

Mata Kuliah : Struktur Beton Lanjutan
Kode : TSP - 407
SKS : 3 SKS

Pondasi

Pertemuan - 4

- TIU :
 - Mahasiswa dapat mendesain berbagai elemen struktur beton bertulang

- TIK :
 - Mahasiswa dapat mendesain penampang pondasi telapak beton bertulang

- 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 :

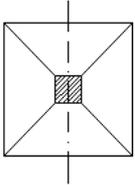
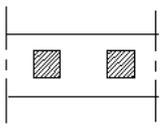
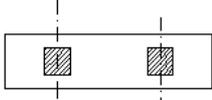
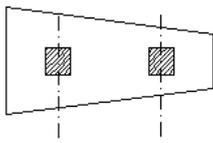
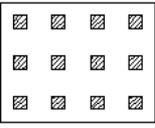
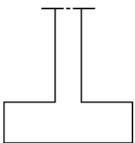
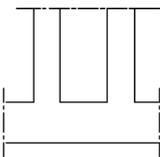
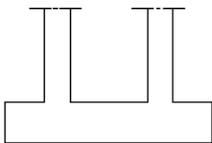
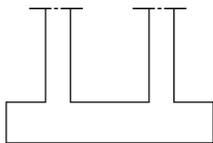
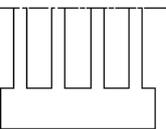
1. Penentuan Beban Rencana
2. Penyelidikan Tanah
3. Pemilihan Jenis Pondasi
4. Penentuan Dimensi Pondasi
5. Tahap Konstruksi

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

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

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 :

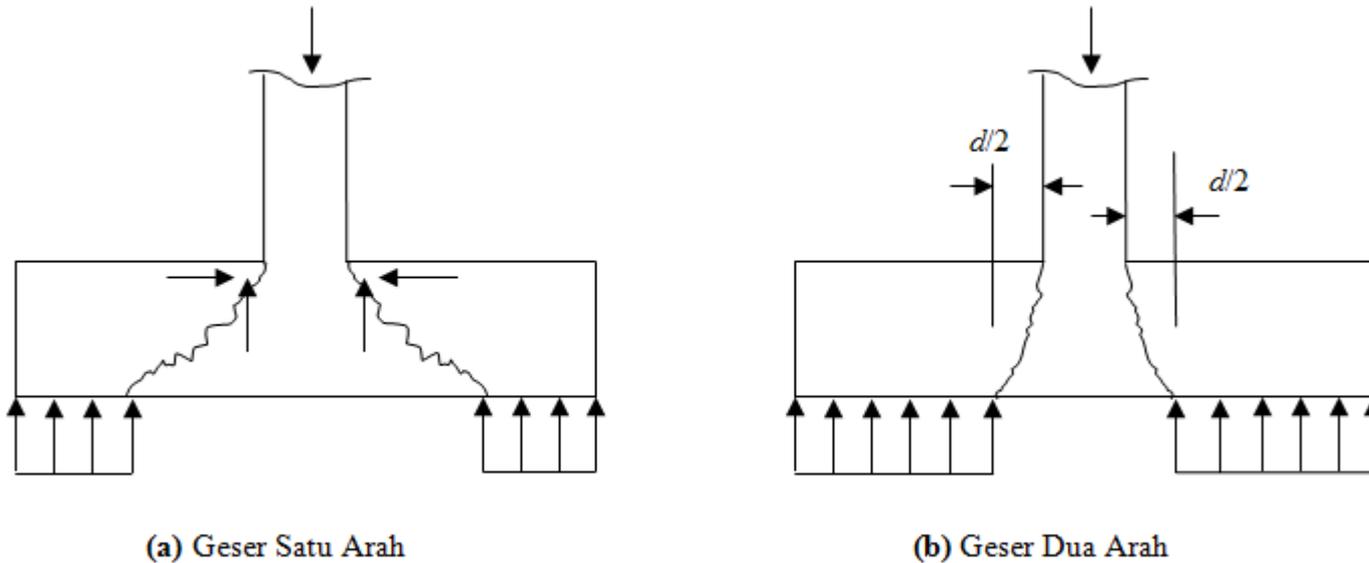
$$Q_p = A_p \cdot q_p = A_p (c' N_c^* + q' N_q^*)$$

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

- 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

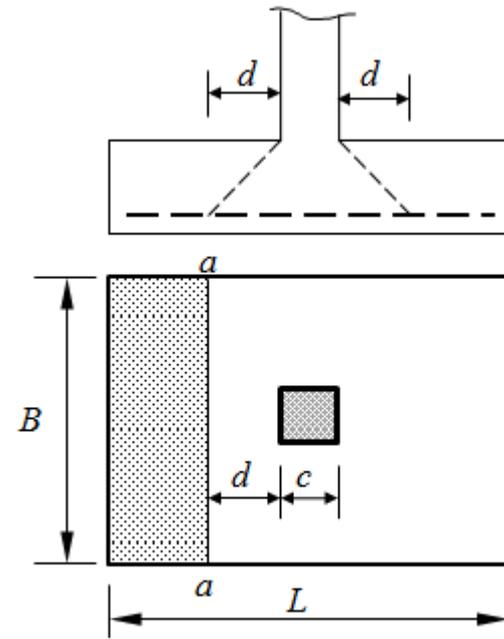
$$\phi V_c = \phi(0,17\lambda\sqrt{f'_c}bd)$$

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

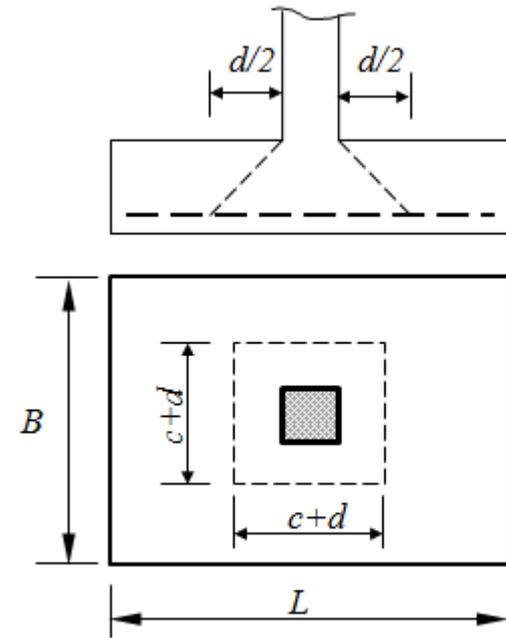
- **Geser Dua Arah, V_{u2}**
- Keruntuhan geser dua arah dapat timbul sebagai akibat munculnya tegangan tarik diagonal yang disebabkan oleh beban kolom yang disalurkan ke pondasi.
- Lokasi penampang kritis untuk peninjauan geser dua arah diambil sejarak $d/2$ dari muka kolom (Gambar 13.11).

- 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

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

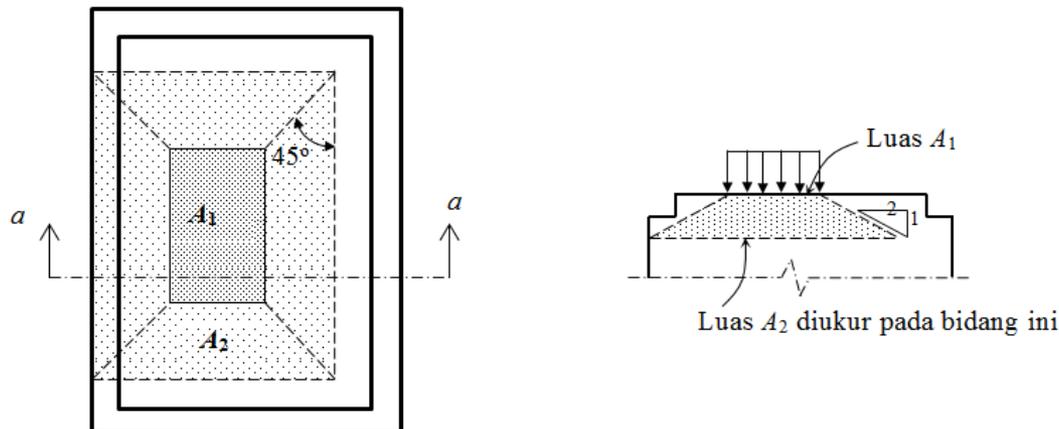
- Beban dari kolom disalurkan ke pondasi melalui mekanisme tumpu. Besaran beban yang bekerja pada dasar kolom, tidak boleh melampaui kuat tumpu dari beton, yang dalam SNI 2847:2013 pasal 10.14.1 ditentukan sebesar :

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

- 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 :

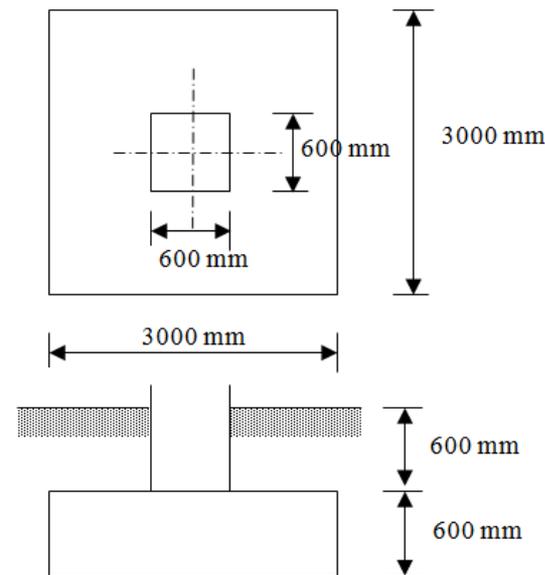
$$P_{u \text{ lebih}} = P_u - N_1$$

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

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

Contoh 13.1

- 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

Contoh 13.2

- 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 $s_{\text{all}} = 250 \text{ kN/m}^2$. Tinggi timbunan tanah 0,6 m dengan berat jenis tanah sebesar 15 kN/m^3 . Mutu beton $f'_c = 20 \text{ MPa}$, mutu baja tulangan $f_y = 400 \text{ MPa}$.

Contoh 13.3

- Rencanakan suatu pondasi empat persegi panjang yang harus memikul beban mati sebesar 1050 kN dan beban hidup sebesar 500 kN. Ukuran kolom sebesar 450 × 450 mm². Lebar pondasi dibatasi sebesar 2,00 m. Tegangan ijin tanah sebesar 260 kN/m². Pengaruh timbunan tanah diabaikan dalam contoh ini, sedangkan mutu beton $f'_c = 20$ MPa dan mutu baja tulangan $f_y = 400$ MPa.