{ mm}$$

Rasio sisi panjang thd. sisi pendek kolom,

$$\beta_c = b_x / b_y = 0,5000$$

Kuat geser foot plat arah y, diambil nilai terkecil dari V_c yang diperoleh dari pers.sbb. :

$$V_c = [1 + 2 / \beta_c] * \sqrt{f'_c * b * d} / 6 * 10^{-3} = 1075,000 \text{ kN}$$

$$V_c = [\alpha_s * d / b + 2] * \sqrt{f'_c * b * d} / 12 * 10^{-3} = 985,417 \text{ kN}$$

$$V_c = 1 / 3 * \sqrt{f'_c * b * d} * 10^{-3} = 430,000 \text{ kN}$$

Diambil, kuat geser foot plat,

$$\rightarrow V_c = 430,000 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan geser,

$$\phi = 0,75$$

Kuat geser foot plat,

$$\phi * V_c = 322,500 \text{ kN}$$

Syarat yang harus dipenuhi,

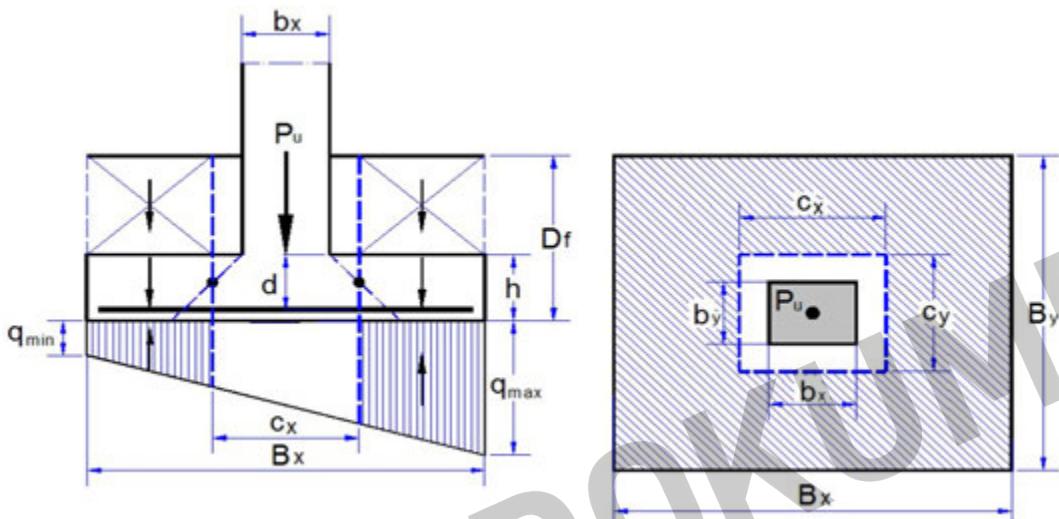
$$\phi * V_c \geq V_{ux}$$

322,500

7,500

AMAN (OK)

3. TINJAUAN GESER DUA ARAH (PONS)



Jarak pusat tulangan terhadap sisi luar beton,

Tebal efektif foot plat,

Lebar bidang geser pons arah x,

Lebar bidang geser pons arah y,

Gaya geser pons yang terjadi,

$$d' = \boxed{0,085} \text{ m}$$

$$d = h - d' = 0,22 \text{ m}$$

$$c_x = b_x + 2 * d = \boxed{0,365} \text{ m}$$

$$c_y = b_y + 2 * d = \boxed{0,515} \text{ m}$$

I was bidang geser nons

$$A_p = 2 * (c_x + c_y) * d = \frac{23,686}{0,378} \text{ m}^2$$

Lebar bidang geser non-

$$b_p = 2 * (c_x + c_y) = 1760 \text{ m}$$

Ratio sisi panjang thd. sis.

$$b_p = 2 * (c_x + c_y) = 1,760$$

Tegangan geser pons. diambil nilai terkecil

$$\beta_1 \equiv b_{11} / b_{10} \equiv$$

Tegangan geser pons yang disyaratkan.

Faktor reduksi kekuatan geser pons.

Kuat geser pons.

$$\phi^* V_{np} = \phi^* A_p * f_p * 10^3 = 473,00 \text{ kN}$$

Svarat :

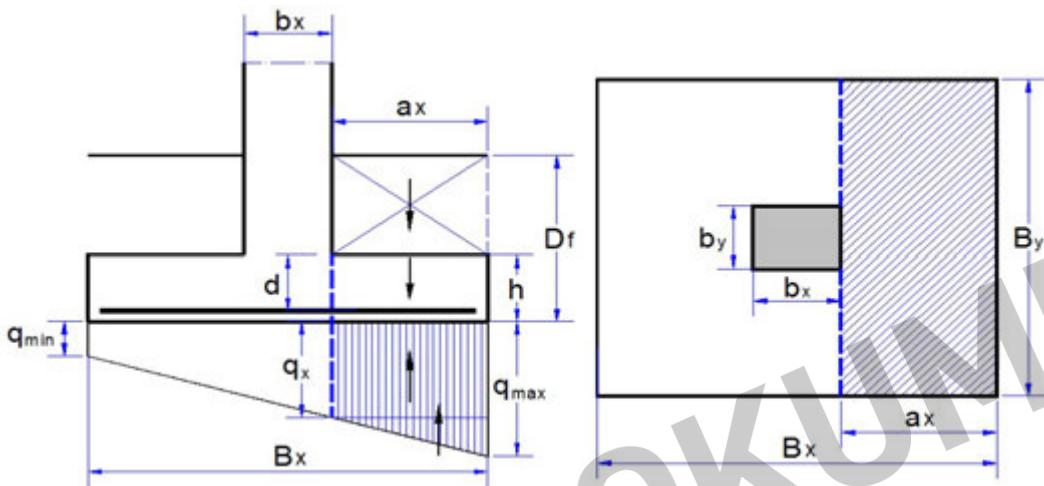
$$\phi^* V_{np} \geq V_{up}$$

473,000 > 23,686 → AMAN (OK)

$$\phi^* V_{np} \setminus P_u$$

E. PEMBESIAN FOOTPLAT

1. TULANGAN LENTUR ARAH X



Jarak tepi kolom terhadap sisi luar foot plat,

$$a_x = (B_x - b_x) / 2 = \boxed{0,525} \text{ m}$$

Tegangan tanah pada tepi kolom,

$$q_x = q_{\min} + (B_x - a_x) / B_x * (q_{\max} - q_{\min}) = \boxed{29,097} \text{ kN/m}^2$$

Momen yang terjadi pada plat fondasi akibat tegangan tanah,

$$M_{ux} = 1/2 * a_x^2 * [q_x + 2/3 * (q_{\max} - q_x) - q] * B_y = \boxed{3,019} \text{ kNm}$$

Lebar plat fondasi yang ditinjau,

$$b = B_y = \boxed{1200} \text{ mm}$$

Tebal plat fondasi,

$$h = \boxed{300} \text{ mm}$$

Jarak pusat tulangan thd. sisi luar beton,

$$d' = \boxed{75} \text{ mm}$$

Tebal efektif plat,

$$d = h - d' = \boxed{225} \text{ mm}$$

Kuat tekan beton,

$$f_c' = \boxed{25} \text{ MPa}$$

Kuat leleh baja tulangan,

$$f_y = \boxed{420} \text{ MPa}$$

Modulus elastis baja,

$$E_s = \boxed{2,00E+05} \text{ MPa}$$

Faktor distribusi teg. beton,

$$\beta_1 = \boxed{0,85}$$

$$\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = \boxed{0,02529762}$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = \boxed{0,80}$$

$$R_{\max} = 0,75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0,75 * \rho_b * f_y / (0,85 * f_c')] = \boxed{6,475}$$

$$M_n = M_{ux} / \phi = \boxed{3,773} \text{ kNm}$$

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = \boxed{0,06211}$$

$$R_n < R_{\max} \rightarrow (\text{OK})$$

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = 0,85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0,85 * f_c')}] = \boxed{0,0001}$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = \boxed{0,0025}$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rho = 0,0025 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 675,00 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,

$$D = 13 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$s = \pi / 4 * D^2 * b / A_s = 236 \text{ mm}$$

Jarak tulangan maksimum,

$$s_{max} = 200 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang digunakan,

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

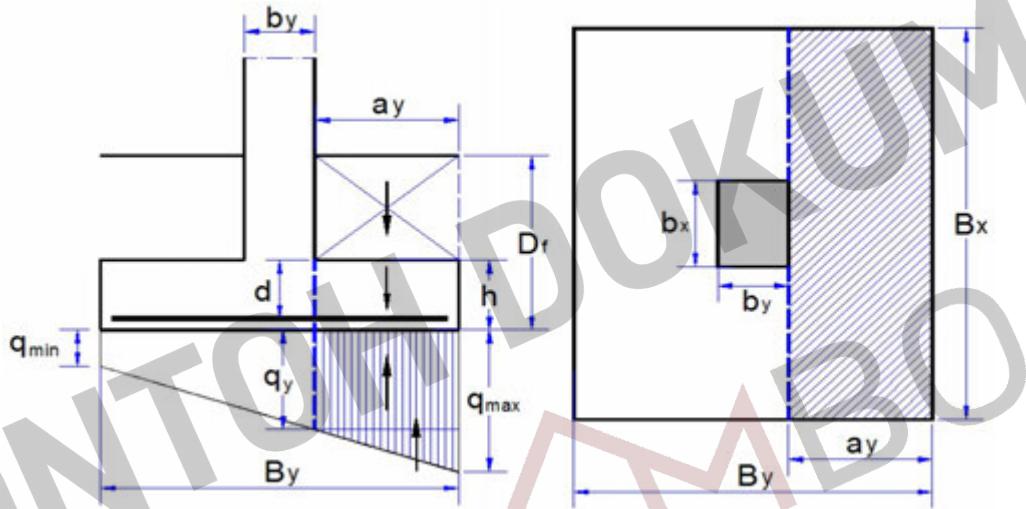
Digunakan tulangan,

$$D 13 - 200 \text{ mm}$$

Luas tulangan terpakai,

$$A_s = \pi / 4 * D^2 * b / s = 796,39 \text{ mm}^2$$

2. TULANGAN LENTUR ARAH Y



Jarak tepi kolom terhadap sisi luar foot plat,

$$a_y = (B_y - b_y) / 2 = 0,450 \text{ m}$$

Tegangan tanah pada tepi kolom,

$$q_y = q_{min} + (B_y - a_y) / B_y * (q_{max} - q_{min}) = 28,979 \text{ kN/m}^2$$

Momen yang terjadi pada plat fondasi akibat tegangan tanah,

$$M_{uy} = 1/2 * a_y^2 * [q_y + 2/3 * (q_{max} - q_y) - q] * B_x = 2,213 \text{ kNm}$$

Lebar plat fondasi yang ditinjau,

$$b = B_x = 1200 \text{ mm}$$

Tebal plat fondasi,

$$h = 300 \text{ mm}$$

Jarak pusat tulangan thd. sisi luar beton,

$$d' = 85 \text{ mm}$$

Tebal efektif plat,

$$d = h - d' = 215 \text{ mm}$$

Kuat tekan beton,

$$f_c' = 25 \text{ MPa}$$

Kuat leleh baja tulangan,

$$f_y = 420 \text{ MPa}$$

Modulus elastis baja,

$$E_s = 2,00E+05 \text{ MPa}$$

Faktor distribusi teg. beton,

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0,02529762$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = 0,80$$

$$R_{\max} = 0.75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0.75 * \rho_b * f_y / (0.85 * f_c')] = 6,475$$

$$M_n = M_{uy} / \phi = 2,766 \text{ kNm}$$

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 0,04987$$

$R_n < R_{\max} \rightarrow (\text{OK})$

Rasio tulangan yang diperlukan,

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')}] = 0,0001$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = 0,0025$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rho = 0,0025$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 645,00 \text{ mm}^2$$

Diameter tulangan yang digunakan,

$$D \text{ 13}$$

Jarak tulangan yang diperlukan,

$$247 \text{ mm}$$

Jarak tulangan maksimum,

$$200 \text{ mm}$$

Jarak tulangan yang digunakan,

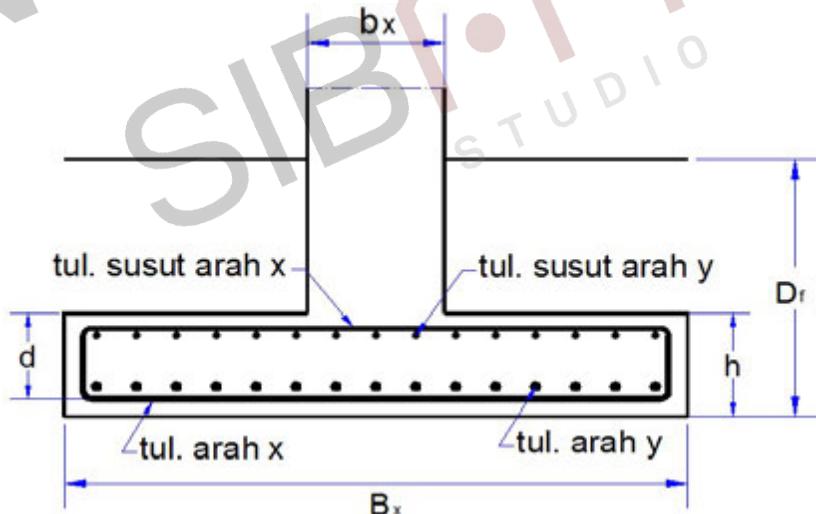
$$200 \text{ mm}$$

Digunakan tulangan,

$$200 \text{ mm}$$

Luas tulangan terpakai,

$$796,39 \text{ mm}^2$$



3. TULANGAN SUSUT

Rasio tulangan susut minimum,

$$\rho_{s\min} = 0,0014$$

Luas tulangan susut arah x,

$$A_{sx} = \rho_{s\min} * d * B_x = 378,000 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan susut arah y,

Diameter tulangan yang digunakan,

$$A_{sy} = \rho_{smin} * d * B_y = 361,200 \text{ mm}^2$$

D 13 mm

Jarak tulangan susut arah x,

Jarak tulangan susut maksimum arah x,

Jarak tulangan susut arah x yang digunakan,

Jarak tulangan susut arah y,

Jarak tulangan susut maksimum arah y,

Jarak tulangan susut arah y yang digunakan,

Digunakan tulangan susut arah x,

Digunakan tulangan susut arah y,

$$s_x = \pi / 4 * \emptyset^2 * B_y / A_{sx} = 421 \text{ mm}$$

$s_{x,max} = 200 \text{ mm}$

$\rightarrow s_x = 200 \text{ mm}$

$$s_y = \pi / 4 * \emptyset^2 * B_x / A_{sy} = 441 \text{ mm}$$

$s_{y,max} = 200 \text{ mm}$

$\rightarrow s_y = 200 \text{ mm}$

D 13 - 200

D 13 - 200

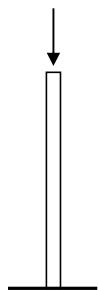
CONTOH DOKUMEN

SIBAMBO

STUDIO

PENULANGAN KOLOM K1 (15x50)

Dari hasil out-put SAP2000 diperoleh



$$\begin{aligned}
 P &= 1.254,00 \text{ kg} \\
 M &= 253,00 \text{ kg.m} \\
 \text{panjang tekuk} &= 500 \text{ cm} \\
 b &= 15 \text{ cm} \\
 ht &= 50 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$eo1 = \frac{M}{P} = \frac{253,00}{1.254,00} = 0,20 = 20,18 \text{ cm}$$

$$eo2 = \frac{1}{30} ht = \frac{50}{30} = 1,67 \text{ cm}$$

$$eo = eo1 + eo2 = 21,84 \text{ cm}$$

$$\frac{eo}{ht} = \frac{21,84}{50} = 0,4368 \text{ cm}$$

dari tabel PBI'71 10.6.2 , untuk baja keras -----> $C_2 = 7,57$

$$C_1 = 1$$

$$\begin{aligned}
 e1 &= C_1 C_2 (\frac{lk}{100 \cdot ht})^2 \cdot ht \\
 &= 1 \cdot 7,568 \left(\frac{500}{100 \cdot 50} \right)^2 \cdot 50 \\
 &= 3,784 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$e2 = 0,15 ht = 7,50 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 eu &= eo + e1 + e2 \\
 &= 21,84 + 3,784 + 7,5 = 33,13 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 eau &= eu + (1/2 ht) \\
 &= 33,13 + 25,0 \\
 &= 58,13 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \cdot eau &= 1.254,00 \times 58,13 = 72.890,14 \text{ kg.cm} \\
 &\quad = 728,90 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Pembesian kolom :

- lebar kolom = 500 mm
- beton decking = 25 mm
- tebal efektif d = 475 mm
- Mutu beton fc' = K-250 = 25 Mpa
- Mutu baja fy = U-420 = 420 MPa

$$\begin{aligned}m &= f_c / (0,85 \cdot f_y) \\&= 420 / (0,85 \cdot 25) \\&= 19,76\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= M / (\phi b d^2) \\&= 7.289,014 / (0,85 \cdot 500 \cdot 475,475) \\&= 0,076\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= (1/m) * (1 - \sqrt{1 - ((2 R_n m)/f_y)}) \\&= (1/19,76) * (1 - \sqrt{1 - ((2 \cdot 0,076 \cdot 19,76)/420)}) \\&= 0,00018\end{aligned}$$

$$A_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00018 \cdot 500 \cdot 475 = 43,06 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan **12 D 13** (Aact = 1592 mm²)

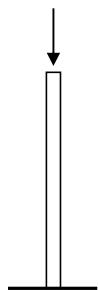
Pembesian begel :

Dsengkang **d10** - 150 mm

$$\begin{aligned}S1 &= 48x10 = 480 \text{ mm} \\S2 &= 16x13 = 208 \text{ mm} \\S3 &= 150 \text{ mm} \\S_{\text{min}} &= 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

PENULANGAN KOLOM K2 (15x40)

Dari hasil out-put SAP2000 diperoleh



$$\begin{aligned}
 P &= 1.032,00 \text{ kg} \\
 M &= 145,00 \text{ kg.m} \\
 \text{panjang tekuk} &= 500 \text{ cm} \\
 b &= 15 \text{ cm} \\
 ht &= 40 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$eo1 = \frac{M}{P} = \frac{145,00}{1.032,00} = 0,14 = 14,05 \text{ cm}$$

$$eo2 = \frac{1}{30} ht = \frac{40}{30} = 1,33 \text{ cm}$$

$$eo = eo1 + eo2 = 15,38 \text{ cm}$$

$$\frac{eo}{ht} = \frac{15,38}{40} = 0,3846 \text{ cm}$$

dari tabel PBI'71 10.6.2 , untuk baja keras ----> $C_2 = 7,54$

$$C_1 = 1$$

$$\begin{aligned}
 e1 &= C_1 C_2 (\frac{lk}{100 \cdot ht})^2 \cdot ht \\
 &= 1 \cdot 7,538 \left(\frac{500}{100 \cdot 40} \right)^2 \cdot 40 \\
 &= 4,711 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$e2 = 0,15 ht = 6,00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 eu &= eo + e1 + e2 \\
 &= 15,38 + 4,711 + 6 = 26,09 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 eau &= eu + (1/2 ht) \\
 &= 26,09 + 20,0 \\
 &= 46,09 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \cdot eau &= 1.032,00 \times 46,09 = 47.570,01 \text{ kg.cm} \\
 &\quad = 475,70 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Pembesian kolom :

- lebar kolom = 400 mm
- beton decking = 25 mm
- tebal efektif d = 375 mm
- Mutu beton fc' = K-250 = 25 Mpa
- Mutu baja fy = U-420 = 420 MPa

$$\begin{aligned}m &= f_c / (0,85 \cdot f_y) \\&= 420 / (0,85 \cdot 25) \\&= 19,76\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= M / (\phi b d^2) \\&= 4.757.001 / (0,85 \cdot 400 \cdot 375,375) \\&= 0,099\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= (1/m) * (1 - \sqrt{1 - ((2 R_n m)/f_y)}) \\&= (1/19,76) * (1 - \sqrt{1 - ((2 \cdot 0,099 \cdot 19,76)/420)}) \\&= 0,00024\end{aligned}$$

$$A_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00024 \cdot 400 \cdot 375 = 35,62 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan **8 D 13** (Aact = 1061 mm²)

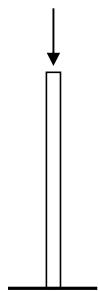
Pembesian begel :

Dsengkang **d10**- 150 mm

$$\begin{aligned}S1 &= 48x10 = 480 \text{ mm} \\S2 &= 16x13 = 208 \text{ mm} \\S3 &= 150 \text{ mm} \\S_{\text{min}} &= 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

PENULANGAN KOLOM K3 (15x30)

Dari hasil out-put SAP2000 diperoleh



$$\begin{aligned}
 P &= 4.647,00 \text{ kg} \\
 M &= 127,00 \text{ kg.m} \\
 \text{panjang tekuk} &= 500 \text{ cm} \\
 b &= 15 \text{ cm} \\
 ht &= 30 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$eo1 = \frac{M}{P} = \frac{127,00}{4.647,00} = 0,03 = 2,73 \text{ cm}$$

$$eo2 = \frac{1}{30} ht = \frac{30}{30} = 1 \text{ cm}$$

$$eo = eo1 + eo2 = 3,73 \text{ cm}$$

$$\frac{eo}{ht} = \frac{3,73}{30} = 0,1244 \text{ cm}$$

dari tabel PBI'71 10.6.2 , untuk baja keras -----> $C_2 = 7,05$

$$C_1 = 1$$

$$\begin{aligned}
 e1 &= C_1 C_2 (\text{lk} / 100 \cdot ht)^2 \cdot ht \\
 &= 1 \cdot 7,052 \cdot (500 / 100 \cdot 30)^2 \cdot 30 \\
 &= 5,877 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$e2 = 0,15 ht = 4,50 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 eu &= eo + e1 + e2 \\
 &= 3,73 + 5,877 + 4,5 = 14,11 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 eau &= eu + (1/2 ht) \\
 &= 14,11 + 15,0 \\
 &= 29,11 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \cdot eau &= 4.647,00 \times 29,11 = 135.272,37 \text{ kg.cm} \\
 &= 1.352,72 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Pembesian kolom :

- lebar kolom = 300 mm
- beton decking = 25 mm
- tebal efektif d = 275 mm
- Mutu beton fc' = K-250 = 25 MPa
- Mutu baja fy = U-420 = 420 MPa

$$\begin{aligned}m &= f_c / (0,85 \cdot f_y) \\&= 420 / (0,85 \cdot 25) \\&= 19,76\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= M / (\phi b d^2) \\&= 13.527.237 / (0,85 \cdot 300 \cdot 275,275) \\&= 0,701\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= (1/m) * (1 - \sqrt{1 - ((2 R_n m)/f_y)}) \\&= (1/19,76) * (1 - \sqrt{1 - ((2 \cdot 0,701 \cdot 19,76)/420)}) \\&= 0,00170\end{aligned}$$

$$A_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00170 \cdot 300 \cdot 275 = 140,14 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan **6 D 13** (Aact = 796 mm²)

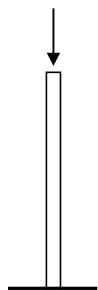
Pembesian begel :

Dsengkang **d10** - 150 mm

$$\begin{aligned}S1 &= 48x10 = 480 \text{ mm} \\S2 &= 16x13 = 208 \text{ mm} \\S3 &= 150 \text{ mm} \\S_{\text{min}} &= 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

PENULANGAN KOLOM K4 (15x20)

Dari hasil out-put SAP2000 diperoleh



$$\begin{aligned}
 P &= 1.031,10 \text{ kg} \\
 M &= 48,15 \text{ kg.m} \\
 \text{panjang tekuk} &= 500 \text{ cm} \\
 b &= 15 \text{ cm} \\
 ht &= 20 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$eo1 = \frac{M}{P} = \frac{48,15}{1.031,10} = 0,05 = 4,67 \text{ cm}$$

$$eo2 = \frac{1}{30} ht = \frac{20}{30} = 0,67 \text{ cm}$$

$$eo = eo1 + eo2 = 5,34 \text{ cm}$$

$$\frac{eo}{ht} = \frac{5,34}{20} = 0,2668 \text{ cm}$$

dari tabel PBI'71 10.6.2 , untuk baja keras ----> $C_2 = 7,42$

$$C_1 = 1$$

$$\begin{aligned}
 e1 &= C_1 C_2 (\frac{lk}{100 \cdot ht})^2 \cdot ht \\
 &= 1 \cdot 7,422 \cdot (\frac{500}{100 \cdot 20})^2 \cdot 20 \\
 &= 9,278 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$e2 = 0,15 ht = 3,00 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 eu &= eo + e1 + e2 \\
 &= 5,34 + 9,278 + 3 = 17,61 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 eau &= eu + (\frac{1}{2} ht) \\
 &= 17,61 + 10,0 \\
 &= 27,61 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P \cdot eau &= 1.031,10 \times 27,61 = 28.472,73 \text{ kg.cm} \\
 &= 284,73 \text{ kg.m}
 \end{aligned}$$

Pembesian kolom :

- lebar kolom = 200 mm
- beton decking = 25 mm
- tebal efektif d = 175 mm
- Mutu beton fc' = K-250 = 25 MPa
- Mutu baja fy = U-420 = 420 MPa

$$\begin{aligned}m &= f_c / (0,85 \cdot f_y) \\&= 420 / (0,85 \cdot 25) \\&= 19,76\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_n &= M / (\phi b d^2) \\&= 2.847.273 / (0,85 \cdot 200 \cdot 175 \cdot 175) \\&= 0,547\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\rho &= (1/m) * (1 - \sqrt{1 - ((2 R_n m) / f_y)}) \\&= (1/19,76) * (1 - \sqrt{(1 - ((2 \cdot 0,547 \cdot 19,76) / 420)))}) \\&= 0,00132\end{aligned}$$

$$A_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d = 0,00132 \cdot 200 \cdot 175 = 46,18 \text{ mm}^2$$

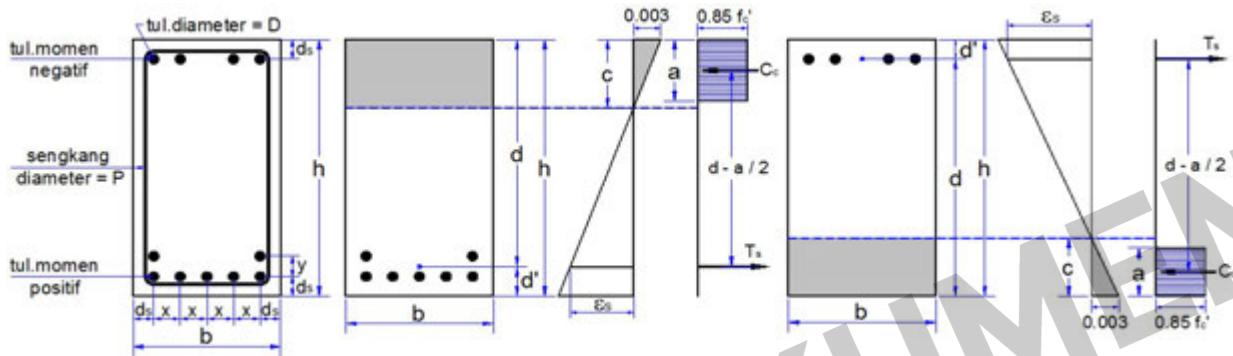
Dipasang tulangan **4 D 13** ($A_{\text{act}} = 531 \text{ mm}^2$)

Pembesian begel :

Dsengkang **d10** - 150 mm

$$\begin{aligned}S_1 &= 48x10 = 480 \text{ mm} \\S_2 &= 16x13 = 208 \text{ mm} \\S_3 &= 150 \text{ mm} \\S_{\min} &= 150 \text{ mm}\end{aligned}$$

PERHITUNGAN SLOOF S - 15/40



A. DATA BALOK LANTAI

| BAHAN STRUKTUR | | |
|---|-----------|-----------|
| Kuat tekan beton, | $f'_c =$ | 20 MPa |
| Tegangan leleh baja (deform) untuk tulangan lentur, | $f_y =$ | 420 MPa |
| Tegangan leleh baja (polos) untuk tulangan geser, | $f_y =$ | 240 MPa |
| DIMENSI BALOK | | |
| Lebar balok | $b =$ | 150 mm |
| Tinggi balok | $h =$ | 400 mm |
| Diameter tulangan (deform) yang digunakan, | $D =$ | 13 mm |
| Diameter sengkang (polos) yang digunakan, | $P =$ | 8 mm |
| Tebal bersih selimut beton, | $t_s =$ | 50 mm |
| MOMEN DAN GAYA GESEN RENCANA | | |
| Momen rencana positif akibat beban terfaktor, | $M_u^+ =$ | 2,023 kNm |
| Momen rencana negatif akibat beban terfaktor, | $M_u^- =$ | 5,021 kNm |
| Gaya geser rencana akibat beban terfaktor, | $V_u =$ | 4,052 kN |

B. PERHITUNGAN TULANGAN

Untuk : $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85$$

Untuk : $f_c' > 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 * (f_c' - 30) / 7 =$$

$$\beta_1 = -$$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton,

$$\rightarrow \beta_1 = 0,85$$

Rasio tulangan pada kondisi *balance*,

$$\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0,0202$$

Faktor tahanan momen maksimum,

$$R_{\max} = 0,75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0,75 * \rho_b * f_y / (0,85 * f_c')] = 5,1797$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = 0,35$$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d_s = t_s + \emptyset + D/2 = 64,50 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan dlm satu baris,

$$n_s = (b - 2 * d_s) / (25 + D) = 0,55$$

Digunakan jumlah tulangan dalam satu baris,

$$n_s = 2 \text{ bh}$$

Jarak horizontal pusat ke pusat antara tulangan,

$$x = (b - n_s * D - 2 * d_s) / (n_s - 1) = -5,00 \text{ mm}$$

Jarak vertikal pusat ke pusat antara tulangan,

$$y = D + 25 = 38,00 \text{ mm}$$

1. TULANGAN MOMEN POSITIF

Momen positif nominal rencana,

$$M_n = M_u^+ / \phi = 5,780 \text{ kNm}$$

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

$$d' = 80 \text{ mm}$$

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 320,00 \text{ mm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 0,3763$$

$$R_n < R_{\max} \rightarrow (\text{OK})$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0,85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0,85 * f_c')}] = 0,00091$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rightarrow \rho = 0,00333$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 160 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 1,205$$

$$2 \quad D \quad 13$$

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 265 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan,

$$n_b = n / n_s = 1,00$$

Luas tulangan terpakai,

| | n_b | < 3 | → | (OK) |
|----------|--------------|--------------------------|-------------------------|------|
| Baris ke | Jumlah n_i | Jarak y_i | Juml. Jarak $n_i * y_i$ | |
| 1 | 2 | 64,50 | 129,00 | |
| 2 | 0 | 0,00 | 0,00 | |
| 3 | 0 | 0,00 | 0,00 | |
| $n =$ | 2 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 129 | |

Letak titik berat tulangan, \rightarrow $d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 64,50$ mm
 $64,50 < 80 \rightarrow$ perkiraan d' (OK)

Tinggi efektif balok,
Momen nominal,
 $M_n = A_s * f_y / (0,85 * f_c' * b) = 335,50$ mm
Tahanan momen balok,
 $\phi * M_n = 43,724$ mm
 $M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 34,969$ kNm
 $\phi * M_n = 12,239$ kNm

Syarat : $\phi * M_n \geq M_u^+ \quad 12,239 > 2,023 \rightarrow$ AMAN (OK)

2. TULANGAN MOMEN NEGATIF

Momen negatif nominal rencana,
Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,
 $d' = 80$ mm
Tinggi efektif balok,
 $d = h - d' = 320,00$ mm
Faktor tahanan momen,
 $R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 0,9340$
 $R_n < R_{max} \rightarrow$ (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0,85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{[1 - 2 * R_n / (0,85 * f_c')] }] = 0,00229$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rho = 0,00333$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 160 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 1,205$$

Digunakan tulangan,

$$2 \quad D \quad 13$$

Luas tulangan terpakai,

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 265 \text{ mm}^2$$

Jumlah baris tulangan,

$$n_b = n / n_s = 1,00$$

$n_b < 3 \rightarrow$ (OK)

| Baris ke | Jumlah n_i | Jarak y_i | Juml. Jarak $n_i * y_i$ |
|----------|--------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 3 | 64,50 | 193,50 |
| 2 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| $n =$ | 3 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 193,5 |

Letak titik berat tulangan,

$$64,50$$



$$80$$

$$d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 64,50 \text{ mm}$$

→ perkiraan d' (OK)

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 335,5 \text{ mm}$$

$$a = A_s * f_y / (0,85 * f_c' * b) = 43,724 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 34,969 \text{ kNm}$$

$$\phi * M_n = 12,239 \text{ kNm}$$

Momen nominal,

Tahanan momen balok,

Syarat :

$$\phi * M_n$$

≥

$$M_u^-$$

$$12,239$$

>

$$5,021$$

→

AMAN (OK)

3. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit rencana,

$$V_u = 4,052 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan geser,

$$\phi = 0,60$$

Tegangan leleh tulangan geser,

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

Kuat geser beton,

$$V_c = (\sqrt{f_c'}) / 6 * b * d * 10^{-3} = 35,777 \text{ kN}$$

Tahanan geser beton,

$$\phi * V_c = 21,466 \text{ kN}$$

Tahanan geser sengkang,

→ Hanya perlu tul.geser min

Kuat geser sengkang,

$$\phi * V_s = V_u - \phi * V_c = - \text{ kN}$$

Digunakan sengkang berpenampang :

$$V_s = 4,052 \text{ kN}$$

Luas tulangan geser sengkang,

$$A_v = n_s * \pi / 4 * P^2 = 50,27 \text{ mm}^2$$

Jarak sengkang yang diperlukan :

$$s = A_v * f_y * d / (V_s * 10^3) = 952,69 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum,

$$s_{max} = d / 2 = 167,75 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum,

$$s_{max} = 250,00 \text{ mm}$$

Jarak sengkang yang harus digunakan,

$$s = 167,75 \text{ mm}$$

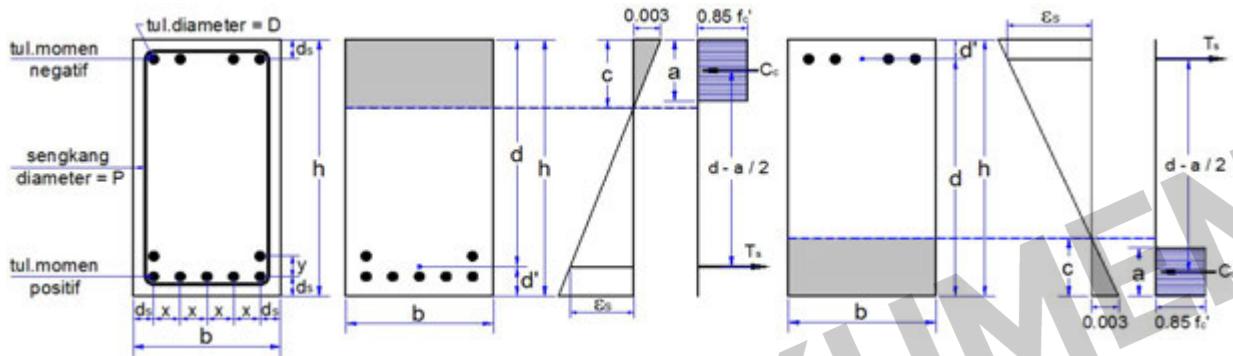
Diambil jarak sengkang :

$$s = 160 \text{ mm}$$

Digunakan sengkang,

$$1 \quad P \quad 8 \quad 160$$

PERHITUNGAN SLOOF S - 15/30



A. DATA BALOK LANTAI

| BAHAN STRUKTUR | | |
|---|-----------|-----------|
| Kuat tekan beton, | $f_c' =$ | 20 MPa |
| Tegangan leleh baja (deform) untuk tulangan lentur, | $f_y =$ | 420 MPa |
| Tegangan leleh baja (polos) untuk tulangan geser, | $f_y =$ | 240 MPa |
| DIMENSI BALOK | | |
| Lebar balok | $b =$ | 150 mm |
| Tinggi balok | $h =$ | 300 mm |
| Diameter tulangan (deform) yang digunakan, | $D =$ | 13 mm |
| Diameter sengkang (polos) yang digunakan, | $P =$ | 8 mm |
| Tebal bersih selimut beton, | $t_s =$ | 50 mm |
| MOMEN DAN GAYA GESEN RENCANA | | |
| Momen rencana positif akibat beban terfaktor, | $M_u^+ =$ | 2,023 kNm |
| Momen rencana negatif akibat beban terfaktor, | $M_u^- =$ | 5,021 kNm |
| Gaya geser rencana akibat beban terfaktor, | $V_u =$ | 4,052 kN |

B. PERHITUNGAN TULANGAN

Untuk : $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85$$

Untuk : $f_c' > 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 * (f_c' - 30) / 7 =$$

$$\beta_1 = -$$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton,

$$\rightarrow \beta_1 = 0,85$$

Rasio tulangan pada kondisi *balance*,

$$\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0,0202$$

Faktor tahanan momen maksimum,

$$R_{\max} = 0,75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0,75 * \rho_b * f_y / (0,85 * f_c')] = 5,1797$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = 0,35$$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d_s = t_s + \emptyset + D/2 = 64,50 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan dlm satu baris,

$$n_s = (b - 2 * d_s) / (25 + D) = 0,55$$

Digunakan jumlah tulangan dalam satu baris,

$$n_s = 2 \text{ bh}$$

Jarak horizontal pusat ke pusat antara tulangan,

$$x = (b - n_s * D - 2 * d_s) / (n_s - 1) = -5,00 \text{ mm}$$

Jarak vertikal pusat ke pusat antara tulangan,

$$y = D + 25 = 38,00 \text{ mm}$$

1. TULANGAN MOMEN POSITIF

Momen positif nominal rencana,

$$M_n = M_u^+ / \phi = 5,780 \text{ kNm}$$

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

$$d' = 80 \text{ mm}$$

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 220,00 \text{ mm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 0,7961$$

$$R_n < R_{\max} \rightarrow (\text{OK})$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0,85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0,85 * f_c')}] = 0,00194$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rightarrow \rho = 0,00333$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 110 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 0,829$$

$$1 \quad D \quad 13$$

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 133 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan,

$$n_b = n / n_s = 0,50$$

Luas tulangan terpakai,

| | n_b | < 3 | → | (OK) |
|----------|--------------|--------------------------|-------------------------|------|
| Baris ke | Jumlah n_i | Jarak y_i | Juml. Jarak $n_i * y_i$ | |
| 1 | 1 | 64,50 | 64,50 | |
| 2 | 0 | 0,00 | 0,00 | |
| 3 | 0 | 0,00 | 0,00 | |
| $n =$ | 1 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 64,5 | |

Letak titik berat tulangan, $\rightarrow d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 64,50 \text{ mm}$

$64,50 < 80 \rightarrow \text{perkiraan } d' \text{ (OK)}$

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 235,50 \text{ mm}$$

Momen nominal,

$$M_n = A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b) = 21,862 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 12,519 \text{ kNm}$$

Tahanan momen balok,

$$\phi * M_n = 4,382 \text{ kNm}$$

Syarat :

$$\phi * M_n \geq M_u^+ \quad 4,382 > 2,023 \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

2. TULANGAN MOMEN NEGATIF

Momen negatif nominal rencana,

$$M_n = M_u^- / \phi = 14,346 \text{ kNm}$$

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

$$d' = 80 \text{ mm}$$

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 220,00 \text{ mm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 1,9760$$

$$R_n < R_{max} \rightarrow \text{(OK)}$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{[1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')] }] = 0,00502$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = 1.4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rho = 0,00502$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 166 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 1,247$$

Digunakan tulangan,

$$2 \quad D \quad 13$$

Luas tulangan terpakai,

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 265 \text{ mm}^2$$

Jumlah baris tulangan,

$$n_b = n / n_s = 1,00$$

$$n_b < 3 \rightarrow \text{(OK)}$$

| Baris ke | Jumlah n_i | Jarak y_i | Juml. Jarak $n_i * y_i$ |
|----------|--------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 3 | 64,50 | 193,50 |
| 2 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| $n =$ | 3 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 193,5 |

Letak titik berat tulangan,

$$64,50 < 80$$

$$d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 64,50 \text{ mm}$$

→ perkiraan d' (OK)

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 235,5 \text{ mm}$$

$$a = A_s * f_y / (0,85 * f_c' * b) = 43,724 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 23,820 \text{ kNm}$$

$$\phi * M_n = 8,337 \text{ kNm}$$

Momen nominal,

Tahanan momen balok,

Syarat :

$$\phi * M_n \geq M_u \quad \phi * M_n > 5,021 \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

3. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit rencana,

Faktor reduksi kekuatan geser,

Tegangan leleh tulangan geser,

Kuat geser beton,

Tahanan geser beton,

Tahanan geser sengkang,

Kuat geser sengkang,

Digunakan sengkang berpenampang :

Luas tulangan geser sengkang,

Jarak sengkang yang diperlukan :

Jarak sengkang maksimum,

Jarak sengkang maksimum,

Jarak sengkang yang harus digunakan,

Diambil jarak sengkang :

Digunakan sengkang,

$$V_u = 4,052 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,60$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$V_c = (\sqrt{f_c'}) / 6 * b * d * 10^{-3} = 24,597 \text{ kN}$$

$$\phi * V_c = 14,758 \text{ kN}$$

→ Hanya perlu tul.geser min

$$\phi * V_s = V_u - \phi * V_c = - \text{ kN}$$

$$V_s = 4,052 \text{ kN}$$

$$1 \quad P \quad 8$$

$$A_v = n_s * \pi / 4 * P^2 = 50,27 \text{ mm}^2$$

$$s = A_v * f_y * d / (V_s * 10^3) = 654,97 \text{ mm}$$

$$s_{\max} = d / 2 = 117,75 \text{ mm}$$

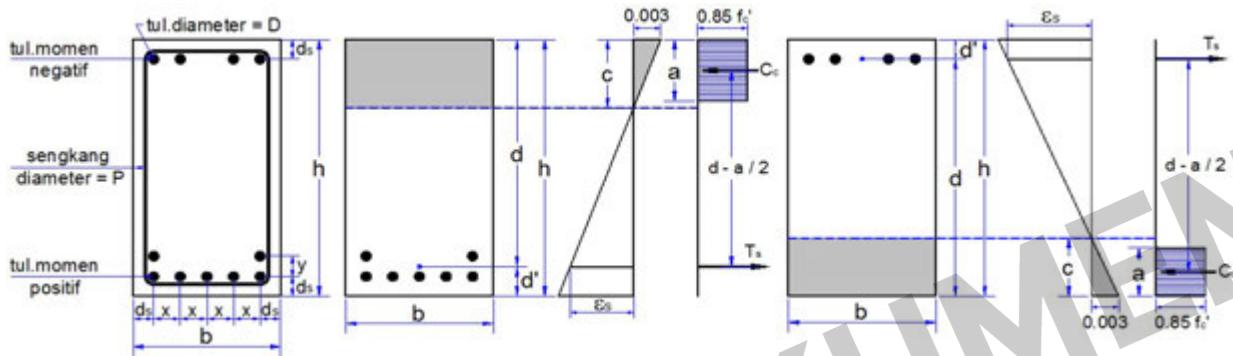
$$s_{\max} = 250,00 \text{ mm}$$

$$s = 117,75 \text{ mm}$$

$$s = 110 \text{ mm}$$

$$1 \quad P \quad 8 \quad 110$$

PERHITUNGAN SLOOF S - 15/20



A. DATA BALOK LANTAI

| BAHAN STRUKTUR | | |
|---|-----------|-------|
| Kuat tekan beton, | $f_c' =$ | 20 |
| Tegangan leleh baja (deform) untuk tulangan lentur, | $f_y =$ | 420 |
| Tegangan leleh baja (polos) untuk tulangan geser, | $f_y =$ | 240 |
| DIMENSI BALOK | | |
| Lebar balok | $b =$ | 150 |
| Tinggi balok | $h =$ | 200 |
| Diameter tulangan (deform) yang digunakan, | $D =$ | 13 |
| Diameter sengkang (polos) yang digunakan, | $P =$ | 8 |
| Tebal bersih selimut beton, | $t_s =$ | 50 |
| MOMEN DAN GAYA GESEN RENCANA | | |
| Momen rencana positif akibat beban terfaktor, | $M_u^+ =$ | 1,010 |
| Momen rencana negatif akibat beban terfaktor, | $M_u^- =$ | 2,020 |
| Gaya geser rencana akibat beban terfaktor, | $V_u =$ | 3,020 |

B. PERHITUNGAN TULANGAN

Untuk : $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85$$

Untuk : $f_c' > 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 * (f_c' - 30) / 7 =$$

$$\beta_1 = -$$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton,

$$\rightarrow \beta_1 = 0,85$$

Rasio tulangan pada kondisi *balance*,

$$\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0,0202$$

Faktor tahanan momen maksimum,

$$R_{\max} = 0,75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0,75 * \rho_b * f_y / (0,85 * f_c')] = 5,1797$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = 0,35$$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d_s = t_s + \emptyset + D/2 = 64,50 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan dlm satu baris,

$$n_s = (b - 2 * d_s) / (25 + D) = 0,55$$

Digunakan jumlah tulangan dalam satu baris,

$$n_s = 2 \text{ bh}$$

Jarak horisontal pusat ke pusat antara tulangan,

$$x = (b - n_s * D - 2 * d_s) / (n_s - 1) = -5,00 \text{ mm}$$

Jarak vertikal pusat ke pusat antara tulangan,

$$y = D + 25 = 38,00 \text{ mm}$$

1. TULANGAN MOMEN POSITIF

Momen positif nominal rencana,

$$M_n = M_u^+ / \phi = 2,886 \text{ kNm}$$

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

$$d' = 80 \text{ mm}$$

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 120,00 \text{ mm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 1,3360$$

$$R_n < R_{\max} \rightarrow (\text{OK})$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0,85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0,85 * f_c')}] = 0,00332$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rightarrow \rho = 0,00333$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 60 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 0,452$$

| | | |
|---|---|----|
| 1 | D | 13 |
|---|---|----|

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 133 \text{ mm}^2$$

$$n_b = n / n_s = 0,50$$

$$n_b < 3 \rightarrow (\text{OK})$$

| Baris ke | Jumlah n _i | Jarak y _i | Juml. Jarak n _i * y _i |
|----------|-----------------------|--------------------------|---|
| 1 | 1 | 64,50 | 64,50 |
| 2 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| n = | 1 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 64,5 |

Letak titik berat tulangan,

$$64,50 < 80$$

$$d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 64,50 \text{ mm}$$

→ perkiraan d' (OK)

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 135,50 \text{ mm}$$

$$a = A_s * f_y / (0,85 * f_c' * b) = 21,862 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 6,944 \text{ kNm}$$

$$\phi * M_n = 2,431 \text{ kNm}$$

Momen nominal,

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 6,944 \text{ kNm}$$

Tahanan momen balok,

$$\phi * M_n = 2,431 \text{ kNm}$$

Syarat :

$$\phi * M_n \geq M_u^+ \\ 2,431 > 1,010$$

→ AMAN (OK)

2. TULANGAN MOMEN NEGATIF

Momen negatif nominal rencana,

$$M_n = M_u^- / \phi = 5,771 \text{ kNm}$$

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

$$d' = 80 \text{ mm}$$

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 120,00 \text{ mm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 2,6720 \text{ kNm}$$

$$R_n <$$

$$R_{max} \rightarrow (\text{OK})$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0,85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{[1 - 2 * R_n / (0,85 * f_c')] }] = 0,00696$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = 1,4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rho = 0,00696$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 125 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 0,944$$

$$1 \quad D \quad 13$$

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 133 \text{ mm}^2$$

$$n_b = n / n_s = 0,50$$

$$n_b < 3 \rightarrow (\text{OK})$$

| Baris ke | Jumlah n_i | Jarak y_i | Juml. Jarak $n_i * y_i$ |
|----------|--------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 3 | 64,50 | 193,50 |
| 2 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| $n =$ | 3 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 193,5 |

Letak titik berat tulangan,

$$64,50 < 80$$

$$d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 64,50 \text{ mm}$$

→ perkiraan d' (OK)

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 135,5 \text{ mm}$$

$$a = A_s * f_y / (0,85 * f_c' * b) = 21,862 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 6,944 \text{ kNm}$$

$$\phi * M_n = 2,431 \text{ kNm}$$

Momen nominal,

Tahanan momen balok,

Syarat : $\phi * M_n \geq M_u^-$

$$2,431 > 2,020$$

→ AMAN (OK)

3. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit rencana,

Faktor reduksi kekuatan geser,

Tegangan leleh tulangan geser,

Kuat geser beton,

Tahanan geser beton,

Tahanan geser sengkang,

Kuat geser sengkang,

Digunakan sengkang berpenampang :

Luas tulangan geser sengkang,

Jarak sengkang yang diperlukan :

Jarak sengkang maksimum,

Jarak sengkang maksimum,

Jarak sengkang yang harus digunakan,

Diambil jarak sengkang :

Digunakan sengkang,

| | | |
|---|--------|-----|
| $V_u =$ | 3,020 | kN |
| $\phi =$ | 0,60 | |
| $f_y =$ | 240 | MPa |
| $V_c = (\sqrt{f_c'}) / 6 * b * d * 10^{-3} =$ | 13,416 | kN |
| $\phi * V_c =$ | 8,050 | kN |

→ Hanya perlu tul.geser min

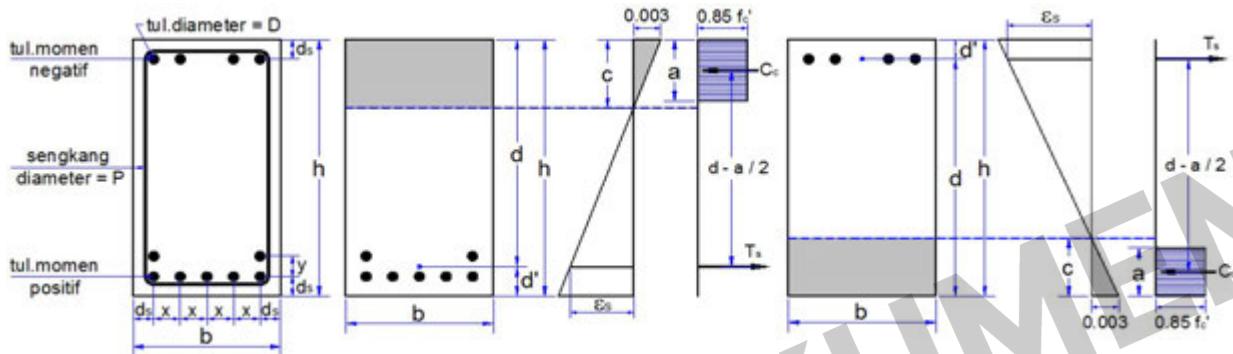
$$\phi * V_s = V_u - \phi * V_c = -$$

$$V_s = 3,020 \text{ kN}$$

| | | | |
|--|--------|-----------------|--|
| 1 | P | 8 | |
| $A_v = n_s * \pi / 4 * P^2 =$ | 50,27 | mm ² | |
| $s = A_v * f_y * d / (V_s * 10^3) =$ | 479,35 | mm | |
| $s_{max} = d / 2 =$ | 67,75 | mm | |
| $s_{max} =$ | 250,00 | mm | |
| $s =$ | 67,75 | mm | |
| $s =$ | 60 | mm | |

$$1 \quad P \quad 8 \quad 60$$

PERHITUNGAN BALOK B - 15/60



A. DATA BALOK LANTAI

| BAHAN STRUKTUR | | |
|---|-----------|-----------|
| Kuat tekan beton, | $f_c' =$ | 20 MPa |
| Tegangan leleh baja (deform) untuk tulangan lentur, | $f_y =$ | 420 MPa |
| Tegangan leleh baja (polos) untuk tulangan geser, | $f_y =$ | 240 MPa |
| DIMENSI BALOK | | |
| Lebar balok | $b =$ | 150 mm |
| Tinggi balok | $h =$ | 600 mm |
| Diameter tulangan (deform) yang digunakan, | $D =$ | 13 mm |
| Diameter sengkang (polos) yang digunakan, | $P =$ | 8 mm |
| Tebal bersih selimut beton, | $t_s =$ | 50 mm |
| MOMEN DAN GAYA GESEN RENCANA | | |
| Momen rencana positif akibat beban terfaktor, | $M_u^+ =$ | 4,152 kNm |
| Momen rencana negatif akibat beban terfaktor, | $M_u^- =$ | 3,153 kNm |
| Gaya geser rencana akibat beban terfaktor, | $V_u =$ | 1,215 kN |

B. PERHITUNGAN TULANGAN

Untuk : $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85$$

Untuk : $f_c' > 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 * (f_c' - 30) / 7 =$$

$$\beta_1 = -$$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton,

$$\rightarrow \beta_1 = 0,85$$

Rasio tulangan pada kondisi *balance*,

$$\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0,0202$$

Faktor tahanan momen maksimum,

$$R_{\max} = 0,75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0,75 * \rho_b * f_y / (0,85 * f_c')] = 5,1797$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = 0,35$$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d_s = t_s + \emptyset + D/2 = 64,50 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan dlm satu baris,

$$n_s = (b - 2 * d_s) / (25 + D) = 0,55$$

Digunakan jumlah tulangan dalam satu baris,

$$n_s = 2 \text{ bh}$$

Jarak horisontal pusat ke pusat antara tulangan,

$$x = (b - n_s * D - 2 * d_s) / (n_s - 1) = -5,00 \text{ mm}$$

Jarak vertikal pusat ke pusat antara tulangan,

$$y = D + 25 = 38,00 \text{ mm}$$

1. TULANGAN MOMEN POSITIF

Momen positif nominal rencana,

$$M_n = M_u^+ / \phi = 11,863 \text{ kNm}$$

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

$$d' = 80 \text{ mm}$$

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 520,00 \text{ mm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 0,2925$$

$$R_n < R_{\max} \rightarrow (\text{OK})$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0,85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0,85 * f_c')}] = 0,00070$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rightarrow \rho = 0,00333$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 260 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 1,959$$

$$5 \quad D \quad 13$$

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 664 \text{ mm}^2$$

$$n_b = n / n_s = 2,50$$

$$n_b < 3 \rightarrow (\text{OK})$$

| Baris ke | Jumlah n _i | Jarak y _i | Juml. Jarak n _i * y _i |
|----------|-----------------------|--------------------------|---|
| 1 | 2 | 64,50 | 129,00 |
| 2 | 2 | 102,50 | 205,00 |
| 3 | 1 | 140,50 | 140,50 |
| n = | 5 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 474,5 |

Letak titik berat tulangan,

$$94,90 > 80$$

$$d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 94,90 \text{ mm}$$

→ perkiraan lagi d' (NG)

Tinggi efektif balok,

Momen nominal,

Tahanan momen balok,

Syarat :

$$\phi * M_n \geq M_u^+ \\ 43,945 > 4,152$$

$$d = h - d' = 505,10 \text{ mm}$$

$$a = A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b) = 109,309 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 125,556 \text{ kNm}$$

$$\phi * M_n = 43,945 \text{ kNm}$$

→ AMAN (OK)

2. TULANGAN MOMEN NEGATIF

Momen negatif nominal rencana,

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

Tinggi efektif balok,

Faktor tahanan momen,

$$R_n <$$

$$M_n = M_u^- / \phi = 9,009 \text{ kNm}$$

$$d' = 80 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 520,00 \text{ mm}$$

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 0,2221$$

$$R_{max} \rightarrow (\text{OK})$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{[1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')] }] = 0,00053$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = 1.4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rho = 0,00333$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 260 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 1,959$$

$$3 \quad D \quad 13$$

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 398 \text{ mm}^2$$

$$n_b = n / n_s = 1,50$$

$$n_b < 3 \rightarrow (\text{OK})$$

| Baris ke | Jumlah n_i | Jarak y_i | Juml. Jarak $n_i * y_i$ |
|----------|--------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 3 | 64,50 | 193,50 |
| 2 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| $n =$ | 3 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 193,5 |

Letak titik berat tulangan,

$$64,50 < 80$$

$$d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 64,50 \text{ mm}$$

→ perkiraan d' (OK)

Tinggi efektif balok,

Momen nominal,

Tahanan momen balok,

Syarat :

$$\phi * M_n$$

$$\geq M_u^-$$

$$> 3,153$$

$$d = h - d' = 535,5 \text{ mm}$$

$$a = A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b) = 65,585 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 84,074 \text{ kNm}$$

$$\phi * M_n = 29,426 \text{ kNm}$$

→ AMAN (OK)

3. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit rencana,

Faktor reduksi kekuatan geser,

Tegangan leleh tulangan geser,

Kuat geser beton,

Tahanan geser beton,

Tahanan geser sengkang,

Kuat geser sengkang,

Digunakan sengkang berpenampang :

Luas tulangan geser sengkang,

Jarak sengkang yang diperlukan :

Jarak sengkang maksimum,

Jarak sengkang maksimum,

Jarak sengkang yang harus digunakan,

Diambil jarak sengkang :

Digunakan sengkang,

| | | |
|---|--------|-----|
| $V_u =$ | 1,215 | kN |
| $\phi =$ | 0,60 | |
| $f_y =$ | 240 | MPa |
| $V_c = (\sqrt{f_c'}) / 6 * b * d * 10^{-3} =$ | 58,138 | kN |
| $\phi * V_c =$ | 34,883 | kN |

→ Hanya perlu tul.geser min

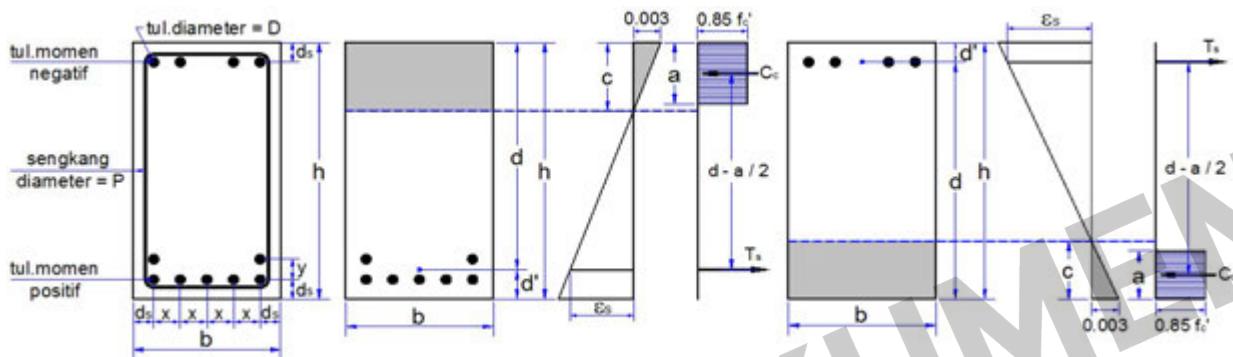
$$\phi * V_s = V_u - \phi * V_c = - \text{ kN}$$

$$V_s = 1,215 \text{ kN}$$

| 1 | P | 8 | |
|--------------------------------------|---------|-----------------|--|
| $A_v = n_s * \pi / 4 * P^2 =$ | 50,27 | mm ² | |
| $s = A_v * f_y * d / (V_s * 10^3) =$ | 5165,20 | mm | |
| $s_{max} = d / 2 =$ | 252,55 | mm | |
| $s_{max} =$ | 250,00 | mm | |
| $s =$ | 250,00 | mm | |
| $s =$ | 250 | mm | |

$$1 \quad P \quad 8 \quad 250$$

PERHITUNGAN BALOK B - 15/50



A. DATA BALOK LANTAI

| BAHAN STRUKTUR | | |
|---|-----------|-----------|
| Kuat tekan beton, | $f_c' =$ | 20 MPa |
| Tegangan leleh baja (deform) untuk tulangan lentur, | $f_y =$ | 420 MPa |
| Tegangan leleh baja (polos) untuk tulangan geser, | $f_y =$ | 240 MPa |
| DIMENSI BALOK | | |
| Lebar balok | $b =$ | 150 mm |
| Tinggi balok | $h =$ | 500 mm |
| Diameter tulangan (deform) yang digunakan, | $D =$ | 13 mm |
| Diameter sengkang (polos) yang digunakan, | $P =$ | 8 mm |
| Tebal bersih selimut beton, | $t_s =$ | 50 mm |
| MOMEN DAN GAYA GESEN RENCANA | | |
| Momen rencana positif akibat beban terfaktor, | $M_u^+ =$ | 4,152 kNm |
| Momen rencana negatif akibat beban terfaktor, | $M_u^- =$ | 2,156 kNm |
| Gaya geser rencana akibat beban terfaktor, | $V_u =$ | 2,470 kN |

B. PERHITUNGAN TULANGAN

Untuk : $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85$$

Untuk : $f_c' > 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 * (f_c' - 30) / 7 =$$

$$\beta_1 = -$$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton,

$$\rightarrow \beta_1 = 0,85$$

Rasio tulangan pada kondisi *balance*,

$$\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0,0202$$

Faktor tahanan momen maksimum,

$$R_{\max} = 0,75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0,75 * \rho_b * f_y / (0,85 * f_c')] = 5,1797$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = 0,35$$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d_s = t_s + \emptyset + D/2 = 64,50 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan dlm satu baris,

$$n_s = (b - 2 * d_s) / (25 + D) = 0,55$$

Digunakan jumlah tulangan dalam satu baris,

$$n_s = 2 \text{ bh}$$

Jarak horizontal pusat ke pusat antara tulangan,

$$x = (b - n_s * D - 2 * d_s) / (n_s - 1) = -5,00 \text{ mm}$$

Jarak vertikal pusat ke pusat antara tulangan,

$$y = D + 25 = 38,00 \text{ mm}$$

1. TULANGAN MOMEN POSITIF

Momen positif nominal rencana,

$$M_n = M_u^+ / \phi = 11,861 \text{ kNm}$$

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

$$d' = 80 \text{ mm}$$

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 420,00 \text{ mm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 0,4483$$

$$R_n < R_{\max} \rightarrow (\text{OK})$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0,85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0,85 * f_c')}] = 0,00108$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rightarrow \rho = 0,00333$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 210 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 1,582$$

$$5 \quad D \quad 13$$

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 664 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan,

$$n_b = n / n_s = 2,50$$

Luas tulangan terpakai,

| | n_b | < 3 | → | (OK) |
|----------|--------------|--------------------------|-------------------------|------|
| Baris ke | Jumlah n_i | Jarak y_i | Juml. Jarak $n_i * y_i$ | |
| 1 | 2 | 64,50 | 129,00 | |
| 2 | 2 | 102,50 | 205,00 | |
| 3 | 1 | 140,50 | 140,50 | |
| $n =$ | 5 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 474,5 | |

Letak titik berat tulangan, $\rightarrow d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 94,90$ mm
 $94,90 > 80 \rightarrow$ perkiraan lagi d' (NG)

Tinggi efektif balok,

Momen nominal,

Tahanan momen balok,

Syarat :

$$\phi * M_n \geq M_u^+ \quad 34,189 > 4,152 \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

$$d = h - d' = 405,10 \text{ mm}$$

$$a = A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b) = 109,309 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 97,682 \text{ kNm}$$

$$\phi * M_n = 34,189 \text{ kNm}$$

2. TULANGAN MOMEN NEGATIF

Momen negatif nominal rencana,

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

Tinggi efektif balok,

Faktor tahanan momen,

$$R_n < R_{max} \rightarrow (OK)$$

$$M_n = M_u^- / \phi = 6,160 \text{ kNm}$$

$$d' = 80 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 420,00 \text{ mm}$$

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 0,2328$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{[1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')] }] = 0,00056$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = 1.4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rho = 0,00333$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 210 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 1,582$$

Digunakan tulangan,

$$3 \quad D \quad 13$$

Luas tulangan terpakai,

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 398 \text{ mm}^2$$

Jumlah baris tulangan,

$$n_b = n / n_s = 1,50$$

$$n_b < 3 \rightarrow (OK)$$

| Baris ke | Jumlah n_i | Jarak y_i | Juml. Jarak $n_i * y_i$ |
|----------|--------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 3 | 64,50 | 193,50 |
| 2 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| $n =$ | 3 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 193,5 |

Letak titik berat tulangan,

$$64,50 < 80$$

$$d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 64,50 \text{ mm}$$

→ perkiraan d' (OK)

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 435,5 \text{ mm}$$

$$a = A_s * f_y / (0,85 * f_c' * b) = 65,585 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 67,350 \text{ kNm}$$

Momen nominal,

$$\phi * M_n = 23,572 \text{ kNm}$$

Tahanan momen balok,

Syarat : $\phi * M_n \geq M_u^-$

$$23,572 > 2,156 \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

3. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit rencana,

$$V_u = 2,470 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan geser,

$$\phi = 0,60$$

Tegangan leleh tulangan geser,

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

Kuat geser beton,

$$V_c = (\sqrt{f_c'}) / 6 * b * d * 10^{-3} = 46,957 \text{ kN}$$

Tahanan geser beton,

$$\phi * V_c = 28,174 \text{ kN}$$

Tahanan geser sengkang,

$$\phi * V_s = V_u - \phi * V_c = - \text{ kN}$$

Kuat geser sengkang,

$$V_s = 2,470 \text{ kN}$$

Digunakan sengkang berpenampang :

1 P 8

Luas tulangan geser sengkang,

$$A_v = n_s * \pi / 4 * P^2 = 50,27 \text{ mm}^2$$

Jarak sengkang yang diperlukan :

$$s = A_v * f_y * d / (V_s * 10^3) = 2051,32 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum,

$$s_{max} = d / 2 = 202,55 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum,

$$s_{max} = 250,00 \text{ mm}$$

Jarak sengkang yang harus digunakan,

$$s = 202,55 \text{ mm}$$

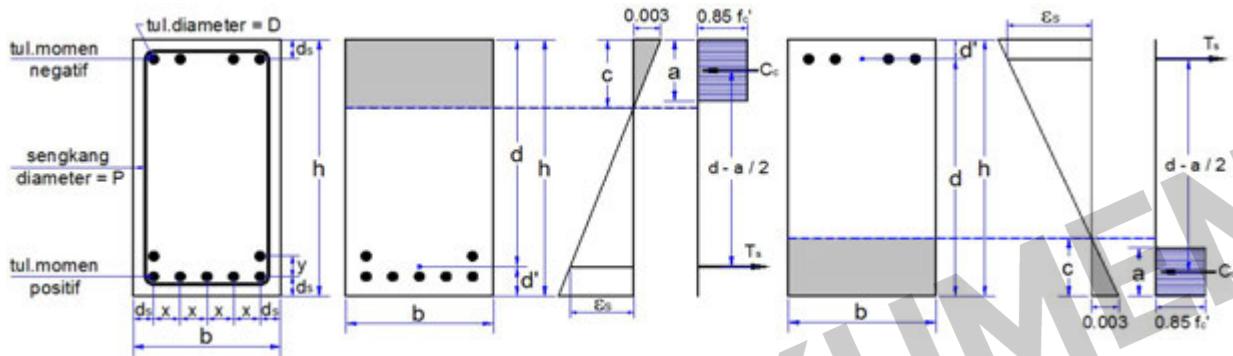
Diambil jarak sengkang :

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

Digunakan sengkang,

1 P 8 200

PERHITUNGAN BALOK B - 15/40



A. DATA BALOK LANTAI

| BAHAN STRUKTUR | | |
|---|-----------|------------|
| Kuat tekan beton, | $f_c' =$ | 20 MPa |
| Tegangan leleh baja (deform) untuk tulangan lentur, | $f_y =$ | 420 MPa |
| Tegangan leleh baja (polos) untuk tulangan geser, | $f_y =$ | 240 MPa |
| DIMENSI BALOK | | |
| Lebar balok | $b =$ | 150 mm |
| Tinggi balok | $h =$ | 400 mm |
| Diameter tulangan (deform) yang digunakan, | $D =$ | 13 mm |
| Diameter sengkang (polos) yang digunakan, | $P =$ | 8 mm |
| Tebal bersih selimut beton, | $t_s =$ | 50 mm |
| MOMEN DAN GAYA GESEN RENCANA | | |
| Momen rencana positif akibat beban terfaktor, | $M_u^+ =$ | 12,156 kNm |
| Momen rencana negatif akibat beban terfaktor, | $M_u^- =$ | 10,155 kNm |
| Gaya geser rencana akibat beban terfaktor, | $V_u =$ | 13,154 kN |

B. PERHITUNGAN TULANGAN

Untuk : $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85$$

Untuk : $f_c' > 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 * (f_c' - 30) / 7 =$$

$$\beta_1 = -$$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton,

$$\rightarrow \beta_1 = 0,85$$

Rasio tulangan pada kondisi *balance*,

$$\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0,0202$$

Faktor tahanan momen maksimum,

$$R_{\max} = 0,75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0,75 * \rho_b * f_y / (0,85 * f_c')] = 5,1797$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = 0,35$$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d_s = t_s + \emptyset + D/2 = 64,50 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan dlm satu baris,

$$n_s = (b - 2 * d_s) / (25 + D) = 0,55$$

Digunakan jumlah tulangan dalam satu baris,

$$n_s = 2 \text{ bh}$$

Jarak horizontal pusat ke pusat antara tulangan,

$$x = (b - n_s * D - 2 * d_s) / (n_s - 1) = -5,00 \text{ mm}$$

Jarak vertikal pusat ke pusat antara tulangan,

$$y = D + 25 = 38,00 \text{ mm}$$

1. TULANGAN MOMEN POSITIF

Momen positif nominal rencana,

$$M_n = M_u^+ / \phi = 34,731 \text{ kNm}$$

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

$$d' = 80 \text{ mm}$$

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 320,00 \text{ mm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 2,2612$$

$$R_n < R_{\max} \rightarrow (\text{OK})$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0,85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0,85 * f_c')}] = 0,00580$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rightarrow \rho = 0,00580$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 278 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 2,097$$

$$5 \quad D \quad 13$$

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 664 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan,

$$n_b = n / n_s = 2,50$$

Luas tulangan terpakai,

Jumlah baris tulangan,

| | n_b | < 3 | → | (OK) |
|----------|--------------|--------------------------|-------------------------|------|
| Baris ke | Jumlah n_i | Jarak y_i | Juml. Jarak $n_i * y_i$ | |
| 1 | 2 | 64,50 | 129,00 | |
| 2 | 2 | 102,50 | 205,00 | |
| 3 | 1 | 140,50 | 140,50 | |
| $n =$ | 5 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 474,5 | |

Letak titik berat tulangan, $\rightarrow d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 94,90$ mm
 $94,90 > 80 \rightarrow$ perkiraan lagi d' (NG)

Tinggi efektif balok,

Momen nominal,

Tahanan momen balok,

Syarat :

$$\phi * M_n \geq M_u^+ \quad 24,433 > 12,156 \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

$$d = h - d' = 305,10 \text{ mm}$$

$$a = A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b) = 109,309 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 69,809 \text{ kNm}$$

$$\phi * M_n = 24,433 \text{ kNm}$$

2. TULANGAN MOMEN NEGATIF

Momen negatif nominal rencana,

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

Tinggi efektif balok,

Faktor tahanan momen,

$$R_n < R_{max} \rightarrow (OK)$$

$$M_n = M_u^- / \phi = 29,013 \text{ kNm}$$

$$d' = 80 \text{ mm}$$

$$d = h - d' = 320,00 \text{ mm}$$

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 1,8889$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{[1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')] }] = 0,00478$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = 1.4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rho = 0,00478$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 229 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 1,728$$

Digunakan tulangan,

$$3 \quad D \quad 13 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan terpakai,

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 398 \text{ mm}^2$$

Jumlah baris tulangan,

$$n_b = n / n_s = 1,50$$

$$n_b < 3 \rightarrow (OK)$$

| Baris ke | Jumlah n_i | Jarak y_i | Juml. Jarak $n_i * y_i$ |
|----------|--------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 3 | 64,50 | 193,50 |
| 2 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| $n =$ | 3 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 193,5 |

Letak titik berat tulangan,

$$64,50 < 80$$

$$d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 64,50 \text{ mm}$$

→ perkiraan d' (OK)

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 335,5 \text{ mm}$$

$$a = A_s * f_y / (0,85 * f_c' * b) = 65,585 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 50,626 \text{ kNm}$$

Momen nominal,

$$\phi * M_n = 17,719 \text{ kNm}$$

Tahanan momen balok,

Syarat : $\phi * M_n \geq M_u^-$

$$17,719 > 10,155 \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

3. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit rencana,

$$V_u = 13,154 \text{ kN}$$

Faktor reduksi kekuatan geser,

$$\phi = 0,60$$

Tegangan leleh tulangan geser,

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

Kuat geser beton,

$$V_c = (\sqrt{f_c'}) / 6 * b * d * 10^{-3} = 35,777 \text{ kN}$$

Tahanan geser beton,

$$\phi * V_c = 21,466 \text{ kN}$$

Tahanan geser sengkang,

$$\phi * V_s = V_u - \phi * V_c = - \text{ kN}$$

Kuat geser sengkang,

$$V_s = 13,154 \text{ kN}$$

Digunakan sengkang berpenampang :

$$1 \quad P \quad 8$$

$$A_v = n_s * \pi / 4 * P^2 = 50,27 \text{ mm}^2$$

Luas tulangan geser sengkang,

$$s = A_v * f_y * d / (V_s * 10^3) = 293,48 \text{ mm}$$

Jarak sengkang yang diperlukan :

$$s_{max} = d / 2 = 152,55 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum,

$$s_{max} = 250,00 \text{ mm}$$

Jarak sengkang maksimum,

$$s = 152,55 \text{ mm}$$

Jarak sengkang yang harus digunakan,

$$s = 150 \text{ mm}$$

Diambil jarak sengkang :

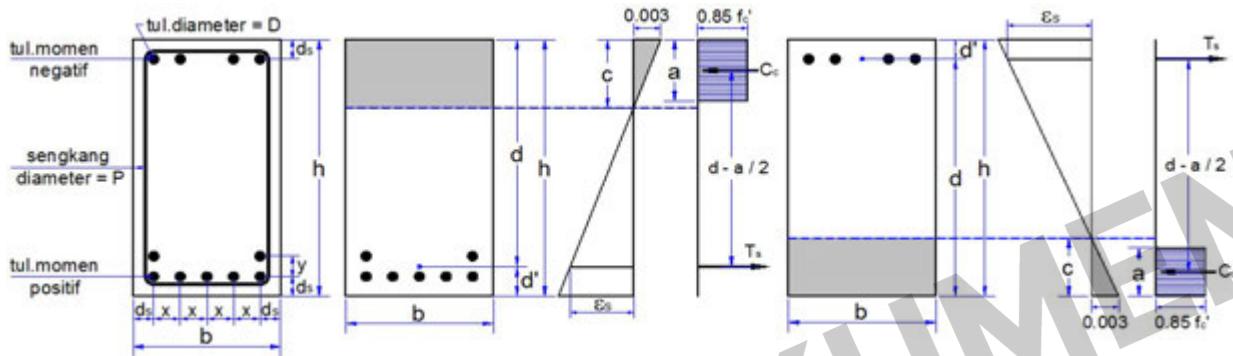
→

Digunakan sengkang,

$$1 \quad P \quad 8$$

$$150$$

PERHITUNGAN BALOK B - 15/30



A. DATA BALOK LANTAI

| BAHAN STRUKTUR | | |
|---|-----------|-----------|
| Kuat tekan beton, | $f_c' =$ | 20 MPa |
| Tegangan leleh baja (deform) untuk tulangan lentur, | $f_y =$ | 420 MPa |
| Tegangan leleh baja (polos) untuk tulangan geser, | $f_y =$ | 240 MPa |
| DIMENSI BALOK | | |
| Lebar balok | $b =$ | 150 mm |
| Tinggi balok | $h =$ | 300 mm |
| Diameter tulangan (deform) yang digunakan, | $D =$ | 13 mm |
| Diameter sengkang (polos) yang digunakan, | $P =$ | 8 mm |
| Tebal bersih selimut beton, | $t_s =$ | 50 mm |
| MOMEN DAN GAYA GESEN RENCANA | | |
| Momen rencana positif akibat beban terfaktor, | $M_u^+ =$ | 7,155 kNm |
| Momen rencana negatif akibat beban terfaktor, | $M_u^- =$ | 5,165 kNm |
| Gaya geser rencana akibat beban terfaktor, | $V_u =$ | 3,154 kN |

B. PERHITUNGAN TULANGAN

Untuk : $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85$$

Untuk : $f_c' > 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 * (f_c' - 30) / 7 =$$

$$\beta_1 = -$$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton,

$$\rightarrow \beta_1 = 0,85$$

Rasio tulangan pada kondisi *balance*,

$$\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0,0202$$

Faktor tahanan momen maksimum,

$$R_{\max} = 0,75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0,75 * \rho_b * f_y / (0,85 * f_c')] = 5,1797$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = 0,35$$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d_s = t_s + \emptyset + D/2 = 64,50 \text{ mm}$$

Jumlah tulangan dlm satu baris,

$$n_s = (b - 2 * d_s) / (25 + D) = 0,55$$

Digunakan jumlah tulangan dalam satu baris,

$$n_s = 2 \text{ bh}$$

Jarak horizontal pusat ke pusat antara tulangan,

$$x = (b - n_s * D - 2 * d_s) / (n_s - 1) = -5,00 \text{ mm}$$

Jarak vertikal pusat ke pusat antara tulangan,

$$y = D + 25 = 38,00 \text{ mm}$$

1. TULANGAN MOMEN POSITIF

Momen positif nominal rencana,

$$M_n = M_u^+ / \phi = 20,442 \text{ kNm}$$

Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton,

$$d' = 80 \text{ mm}$$

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 220,00 \text{ mm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 2,8157$$

$$R_n < R_{\max} \rightarrow (\text{OK})$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0,85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{1 - 2 * R_n / (0,85 * f_c')}] = 0,00738$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rightarrow \rho = 0,00738$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 243 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 1,834$$

$$3 \quad D \quad 13$$

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 398 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan,

$$n_b = n / n_s = 1,50$$

Luas tulangan terpakai,

| | n_b | < 3 | → | (OK) |
|----------|--------------|--------------------------|-------------------------|------|
| Baris ke | Jumlah n_i | Jarak y_i | Juml. Jarak $n_i * y_i$ | |
| 1 | 2 | 64,50 | 129,00 | |
| 2 | 1 | 102,50 | 102,50 | |
| 3 | 0 | 0,00 | 0,00 | |
| $n =$ | 3 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 231,5 | |

Letak titik berat tulangan, $\rightarrow d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 77,17$ mm
 $77,17 < 80 \rightarrow$ perkiraan d' (OK)

Tinggi efektif balok,
 $a = A_s * f_y / (0.85 * f_c' * b) = 65,585$ mm
Momen nominal, $M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 31,783$ kNm
Tahanan momen balok, $\phi * M_n = 11,124$ kNm

Syarat : $\phi * M_n \geq M_u^+ \quad 11,124 > 7,155 \rightarrow$ AMAN (OK)

2. TULANGAN MOMEN NEGATIF

Momen negatif nominal rencana, $M_n = M_u^- / \phi = 14,756$ kNm
Diperkirakan jarak pusat tulangan lentur ke sisi beton, $d' = 80$ mm
Tinggi efektif balok, $d = h - d' = 220,00$ mm
Faktor tahanan momen, $R_n = M_n * 10^6 / (b * d^2) = 2,0325$
 $R_n < R_{max} \rightarrow$ (OK)

Rasio tulangan yang diperlukan :

$$\rho = 0.85 * f_c' / f_y * [1 - \sqrt{[1 - 2 * R_n / (0.85 * f_c')] }] = 0,00517$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = \sqrt{f_c' / (4 * f_y)} = 0,00266$$

Rasio tulangan minimum,

$$\rho_{min} = 1.4 / f_y = 0,00333$$

Rasio tulangan yang digunakan,

$$\rho = 0,00517$$

Luas tulangan yang diperlukan,

$$A_s = \rho * b * d = 171 \text{ mm}^2$$

Jumlah tulangan yang diperlukan,

$$n = A_s / (\pi / 4 * D^2) = 1,285$$

Digunakan tulangan,

$$2 \quad D \quad 13$$

Luas tulangan terpakai,

$$A_s = n * \pi / 4 * D^2 = 265 \text{ mm}^2$$

Jumlah baris tulangan,

$$n_b = n / n_s = 1,00$$

$n_b < 3 \rightarrow$ (OK)

| Baris ke | Jumlah n_i | Jarak y_i | Juml. Jarak $n_i * y_i$ |
|----------|--------------|--------------------------|-------------------------|
| 1 | 3 | 64,50 | 193,50 |
| 2 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| 3 | 0 | 0,00 | 0,00 |
| $n =$ | 3 | $\Sigma [n_i * y_i] =$ | 193,5 |

Letak titik berat tulangan,

$$64,50 < 80$$

$$d' = \Sigma [n_i * y_i] / n = 64,50 \text{ mm}$$

→ perkiraan d' (OK)

Tinggi efektif balok,

$$d = h - d' = 235,5 \text{ mm}$$

$$a = A_s * f_y / (0,85 * f_c' * b) = 43,724 \text{ mm}$$

$$M_n = A_s * f_y * (d - a / 2) * 10^{-6} = 23,820 \text{ kNm}$$

$$\phi * M_n = 8,337 \text{ kNm}$$

Momen nominal,

Tahanan momen balok,

Syarat :

$$\phi * M_n \geq M_u^-$$

$$> 5,165$$

→ AMAN (OK)

3. TULANGAN GESER

Gaya geser ultimit rencana,

Faktor reduksi kekuatan geser,

Tegangan leleh tulangan geser,

Kuat geser beton,

Tahanan geser beton,

Tahanan geser sengkang,

Kuat geser sengkang,

Digunakan sengkang berpenampang :

Luas tulangan geser sengkang,

Jarak sengkang yang diperlukan :

Jarak sengkang maksimum,

Jarak sengkang maksimum,

Jarak sengkang yang harus digunakan,

Diambil jarak sengkang :

Digunakan sengkang,

$$V_u = 3,154 \text{ kN}$$

$$\phi = 0,60$$

$$f_y = 240 \text{ MPa}$$

$$V_c = (\sqrt{f_c'}) / 6 * b * d * 10^{-3} = 24,597 \text{ kN}$$

$$\phi * V_c = 14,758 \text{ kN}$$

→ Hanya perlu tul.geser min

$$\phi * V_s = V_u - \phi * V_c = - \text{ kN}$$

$$V_s = 3,154 \text{ kN}$$

$$1 \quad P \quad 8$$

$$A_v = n_s * \pi / 4 * P^2 = 50,27 \text{ mm}^2$$

$$s = A_v * f_y * d / (V_s * 10^3) = 841,48 \text{ mm}$$

$$s_{max} = d / 2 = 111,42 \text{ mm}$$

$$s_{max} = 250,00 \text{ mm}$$

$$s = 111,42 \text{ mm}$$

$$s = 110 \text{ mm}$$

$$1 \quad P \quad 8 \quad 110$$

PERHITUNGAN PLAT LANTAI (SLAB)

PLAT LENTUR DUA ARAH (TWO WAY SLAB)

A. DATA BAHAN STRUKTUR

Kuat tekan beton,

Tegangan leleh baja untuk tulangan lentur,

| | | |
|----------|-----|-----|
| f_c' = | 20 | MPa |
| f_y = | 240 | MPa |

B. DATA PLAT LANTAI

Panjang bentang plat arah x,

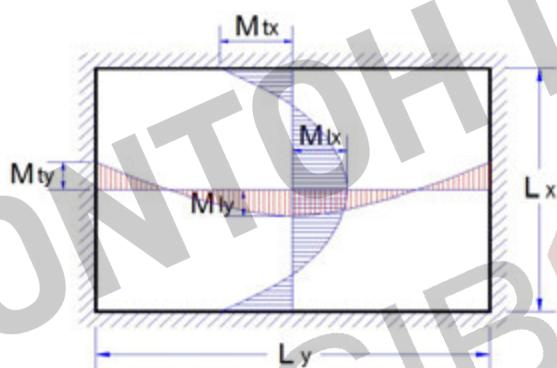
Panjang bentang plat arah y,

Tebal plat lantai,

Koefisien momen plat untuk :

$$L_y / L_x = 1,70$$

DUA ARAH karena $L_y/L_x < 2$



| | | |
|--|----------------|----|
| L_x = | 1,50 | m |
| L_y = | 2,50 | m |
| h = | 120 | mm |
| KOEFISIEN MOMEN PLAT | | |
| <u>DUA ARAH karena $L_y/L_x < 2$</u> | | |
| Lapangan x | $C_{lx} = 78$ | |
| Lapangan y | $C_{ly} = 41$ | |
| Tumpuan x | $C_{tx} = 0$ | |
| Tumpuan y | $C_{ty} = 117$ | |

Tabel 2 dengan 1 sisi terjepit

Diameter tulangan yang digunakan,
Tebal bersih selimut beton,

| | | |
|---------------|----|----|
| \emptyset = | 10 | mm |
| t_s = | 20 | mm |

C. BEBAN PLAT LANTAI

1. BEBAN MATI (*DEAD LOAD*)

| No | Jenis Beban Mati | Berat satuan | Tebal (m) | Q (kN/m ²) |
|----|--|--------------|-----------|------------------------|
| 1 | Berat sendiri plat lantai (kN/m ³) | 24,0 | 0,12 | 2,880 |
| 2 | Berat <i>finishing</i> lantai (kN/m ³) | 22,0 | 0,05 | 1,100 |
| 3 | Berat plafon dan rangka (kN/m ²) | 0,2 | - | 0,200 |
| 4 | Berat instalasi ME (kN/m ²) | 0,5 | - | 0,500 |

Total beban mati,

$$Q_D = 4,680$$

2. BEBAN HIDUP (LIVE LOAD)

| | | |
|------------------------------------|-----|-------------------|
| Beban hidup pada lantai bangunan = | 250 | kg/m ² |
| $\rightarrow Q_L =$ | 2,5 | kN/m ² |

3. BEBAN RENCANA TERFAKTOR

Beban rencana terfaktor,

$$Q_u = 1.2 * Q_D + 1.6 * Q_L = 9,616 \text{ kN/m}^2$$

4. MOMEN PLAT AKIBAT BEBAN TERFAKTOR

Momen lapangan arah x,

$$M_{ulx} = C_{lx} * 0.001 * Q_u * L_x^2 = 1,688 \text{ kNm/m}$$

Momen lapangan arah y,

$$M_{uly} = C_{ly} * 0.001 * Q_u * L_x^2 = 0,887 \text{ kNm/m}$$

Momen tumpuan arah x,

$$M_{utx} = C_{tx} * 0.001 * Q_u * L_x^2 = 0,000 \text{ kNm/m}$$

Momen tumpuan arah y,

$$M_{uty} = C_{ty} * 0.001 * Q_u * L_x^2 = 2,531 \text{ kNm/m}$$

Momen rencana (maksimum) plat,

$$\rightarrow M_u = 0,000 \text{ kNm/m}$$

D. PENULANGAN PLAT

Untuk : $f_c' \leq 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85$$

Untuk : $f_c' > 30 \text{ MPa}$,

$$\beta_1 = 0,85 - 0,05 * (f_c' - 30) / 7 = -$$

Faktor bentuk distribusi tegangan beton,

$$\rightarrow \beta_1 = 0,85$$

Rasio tulangan pada kondisi balance,

$$\rho_b = \beta_1 * 0,85 * f_c' / f_y * 600 / (600 + f_y) = 0,0430$$

Faktor tahanan momen maksimum,

$$R_{max} = 0,75 * \rho_b * f_y * [1 - \frac{1}{2} * 0,75 * \rho_b * f_y / (0,85 * f_c')] = 5,9786$$

Faktor reduksi kekuatan lentur,

$$\phi = 0,25$$

Jarak tulangan terhadap sisi luar beton,

$$d_s = t_s + \emptyset / 2 = 25,0 \text{ mm}$$

Tebal efektif plat lantai,

$$d = h - d_s = 95,0 \text{ mm}$$

Ditinjau plat lantai selebar 1 m,

$$\rightarrow b = 1000 \text{ mm}$$

Momen nominal rencana,

$$M_n = M_u / \phi = 0,000 \text{ kNm}$$

Faktor tahanan momen,

$$R_n = M_n * 10^{-6} / (b * d^2) = 0,00000$$

$$R_n < R_{max} \rightarrow (\text{OK})$$

Rasio tulangan yang diperlukan :

| | |
|---|---|
| $\rho = 0.85 * f'_c / f_y * [1 - \sqrt{[1 - 2 * R_n / (0.85 * f'_c)]}] =$ | 0,0000 |
| Rasio tulangan minimum, | $\rho_{min} =$ 0,0025 |
| Rasio tulangan yang digunakan, | $\rho =$ 0,0025 |
| Luas tulangan yang diperlukan, | $A_s = \rho * b * d =$ 238 mm ² |
| Jarak tulangan yang diperlukan, | $s = \pi / 4 * \varnothing^2 * b / A_s =$ 331 mm |
| Jarak tulangan maksimum, | $s_{max} = 2 * h =$ 240 mm |
| Jarak tulangan maksimum, | $s_{max} =$ 150 mm |
| Jarak sengkang yang harus digunakan, | $s =$ 150 mm |
| Diambil jarak sengkang : | $s =$ 150 mm |
| Digunakan tulangan, | $\varnothing 10$ - 150 |
| Luas tulangan terpakai, | $A_s = \pi / 4 * \varnothing^2 * b / s =$ 524 mm ² |

E. KONTROL LENDUTAN PLAT

| | |
|---|---|
| Modulus elastis beton, | $E_c = 4700 * \sqrt{f'_c} =$ 21019 MPa |
| Modulus elastis baja tulangan, | $E_s =$ 2,10E+05 MPa |
| Beban merata (tak terfaktor) padaplat, | $Q = Q_D + Q_L =$ 7,180 N/mm |
| Panjang bentang plat, | $L_x =$ 1500 mm |
| Batas lendutan maksimum yang diijinkan, | $L_x / 240 =$ 6,250 mm |
| Momen inersia brutto penampang plat, | $I_g = 1/12 * b * h^3 =$ 144000000 mm ³ |
| Modulus keruntuhan lentur beton, | $f_r = 0.7 * \sqrt{f'_c} =$ 3,130495168 MPa |
| Nilai perbandingan modulus elastis, | $n = E_s / E_c =$ 9,99 |
| Jarak garis netral terhadap sisi atas beton, | $c = n * A_s / b =$ 5,231 mm |
| Momen inersia penampang retak yang ditransformasikan ke beton dihitung sbb. : | |
| | $I_{cr} = 1/3 * b * c^3 + n * A_s * (d - c)^2 =$ 42203338 mm ⁴ |
| | $y_t = h / 2 =$ 60 mm |
| Momen retak : | $M_{cr} = f_r * I_g / y_t =$ 7513188 Nmm |

Momen maksimum akibat beban (tanpa faktor beban) :

$$M_a = 1 / 8 * Q * L_x^2 = 2019375 \text{ Nmm}$$

Inersia efektif untuk perhitungan lendutan,

$$I_e = (M_{cr} / M_a)^3 * I_g + [1 - (M_{cr} / M_a)^3] * I_{cr} = 5284908697 \text{ mm}^4$$

Lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup :

$$\delta_e = 5 / 384 * Q * L_x^4 / (E_c * I_e) = 0,004 \text{ mm}$$

Rasio tulangan slab lantai :

$$\rho = A_s / (b * d) = 0,0055$$

Faktor ketergantungan waktu untuk beban mati (jangka waktu > 5 tahun), nilai :

$$\zeta = \boxed{2,0}$$
$$\lambda = \zeta / (1 + 50 * \rho) = \boxed{1,5679}$$

Lendutan jangka panjang akibat rangkak dan susut :

$$\delta_g = \lambda * 5 / 384 * Q * L_x^4 / (E_c * I_e) = \boxed{0,007} \text{ mm}$$

Lendutan total,

$$\delta_{\text{tot}} = \delta_e + \delta_g = \boxed{0,011} \text{ mm}$$

Syarat :

$$\begin{array}{c} \delta_{\text{tot}} \\ \boxed{0,011} \end{array} \leq \begin{array}{c} L_x / 240 \\ \boxed{6,250} \end{array} \rightarrow \text{AMAN (OK)}$$

CONTOH DOKUMEN
SIBAMBO STUDIO