

Mata Kuliah : Perancangan Struktur Beton
Kode : CIV-204
SKS : 3 SKS

Pondasi

Pertemuan – 12,13,14

- **Sub Pokok Bahasan :**
 - Pengantar Rekayasa Pondasi
 - Jenis dan Tipe-Tipe Pondasi
 - Daya Dukung Tanah
 - Pondasi Telapak

Pengantar Rekayasa Pondasi

- Pondasi dalam istilah ilmu teknik sipil dapat didefinisikan sebagai bagian dari struktur bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan berfungsi untuk menyalurkan beban-beban yang diterima dari struktur atas ke lapisan tanah.
- Proses disain struktur pondasi memerlukan analisis yang cukup lengkap, meliputi kondisi/jenis struktur atas, beban-beban kerja pada struktur, profil dari lapisan tanah tempat bangunan/struktur tersebut berada serta kemungkinan terjadinya penurunan (*settlement*).
- Pondasi dari suatu struktur pada umumnya terdiri dari satu atau lebih elemen-elemen pondasi. Elemen pondasi adalah elemen transisi antara tanah atau batuan dengan struktur atas (*upper-structure*).

Pengantar Rekayasa Pondasi

beberapa langkah yang perlu diambil pada suatu proses disain struktur pondasi :

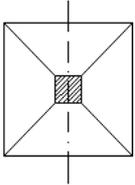
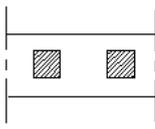
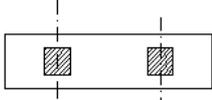
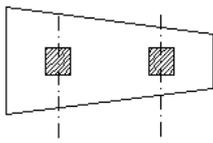
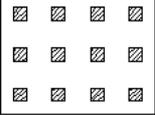
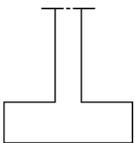
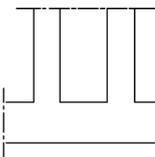
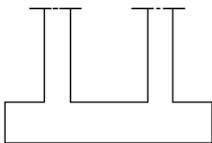
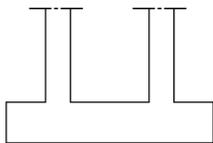
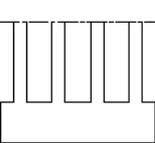
1. Penentuan Beban Rencana
2. Penyelidikan Tanah
3. Pemilihan Jenis Pondasi
4. Penentuan Dimensi Pondasi
5. Tahap Konstruksi

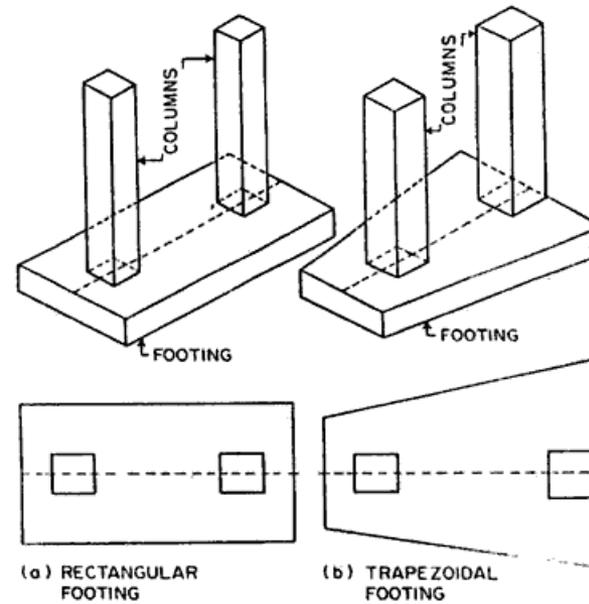
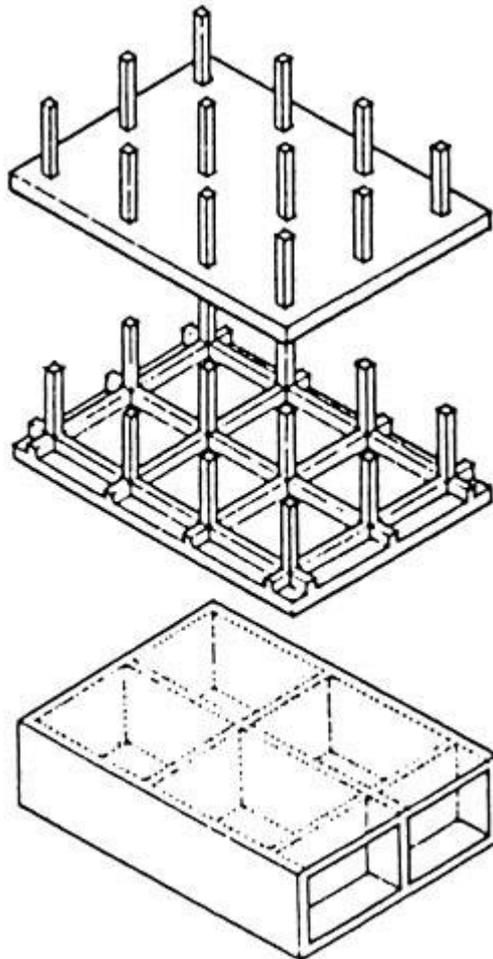
Jenis dan Tipe-Tipe Pondasi

- Suatu elemen pondasi harus mampu mendistribusikan dan mentransmisikan beban – beban mati maupun beban – beban dinamik dari struktur atas ke lapisan tanah keras, sehingga tidak terjadi perbedaan penurunan (*differential settlement*) yang besar.
- Pemilihan jenis pondasi pada dasarnya tergantung pada letak kedalaman dari tanah keras.
- Pada umumnya jenis pondasi dapat dikelompokkan menjadi dua bagian besar, yaitu
 - pondasi dangkal (yang memiliki dasar pondasi pada kedalaman maksimal 2 m dari muka tanah asli)
 - pondasi dalam (yang memiliki kedalaman tanah keras lebih dari 2 meter).

Jenis-Jenis Pondasi Dangkal

- Pondasi dangkal terdiri dari beberapa macam, antara lain pondasi telapak, pondasi lajur, pondasi gabungan serta pondasi raft/rakit (atau sering disebut juga *mat foundation*).

Tipe Fundasi	Fundasi Telapak	Fundasi Lajur	Fundasi Gabungan		Fundasi Rakit
			Segi Empat	Trapeسيوم	
Denah Fundasi					
Potongan					



Jenis-Jenis Pondasi Dalam

- Pada beberapa kondisi yang dijumpai di lapangan, terkadang lapisan tanah keras sebagai dasar pondasi, terletak cukup dalam dari lapisan muka tanah.
- Atau dengan kata lain, lapisan tanah tersebut memiliki daya dukung yang kurang bagus.
- Sebagai akibatnya maka seorang ahli teknik tidak dapat menggunakan sistem pondasi dangkal, dan sebagai alternatifnya dapat dipilih sistem pondasi dalam berupa **tiang pancang** atau **tiang bor**.

Daya Dukung Tanah

- Untuk dapat merencanakan suatu struktur pondasi dengan baik, maka seorang ahli teknik hendaknya memahami dasar-dasar mekanika tanah.
- Dari besaran-besaran dalam mekanika tanah tersebut, maka dapat dihitung daya dukung tanah yang menjadi dasar bagi suatu elemen pondasi.
- Terzaghi (1943) merupakan orang pertama yang memberikan teori secara komprehensif mengenai daya dukung tanah ultimit untuk pondasi dangkal.
- Beberapa persamaan yang sering digunakan untuk menghitung daya dukung tanah pada pondasi dangkal adalah :

- Untuk pondasi lajur/menerus

$$q_u = c'N_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma BN_g$$

- Untuk pondasi persegi

$$q_u = 1,3c'N_c + qN_q + 0,4\gamma BN_g$$

- Untuk pondasi bentuk lingkaran

$$q_u = 1,3c'N_c + qN_q + 0,3\gamma BN_g$$

TEGANGAN IJIN TANAH LUNAK & KERAS

Tabel 1. Kriteria Daya Dukung Ijin (Suyono)

Jenis-jenis tanah pondasi		Biasa (t/m ²)	Bila ada gempa (t/m ²)	Harga rata-rata		Keterangan
				Harga <i>N</i>	Kekuatan geser unconfined (kg/cm ²)	
Tanah keras	Batu homogen yang keras	100	150	—	Lebih besar dari 100	
	Batu keras mudah retak	60	90	—	Lebih besar dari 100	
	Batu lunak, batu lumpur	30	45	—	Lebih besar dari 10	
Lapisan kerikil	Tidak lepas	60	90	—	—	
	Lepas	30	45	—	—	
Tanah pondasi berpasir	Lepas	30	45	30–50	—	Bila harga <i>N</i> akibat Standard Penetration Test (SPT) lebih kecil dari 15, tanah pondasi tidak sesuai untuk suatu konstruksi bangunan
	Sedang	20	30	15–30	—	
Tanah pondasi kohesif	Sangat keras	20	30	15–30	2,0–4,0	
	Keras	10	15	8–15	1,0–2,0	
	Sedang	5	7,5	4–8	0,5–1,0	

Tabel 2 Typical allowable bearing values (Craig, 1991)

Rock or soil	Typical bearing value (kN/m ²)
Massive igneous bedrock	10000
Sandstone	2000 to 4000
Shales and mudstone	600 to 2000
Gravel, sand and gravel, compact	600
Loose fine sand	100 to 300
Medium dense sand	Less than 100
Hard clay	300 to 600
Medium clay	100 to 300
Soft clay	Less than 75

Tabel 3. Hubungan *N*, konsistensi tanah, kapasitas dukung ijin untuk tanah lempung (Terzaghi dan Peck, 194

Konsistensi	<i>N</i> (dari SPT)	Kapasitas daya dukung pondasi bujur sangkar (KN/m ²)	Kapasitas daya dukung pondasi memanjang (KN/m ²)
Sangat Lunak	0– 2	0-30	0-22
Lunak	2– 4	30-60	22-45
Sedang	4– 8	60-120	45-90
Kaku	8-15	120-240	90-180
Sangat Kaku	15-30	240-480	180-360
Keras	>30	>480	>360

TANAH LUNAK = 0.5 kg/cm²

TANAH KERAS = 1 kg/cm²

Daya Dukung Tanah

- Selanjutnya untuk memperoleh daya dukung ijin, maka besarnya daya dukung ultimit, q_u , tersebut harus dibagi dengan suatu angka keamanan (*safety factor*) yang umumnya diambil sama dengan 3.

$$q_a = \frac{q_u}{SF}$$

- Daya dukung ultimit untuk suatu tiang pancang dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

- Dengan Q_p adalah tahanan ujung tiang (*end bearing resistance*) dan Q_s adalah tahanan friksi (*frictional resistance*). Nilai Q_p dan Q_s dihitung dengan persamaan – persamaan berikut :

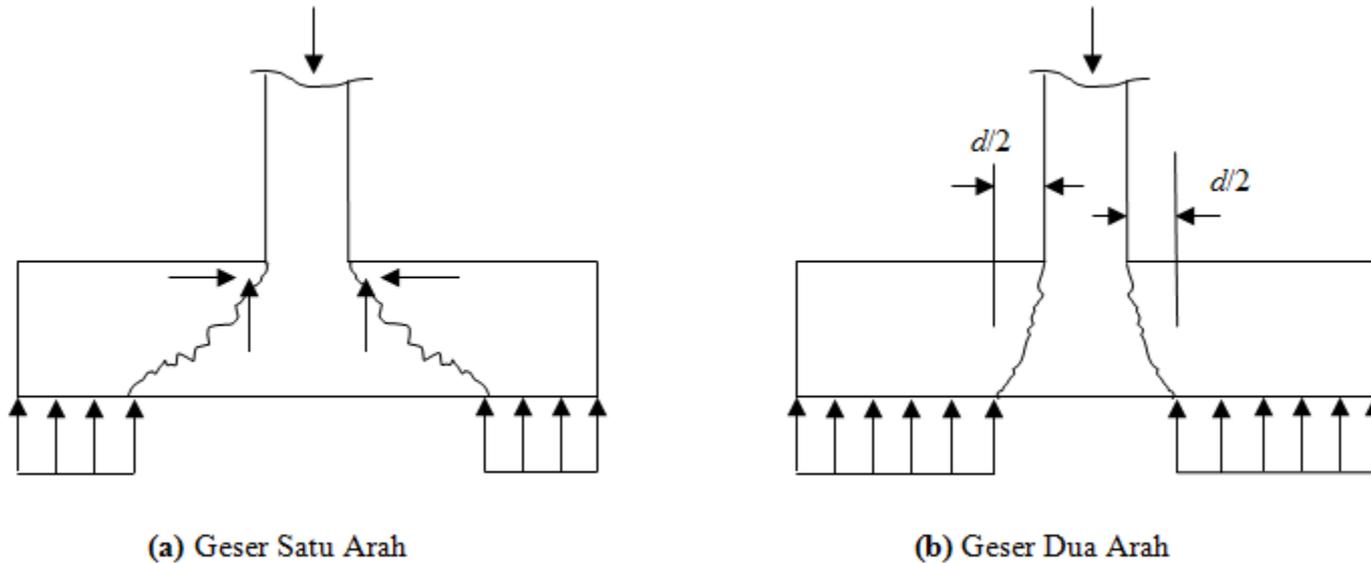
$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p (c' N_c^* + q' N_q^*)$$

$$Q_s = \Sigma p \cdot \Delta L \cdot f$$

- dengan :

A_p	: luas penampang ujung tiang
c'	: nilai kohesi tanah pada ujung tiang
q'	: tegangan vertikal efektif pada ujung tiang
N_c^*, N_q^*	: faktor kapasitas ujung
p	: keliling penampang tiang pancang
ΔL	: panjang tiang pada lapisan tanah yang ditinjau
f	: nilai tahanan friksi

- **Pondasi Telapak**



Gambar 13.9 Mekanisme Keruntuhan Pondasi Telapak

Geser Satu Arah, V_{u1}

- Guna melakukan tinjauan terhadap kemungkinan kegagalan geser satu arah, maka dapat diambil potongan kritis penampang yang terletak sejarak d dari muka kolom.
- Pemeriksaan terhadap geser pada potongan a-a (Gambar 13.10) dapat dilakukan seperti halnya pada analisis geser balok

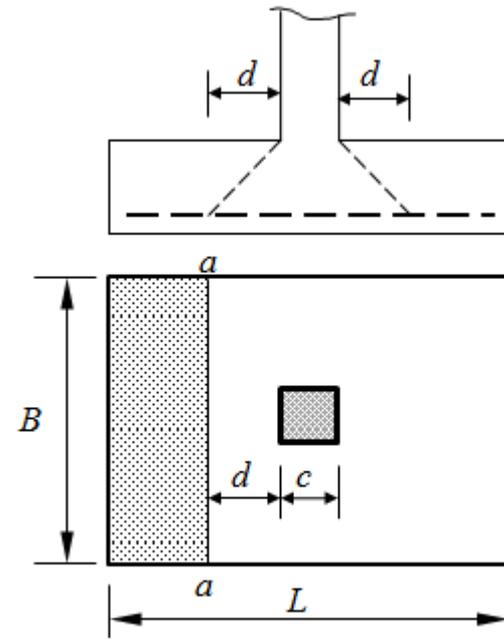
$$\phi V_c = \phi(0,17\lambda\sqrt{f'_c}bd)$$

Dengan $\phi = 0,75$ dan b adalah sama dengan lebar potongan a-a. Sedangkan gaya geser terfaktor yang bekerja pada potongan a-a adalah:

$$V_{u1} = q_u B \left(\frac{L}{2} - \frac{c}{2} - d \right)$$

Apabila tidak digunakan tulangan geser, maka d dapat dihitung dengan mengasumsikan $V_u = \phi V_c$, sehingga :

$$d = \frac{V_{u1}}{\phi 0,17\lambda\sqrt{f'_c} b}$$



Gambar 13.10 Geser Satu Arah Pada Pondasi Telapak

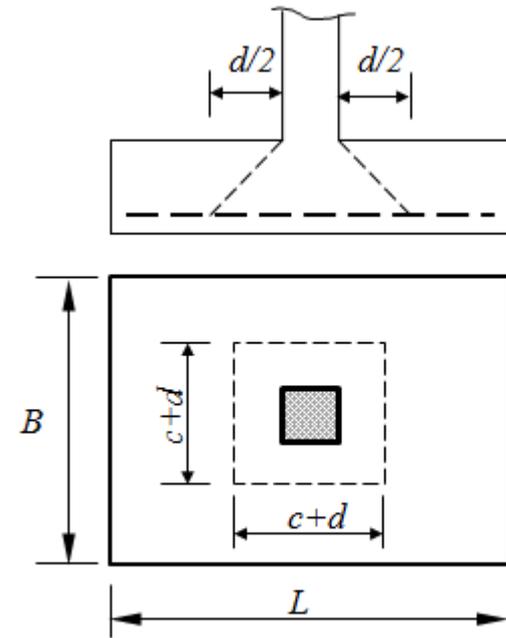
- **Geser Dua Arah, V_{u2}**
- Keruntuhan geser dua arah dapat timbul sebagai akibat munculnya tegangan tarik diagonal yang disebabkan oleh beban kolom yang disalurkan ke pondasi.
- Lokasi penampang kritis untuk peninjauan geser dua arah diambil sejarak $d/2$ dari muka kolom (Gambar 13.11).

- Dalam SNI 2847:2013, pasal 11.11.2.1, menyatakan bahwa kuat geser pondasi akibat geser dua arah, V_c , adalah diperoleh dari nilai terkecil antara :

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

$$V_{c2} = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d$$



Gambar 13.11 Geser Dua Arah Pada Pondasi Telapak

dengan :

- | | |
|------------|---|
| b_o | adalah keliling dari penampang kritis pada pelat pondasi telapak (mm) |
| d | tinggi efektif pelat pondasi (mm) |
| β_c | rasio sisi panjang terhadap sisi pendek dari beban terpusat atau daerah tumpuan |
| α_s | = 40 untuk kolom dalam, 30 untuk kolom tepi dan 20 untuk kolom sudut |

- Perhitungan momen yang muncul pada penampang pondasi telapak ditentukan dalam SNI 2847:2013 pasal 15.4.
- Momen luar akibat semua gaya yang bekerja pada pondasi, harus dihitung terhadap suatu potongan bidang vertikal pada pondasi tersebut yang terletak pada :
 - Muka kolom, pedestal atau dinding, untuk pondasi telapak yang memikul kolom, pedestal atau dinding beton
 - Setengah dari jarak yang diukur dari bagian tengah ke tepi dinding, untuk pondasi telapak yang mendukung dinding pasangan
 - Setengah dari jarak yang diukur dari muka kolom ke tepi pelat alas baja, untuk pondasi yang mendukung kolom dengan pelat dasar baja

- Jumlah tulangan tarik terpasang pada suatu pondasi telapak harus diperhatikan besarnya, dengan luas minimum tulangan tarik dalam arah bentang yang ditinjau harus memenuhi kebutuhan tulangan untuk susut dan suhu yang besarnya ditentukan dalam Tabel 13.2 (merujuk pada SNI 2847:2013 pasal 7.12.2.1).
- Nilai dalam tabel tersebut tidak boleh kurang dari 0,0014. Sedangkan jarak antar tulangan maksimum tidak boleh melebihi tiga kali tebal pondasi atau 450 mm.

Tabel 13.2 Rasio Tulangan Minimum Terhadap Luas Brutto Penampang Beton

(a) Pelat dengan tulangan ulir bermutu 280 atau 350 MPa	0,002
(b) Pelat dengan tulangan ulir bermutu 420 MPa atau jaring kawat las (<i>wire-mesh</i>)	0,0018
(c) Pelat dengan tulangan ulir bermutu lebih dari 420 MPa	$0,0018 \times 420/f_y$

- Tulangan lentur pada pondasi telapak satu arah dan pondasi telapak bujur sangkar harus disebar secara merata ke seluruh lebar dari pondasi telapak tersebut. Sedangkan untuk tulangan lentur pada pondasi empat persegi panjang dapat didistribusikan sebagai berikut :
- dalam arah memanjang, tulangan lentur harus disebar merata ke seluruh lebar dari pondasi telapak
- untuk tulangan dalam arah pendek, maka sebagian luas tulangan lentur (sebesar $\gamma_s A_s$) harus didistribusikan merata dalam suatu jalur selebar ukuran dari sisi pendek pondasi. Sisa tulangan lainnya (sebesar $(1 - \gamma_s) A_s$), didistribusikan di luar jalur tadi. Sisa tulangan yang ada tersebut jumlahnya tidak boleh kurang dari kebutuhan tulangan minimum untuk susut dan suhu. Besaran γ_s ditentukan sebagai berikut :

$$\gamma_s = \frac{2}{\beta + 1} \quad \text{dengan} \quad \beta = \frac{\text{panjang sisi panjang pondasi}}{\text{panjang sisi pendek pondasi}}$$

- Batang tulangan tekan dari kolom harus disalurkan ke pelat pondasi dengan panjang penyaluran yang nilainya tidak kurang dari persamaan berikut :

$$l_{dc} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b$$

- Nilai persamaan di atas tidak boleh kurang dari $l_{dc} = 0,043 \cdot f_y \cdot d_b \geq 200$ mm.
- Untuk panjang penyaluran tulangan tarik

$$l_d = \left(\frac{f_y}{1,1 \lambda \sqrt{f'_c}} \frac{\psi_t \psi_e \psi_s}{\left(\frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) d_b$$

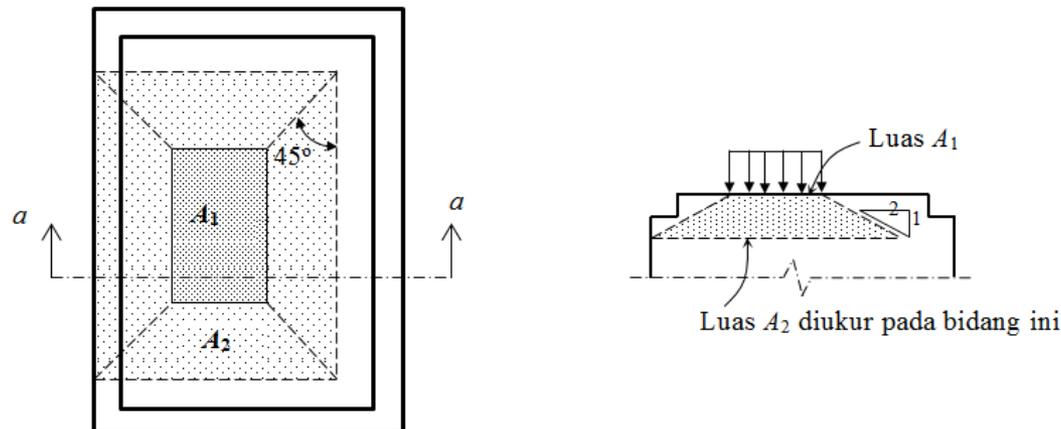
- Beban dari kolom disalurkan ke pondasi melalui mekanisme tumpu. Besaran beban yang bekerja pada dasar kolom, tidak boleh melampaui kuat tumpu dari beton, yang dalam SNI 2847:2013 pasal 10.14.1 ditentukan sebesar :

$$N_1 = \phi(0,85 \cdot f'_c \cdot A_1)$$

- Dengan $\phi = 0,65$, dan A_1 adalah luas bidang tumpu kolom. Nilai dari persamaan tsb. masih dapat diperbesar dengan mengalikannya terhadap faktor $\sqrt{A_2/A_1}$ apabila permukaan beton penumpu lebih lebar di kesemua sisinya daripada daerah yang dibebani.

- Namun nilai dari $\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ tidak boleh diambil lebih dari 2. Sehingga persamaan dapat dituliskan kembali menjadi :

$$N_2 = \phi(0,85 \cdot f'_c \cdot A_1) \sqrt{\frac{A_2}{A_1}} \leq 2 \cdot \phi(0,85 \cdot f'_c \cdot A_1)$$



Gambar 13.12 Definisi Luas A_1 dan A_2

- Apabila beban aksial terfaktor, P_u , yang disalurkan kolom ke pondasi melebihi nilai dari N_1 atau N_2 , maka diperlukan sejumlah tulangan tambahan untuk menyalurkan kelebihan gaya ini.
- Tulangan yang disediakan ini dapat berasal dari tulangan kolom yang diteruskan ke pelat pondasi, atau bisa juga dengan menyediakan sejumlah tulangan stek/pasak.
- Kelebihan gaya yang harus dipikul oleh stek/pasak adalah :

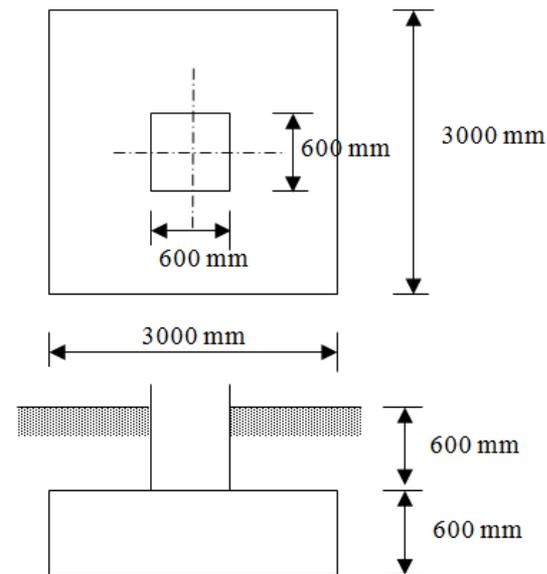
$$P_{u \text{ lebih}} = P_u - N_1$$

- dan luas tulangan stek/pasak yang dibutuhkan dapat dihitung melalui persamaan :

$$A_{st} = \frac{P_{u \text{ lebih}}}{f_y} > 0,005A_g$$

Contoh 1

- Lakukan analisis terhadap pondasi telapak bujur sangkar pada Gambar C.13.1.a berikut ini. Pondasi memikul beban dari kolom akibat beban mati sebesar 1300 kN dan beban hidup 700 kN.
- Mutu beton $f'_c = 20$ MPa dan mutu baja tulangan $f_y = 400$ MPa. Daya dukung ijin tanah sebesar 250 kN/m^2 . Pada pondasi terdapat timbunan tanah setebal 0,6 m dengan berat jenis tanah dianggap sebesar 16 kN/m^3 .



Gambar C.13.1.a

Data Teknis:

P_{DL}	= 1300 kN
P_{LL}	= 700 kN
f'_c	= 20 MPa
f_y	= 400 MPa
σ_{all}	= 250 kN/m^2
h	= 0,60 m
ρ_{tanah}	= 16 kN/m^3

1. Perhitungan tegangan tanah

Pondasi harus memiliki luas penampang yang cukup sehingga beban-beban yang diterima oleh tanah menghasilkan tegangan yang masih lebih kecil daripada tegangan ijin tanah.

$$\text{Beban kolom} = 1300 + 700 = 2000 \text{ kN}$$

$$\text{Berat pondasi} = 3(3)(0,6)(24) = 129,6 \text{ kN}$$

$$\text{Berat tanah} = (3^2 - 0,6^2)(0,6)(16) = \underline{82,944 \text{ kN}}$$

$$\text{Beban total pada tanah} = 2212,544 \text{ kN}$$

$$\text{Tegangan pada tanah} = \frac{2.212,544}{3 \times 3} = 245,83 \text{ kN/m}^2 < \sigma_{\text{all}} \quad \mathbf{OK}$$

1. Perhitungan geser satu arah dan dua arah

Untuk memperhitungkan pengaruh geser satu arah dan dua arah (pons) terlebih dahulu dihitung besarnya tinggi efektif rerata dari pondasi

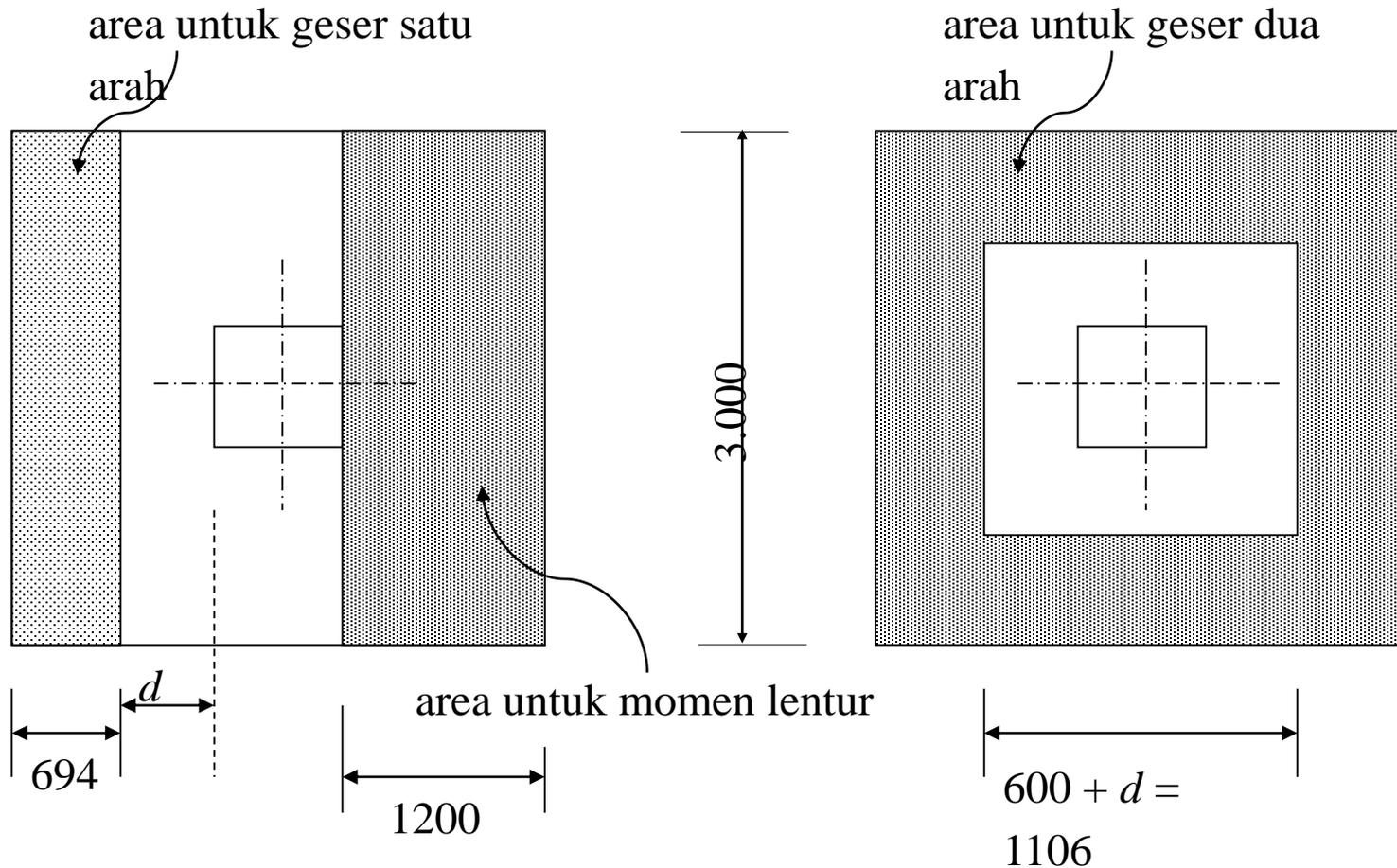
$$\begin{aligned}d_{\text{rerata}} &= \text{tebal pondasi} - \text{selimut} - 1 \text{ diameter tulangan} \\ &= 600 - 75 - 19 = 506 \text{ mm}\end{aligned}$$

Tegangan tanah ultimit akibat beban terfaktor besarnya adalah

$$p_{\text{ult}} = \frac{1,2(1.300) + 1,6(700)}{3 \times 3} = 297,78 \text{ kN/m}^2$$

Berdasarkan area beban untuk geser satu arah pada Gambar C.13.1.b, maka besarnya geser satu arah terfaktor adalah

$$\begin{aligned}V_{u1} &= p_{\text{ult}} \times \text{area efektif} = 297,78 \times 0,694 \times 3 = 619,98 \text{ kN} \\ \phi V_n &= \phi(0,17\lambda\sqrt{f'_c}bd) = 0,75(0,17)(1,0)(\sqrt{20})(3000)(506) = 865.559,55 \text{ N} \\ &= 865,56 \text{ kN} > V_u \qquad \qquad \qquad \mathbf{OK}\end{aligned}$$



Besarnya gaya geser dua arah terfaktor adalah

$$V_{u2} = p_{ult} \times \text{area efektif} = 297,78 \times (3^2 - 1,106^2) = 2.315,76 \text{ kN}$$

Nilai kuat geser pons dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara :

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) (1,0) \sqrt{20} (1.106 \times 4) (506) = 5.105.647,28 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d = 0,083 \left(\frac{40 \times 506}{4 \times 1.106} + 2 \right) (1,0) \sqrt{20} (4 \times 1.106) (506)$$

$$= 5.463.330,44 \text{ N}$$

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d = 0,33 (1,0) \sqrt{20} (4 \times 1.106) (506) = 3.303.654,12 \text{ N}$$

maka :

$$\phi V_n = 0,75 V_n = 0,75 (3.303.654,12) = 2.477.740,59 \text{ N} = 2.477,74 \text{ kN} > V_{u2}$$

OK

1. Perhitungan momen lentur dan tulangan tarik

Penampang kritis dan area beban yang ditinjau terhadap momen lentur ditunjukkan dalam Gambar C.13.1.b(i). Besar momen lentur terfaktor adalah

$$M_u = \frac{p_{netto} \cdot b \cdot l^2}{2} = \frac{297,78 \times 3 \times 1,2^2}{2} = 643,2 \text{ kN.m}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{643,2 \times 10^6}{0,9 \times 3.000 \times 506^2} = 0,9342$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f_c'}} \right] = \frac{0,85 \times 20}{400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,9342}{0,85 \times 20}} \right] = 0,0024$$

$$A_s \text{ perlu} = 0,0024(3000)(506) = 3.643,2 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 0,0018(3000)(600) = 3.240 \text{ mm}^2$$

Dipasang 13 D 19 atau D19 – 225

1. Perhitungan panjang penyaluran tulangan tarik

Panjang penyaluran tulangan dihitung dengan menggunakan persamaan 13.22, atau dengan menggunakan nilai yang telah dirangkumkan pada Tabel 11.2. Dari Tabel 11.2, untuk tulangan berdiameter 19 mm dengan mutu beton $f'_c = 20$ MPa, diperoleh panjang penyaluran yang dibutuhkan sebesar 809,2 mm.

Panjang penyaluran yang tersedia adalah $1200 - 75 = 1.125 > l_d$ **OK**

2. Perhitungan transfer beban kolom ke pondasi

a. Kuat tumpu pada dasar kolom, N_1

$$P_u = 1,2(1300) + 1,6(700) = 2.680 \text{ kN}$$

$$N_1 = \phi(0,85 \cdot f'_c \cdot A_1) = 0,65(0,85)(20)(600 \times 600) = 3.978.000 \text{ N} = 3.978 \text{ kN} > P_u \quad \mathbf{OK}$$

b. Kuat tumpu pada sisi atas pondasi, N_2

$$A_2 = 3000 \times 3.000 = 9.000.000 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 600 \times 600 = 360.000 \text{ mm}^2$$

$$\sqrt{\frac{A_2}{A_1}} = 5$$

Sehingga $N_2 = 2N_1 = 2(3.978) = 7.956 \text{ kN} > P_u$

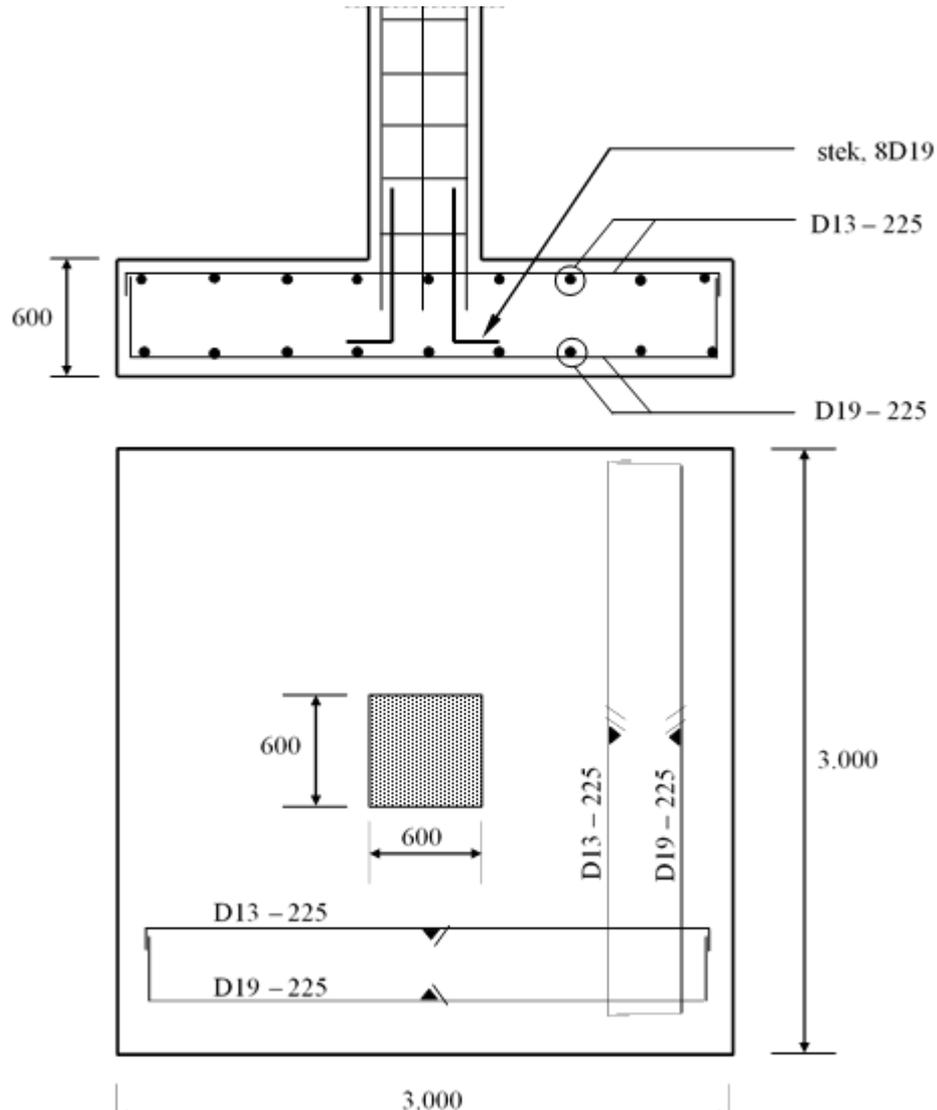
Dengan demikian sebenarnya tidak diperlukan tulangan tambahan berupa stek untuk menyalurkan beban kolom ke pondasi, namun SNI 2847:2013 pasal 15.8.2.1 mensyaratkan tulangan minimum sebesar 0,005 kali luas brutto komponen struktur yang ditumpu, dalam hal ini adalah luasan penampang kolom. Sehingga dibutuhkan luas tulangan minimum yang besarnya $0,005(600)(600) = 1800 \text{ mm}^2$, atau dapat digunakan tulangan stek 8D19.

- a. Panjang penyaluran tulangan pasak/stek

Panjang penyaluran tulangan tekan dapat diambil dari nilai terbesar antara

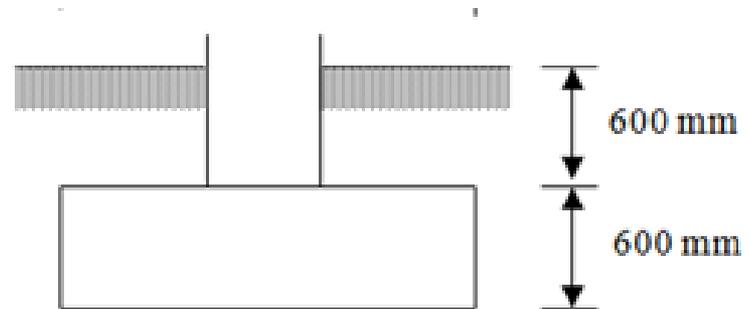
- (1) $l_{dc} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b = \frac{0,24 \times 400}{1,0 \times \sqrt{20}} \times 19 = 407,86$
- (2) $l_d = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y = 0,043(19)(400) = 326,8 \text{ mm}$
- (3) $l_d = 200 \text{ mm}$

Dari ketiga nilai tersebut, maka panjang penyaluran minimum yang disyaratkan adalah sebesar 407,86 mm. Pada kenyataannya tersedia panjang penyaluran sepanjang tebal pondasi telapak yaitu 600 mm.



Contoh 2

- Rencanakan suatu pondasi telapak bujur sangkar yang memikul beban mati **875 kN** dan beban hidup **700 kN** dari suatu kolom struktur berukuran $400 \times 400 \text{ mm}^2$. Tegangan ijin tanah $\sigma_{\text{all}} = \mathbf{250 \text{ kN/m}^2}$. Tinggi timbunan tanah **0,6 m** dengan berat jenis tanah sebesar **15 kN/m³**. Mutu beton $f'_c = \mathbf{20 \text{ MPa}}$, mutu baja tulangan $f_y = \mathbf{400 \text{ MPa}}$.



Penentuan dimensi telapak

Untuk menentukan dimensi telapak pondasi, maka harus diperkirakan dahulu berat sendiri pondasi serta berat timbunan tanah. Diasumsikan pondasi memiliki ketebalan 600 mm, sedangkan berat timbunan tanah setinggi 0,6 m menimbulkan beban pada tanah sebesar $0,6(15) = 9 \text{ kN/m}^2$. Sehingga tegangan ijin tanah netto adalah :

$$p_{\text{netto}} = 250 - 0,6(24) - 9 = 226,6 \text{ kN/m}^2$$

$$A_{\text{perlu}} = \frac{875 + 700}{226,6} = 6,95 \text{ m}^2$$

Maka dapat dipilih ukuran telapak sebesar $2750 \times 2750 \text{ mm}^2$ ($A = 7,56 \text{ m}^2$)

Selanjutnya untuk perhitungan disain penampang pondasi telapak beton bertulang, harus dihitung beban terfaktor, P_u

$$P_u = 1,2(875) + 1,6(700) = 2.170 \text{ kN}$$

$$p_{\text{ult}} = \frac{2.170}{2,75 \times 2,75} = 286,94 \text{ kN/m}^2$$

2. Penentuan tebal pondasi telapak berdasarkan tinjauan geser

Ketebalan dari suatu pondasi pada umumnya lebih ditentukan oleh pengaruh geser, baik geser satu arah atau dua arah. Sebagai asumsi awal diperkirakan tebal pondasi adalah sebesar 600 mm.

$$d_{\text{rerata}} = 600 - \text{selimut} - 1\text{diameter} = 600 - 75 - 19 = 506 \text{ mm}$$

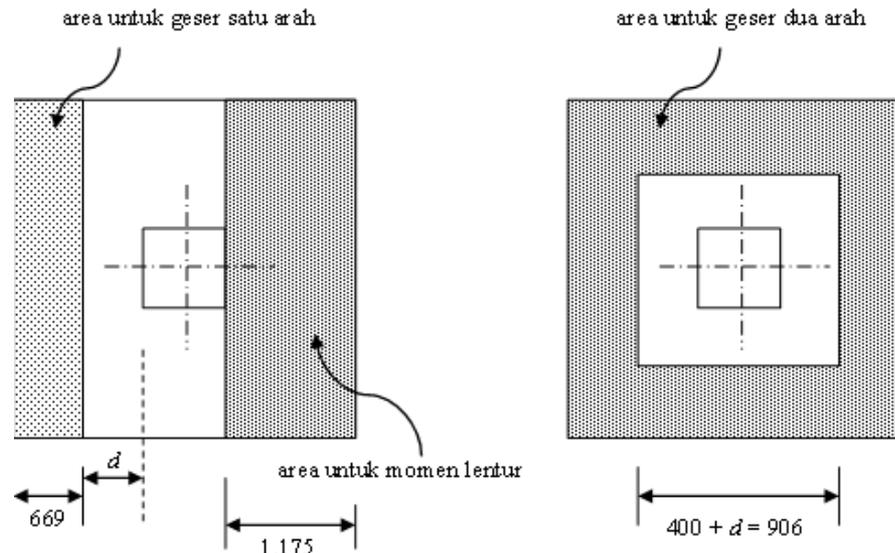
Geser satu arah :

$$V_{u1} = p_{\text{ult}}(\text{area}) = 286,94(0,669)(2,750) = 527,89 \text{ kN}$$

$$\phi V_n = \phi(0,17\lambda\sqrt{f'_c}bd) = 0,75(0,17)(1,0)(\sqrt{20})(2750)(506) = 793.429,59 \text{ N}$$

$$= 793,43 \text{ kN} > V_{u1}$$

OK



Geser dua arah :

$$V_{u2} = p_{ult}(\text{area}) = 286,94(2,752 - 0,9062) = 1.934,45 \text{ kN}$$

Nilai kuat geser pons dua arah untuk beton ditentukan dari nilai terkecil antara :

$$V_{c1} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d = 0,17 \left(1 + \frac{2}{1} \right) (1,0) \sqrt{20} (906 \times 4) (506) = 4.182.383,76 \text{ N}$$

$$V_{c2} = 0,083 \left(\frac{\alpha_s d}{b_o} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'_c} b_o d = 0,083 \left(\frac{40 \times 506}{4 \times 906} + 2 \right) (1,0) \sqrt{20} (4 \times 906) (506) =$$

5.162.817,21 N

$$V_{c3} = 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} b_o d = 0,33 (1,0) \sqrt{20} (4 \times 906) (506) = 2.706.248,32 \text{ N}$$

maka :

$$\phi V_n = 0,75 V_n = 0,75 (2.706.248,32) = 2.029.686,24 \text{ N} = 2.029,67 \text{ kN} > V_{u2} \quad \mathbf{OK}$$

Dengan demikian tebal pondasi sebesar 600 mm cukup untuk digunakan dalam kasus ini.

Transfer beban kolom ke pondasi

Kuat tekan rencana berdasarkan tegangan ultimit beton sebesar $0,85f'_c$ adalah

$$\phi P_n = \phi(0,85f'_c)A_g = 0,65(0,85)(20)(400)^2 = 1.768.000 \text{ N} = 1.768 \text{ kN}$$

$$\phi P_n < P_u (= 2.170 \text{ kN}) \quad \rightarrow \text{perlu tulangan stek}$$

Luas tulangan stek yang dibutuhkan dihitung sebagai berikut

$$A_{s \text{ perlu}} = \frac{P_u - \phi P_n}{\phi f_y} = \frac{2.170 - 1.768}{0,65 \times 400} = 1.546,15 \text{ mm}^2$$

$$A_{s \text{ min}} = 0,005(400)^2 = 800 \text{ mm}^2$$

Dipasang tulangan stek 8D16 ($A_s = 1.608 \text{ mm}^2$)

Tulangan stek 8D16 harus memiliki panjang penyaluran yang mencukupi, dengan panjang penyaluran dihitung dari nilai maksimal antara :

$$(1) \quad l_{dc} = \frac{0,24 f_y}{\lambda \sqrt{f'_c}} d_b = \frac{0,24 \times 400}{1,0 \times \sqrt{20}} \times 16 = 343,46 \text{ mm}$$

$$(2) \quad l_d = 0,043 \cdot d_b \cdot f_y = 0,043(16)(400) = 275,2 \text{ mm}$$

$$(3) \quad l_d = 200 \text{ mm}$$

Dengan demikian panjang penyaluran yang disyaratkan adalah 343,46 mm, hal ini sudah terpenuhi oleh ketebalan pondasi sebesar 600 mm.

Perhitungan pembesian pelat pondasi

Penampang kritis yang digunakan untuk perhitungan momen lentur ditunjukkan dalam Gambar C.13.2.a

$$M_u = \frac{1}{2} (286,94)(2,75)(1,175)^2 = 544,72 \text{ kN.m}$$

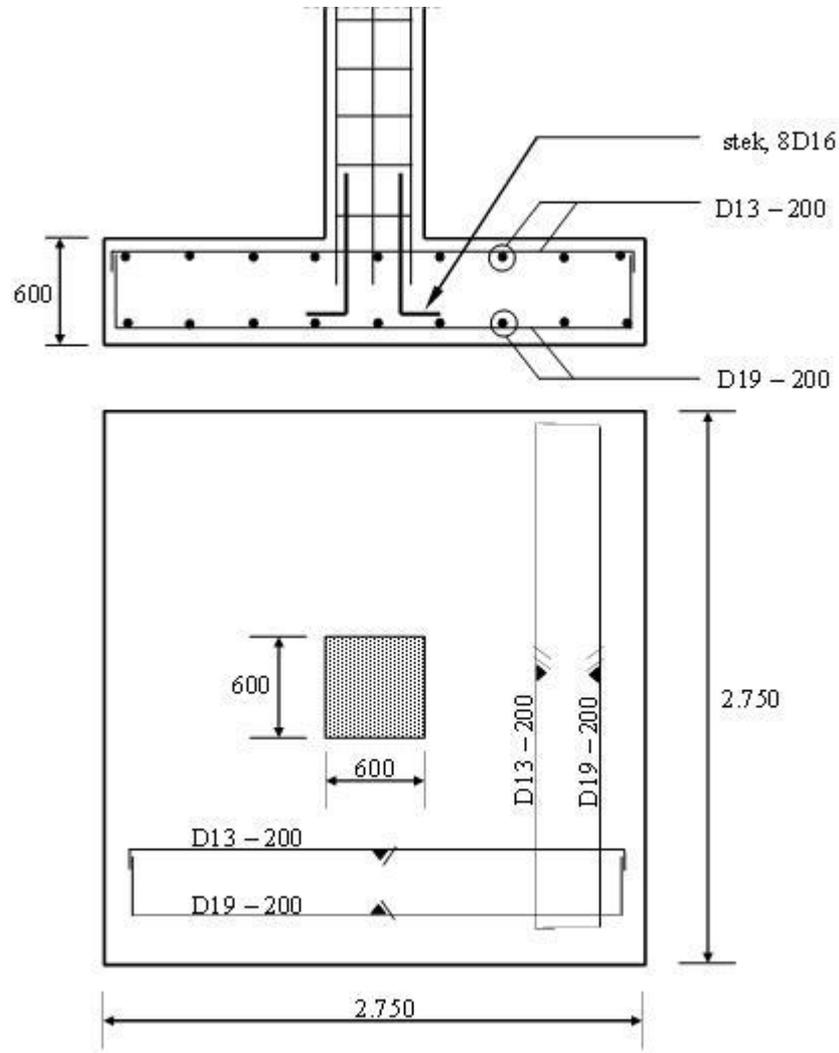
$$R_n = \frac{M_u}{\phi b d^2} = \frac{544,72 \cdot 10^6}{0,9 \times 2.750 \times 506^2} = 0,9671$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 f_c'}{f_y} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2R_n}{0,85 f_c'}} \right] = \frac{0,85 \times 20}{400} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 0,9671}{0,85 \times 20}} \right] = 0,00249$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho b d = 0,00249(2.750)(506) = 3.466,2 \text{ mm}^2$$

$$A_s \text{ min} = 0,0018(2.750)(600) = 2.970 \text{ mm}^2$$

Dipasang 13 D 19 atau D19 – 200 ($A_s = 3.679 \text{ mm}^2$)



Contoh 3

- Rencanakan suatu pondasi empat persegi panjang yang harus memikul beban mati sebesar 1050 kN dan beban hidup sebesar 500 kN. Ukuran kolom sebesar $450 \times 450 \text{ mm}^2$. Lebar pondasi dibatasi sebesar 2,00 m. Tegangan ijin tanah sebesar 260 kN/m^2 . Pengaruh timbunan tanah diabaikan dalam contoh ini, sedangkan mutu beton $f'_c = 20 \text{ MPa}$ dan mutu baja tulangan $f_y = 400 \text{ MPa}$.

