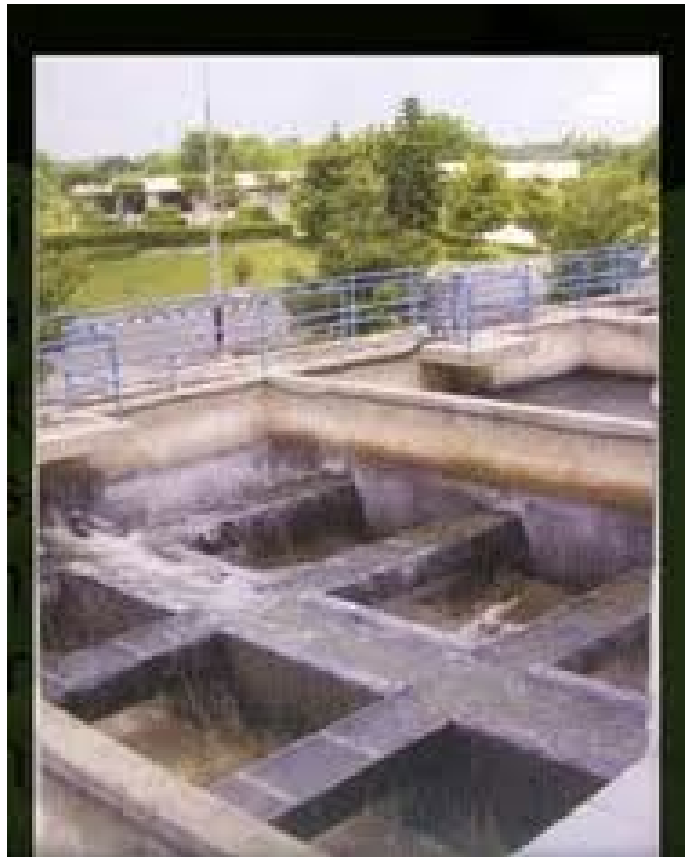


*Pengetahuan Struktur*

# **DIKTAT MATA KULIAH PENGETAHUAN STRUKTUR**

**Oleh : Widyono Astono  
Sarah Arphirta**



**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS ARSITEKTUR LANSEKAP DAN TEKNOLOGI LINGKUNGAN  
UNIVERSITAS TRISAKTI**

**Desember 2023**

**DAFTAR ISI**

Umum	Hubungan Mekanika Teknik dengan Struktur	1
Bab I	Struktur beton	3
Bab II	Struktur Baja	12
Bab III	Struktur Kayu	16
Bab IV	Pondasi	22
Bab V	Dinding Penahan Tanah	32

**DAFTAR TABEL**

Tabel 0	Kekuatan beton rencana untuk $\phi = 1$	2
Table 1	Kelas dan mutu beton	4
Tabel 2	Batas-batas standar deviasi	5
Tabel 3	Hubungan umur beton terhadap kuat tekan beton	5
Table 4	Tebal minimum selimut beton dari jenis pekerjaan beton	7
Table 5	Koefisien pemakaian untuk beton	8
Table 6	Koefisien bahan untuk beton	8
Tabel 7	Tegangan tekan dan tarik baja yang diijinkan	9
Tabel 8	Tegangan tekan dan tarik baja leleh karakteristik	9
Tabel 9	Tegangan tekan dan tarik baja rencana	9
Tabel 10	Tegangan leleh dan tegangan dasar	12
Tabel 11	Mutu kayu	16
Tabel 12	Kelas kuat kayu	17
Tabel 13	Tegangan yang dipergunakan untuk kayu mutu A	17

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Hubungan Penyelesaian Mekanika Teknik dengan Pengetahuan Stuktur	1
Gambar 2 Penampang balok beton persegi empat	5
Gambar 3 Beton tarik/tekan	6
Gambar 4 Hubungan Tegangan-Regangan	7
Gambar 5 Hubungan tegangan-regangan baja	11
Gambar 6 Perhitungan tegangan pada luas penampang baja berlubang	13
Gambar 7 Tekuk pada konstruksi baja	14
Gambar 8 Panjang tekuk baja akibat pembebanan pada suatu perletakan	15
Gambar 9, Macam macam profil baja	15
Gambar 10 Corak penampang serat kayu	16
Gambar 11 Sambungan sudut $\alpha$	18
Gambar 12 Sambungan gigi tunggal	19
Gambar 13 Sambungan gigi rangkap	19
Gambar 14 Panjang tekuk kayu akibat pembebanan pada suatu perletakan	21
Gambar 15 Pondasi telapak	22
Gambar 16 Pondasi memanjang	22
Gambar 17 Tekanan sentuh pada pondasi	23
Gambar 18 Pondasi telapak dibebani momen guling	24
Gambar 19 distribusi tekanan pada dasar pondasi bila $e_x > L/6$	25
Gambar 20 Resultante gaya aksial dan momen lentur pada pusat pondasi	26
Gambar 21 Kedalaman minimum pondasi	27
Gambar 22 Contoh penggabungan beberapa pondasi	28
Gambar 23 Tipe tiang pancang	30
Gambar 24 Tiang dukung ujung	30
Gambar 25 Tiang dukung gesek	31
Gambar 26 Tahanan ujung dan gesek serta model keruntuhan	31
Gambar 27 Hasi sondir penyelidikan tanah	32
Gambar 28 Tekanan tanah lateral	33
Gambar 29. Jenis struktur tembok penahan tanah	34

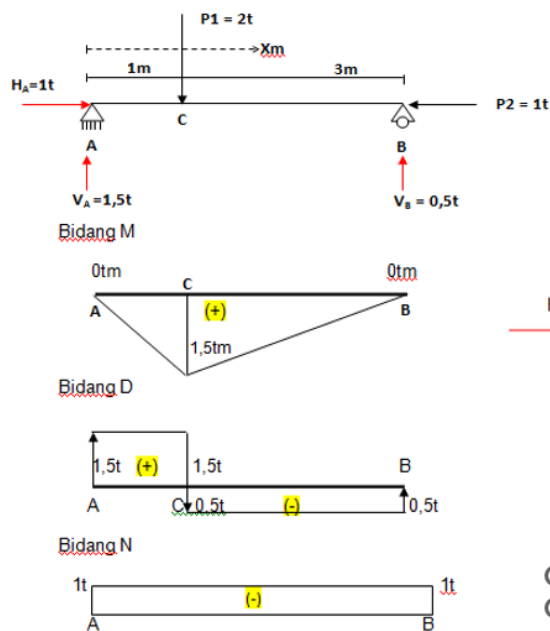
## Pengetahuan Struktur

UMUM:

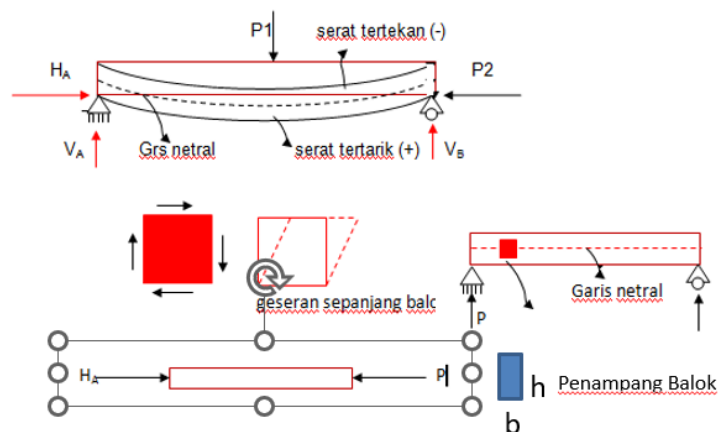
Pengetahuan Struktur adalah bagian dari bidang ilmu teknik sipil yang mempelajari masalah struktural dan sifat dari material seperti baja, beton, kayu yang digunakan untuk bangunan gedung, saluran, jembatan, siphon, dinding penahan tanah, dan sebagainya.

Hubungan Mekanika Teknik dengan Pengetahuan Struktur:

### MEKTEK



### STRUKTUR



Gambar 1 Hubungan Penyelesaian Mekanika Teknik dengan Pengetahuan Struktur

Sebuah balok sederhana diatas perletakan sendi dan rol dibebani oleh gaya terpusat vertical  $P_1$  ke bawah dan gaya horizontal  $P_2$  ke kiri, maka akan diperoleh reaksi perletakan  $V_A$ ,  $V_B$ , dan  $H_A$  sehingga diperoleh bidang M,D,N (lihat gambar).

Berdasarkan bid M maka pada balok akan terjadi lendutan yang akan menekan serat atas dan menarik serat bawah balok, jadi lendutan disebabkan oleh besaran Momen yang terjadi di sepanjang balok

Berdasarkan bid D oleh gaya gaya vertical  $P_1$ ,  $V_A$  dan  $V_B$  pada balok akan menyebabkan geseran sepanjang balok, dengan demikian terjadinya tegangan geser balok disebabkan oleh gaya gaya vertical balok.

Berdasarkan bidang N oleh gaya gaya horizontal  $P_2$  dan  $H_A$ , adalah tekan pada balok yang akan menyebabkan tegangan normal tekan. Namun bila gaya horizontal tersebut gaya Tarik maka akan menyebabkan tegangan normal Tarik.

Rumus Tegangan yang digunakan:

**TEGANGAN NORMAL**

- $\sigma_n = P_n/A$  dimana:
- $\sigma_n$  = tegangan normal (kg/cm<sup>2</sup>)
- $P_n$  = Gaya normal (ton)
- $A$  = Luas penampang batang (cm<sup>2</sup>)

**TEGANGAN GESER**

- $\tau = 3/2 V/A$
- $\tau$  = tegangan geser batang (kg/cm<sup>2</sup>)
- $V$  = Gaya lintang batang (ton)
- $A$  = luas penampang batang (cm<sup>2</sup>)

**TEGANGAN LENTUR**

Y= Jarak titik berat batang thd sisi serat atas.  
I= Momen inersia =1/12bh<sup>3</sup>

- $\sigma_{lt} = M/S \pm P_n/A = M.Y/I \pm P_n/A$
- $\sigma_{lt}$  = tegangan lentur (kg/cm<sup>2</sup>)
- $P_n$  = Gaya normal (ton)
- $A$  = Luas penampang batang (cm<sup>2</sup>)
- $M$  = Momen pada batang (t.m)
- $S$  = Momen tahanan penampang batang (cm<sup>3</sup>)
- $S = 1/6bh^2$
- $b$  = lebar penamp batang (cm),  $h$  = tinggi batang (cm)

Kekuatan beton rencana untuk  $\phi = 1$

Mutu	Notasi	Kekuatan beton rencana kg/cm <sup>2</sup> )										
		Pada pembebanan tetap					Pada pembebanan sementara					
		B <sub>1</sub> 100	K 125 125	K 175 175	K 225 225	Umum $\sigma'_{bk}$	B <sub>1</sub> 100	K 125 125	K 175 175	K 225 225	Umum $\sigma'_{bk}$	
Kekuatan tekan beton karakteristik	$\sigma'_{bk}$											
Lentur tanpa dan/atau dengan gaya normal :	tekan	$\sigma'_{bu}$	50	62	88	112	$0,5 \sigma'_{bk}$	60	75	105	135	$0,6 \sigma'_{bk}$
	tarik	$\sigma'_{bu}$	7	8	9,5	11	$0,71 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	7	8	9,5	11	$0,71 \sqrt{\sigma'_{bk}}$
Gaya aksial :	tekan	$\sigma'_{bs,u}$	50	62	88	112	$0,5 \sigma'_{bk}$	60	7,5	105	135	$0,6 \sigma'_{bk}$
	tarik	$\sigma'_{bs,u}$	5,5	6	7	8	$0,54 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	5,5	6	7	8	$0,54 \sqrt{\sigma'_{bk}}$
Geser oleh lentur atau puntir: tanpa tulangan geser		$\tau'_{bu}$	6,5	7,5	8,5	9,5	$0,65 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	7	8	9,5	11	$0,71 \sqrt{\sigma'_{bk}}$
	dengan tulangan geser	$\tau'_{bm,u}$	16	18	21	24	$1,62 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	18	20	24	27	$1,78 \sqrt{\sigma'_{bk}}$
Geser oleh lentur dengan puntir: tanpa tulangan geser		$\tau'_{bu}$	8	9	11	12	$0,81 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	9	10	12	13	$0,89 \sqrt{\sigma'_{bk}}$
	dengan tulangan geser	$\tau'_{bm,u}$	20	23	27	30	$2,03 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	22	25	30	33	$2,23 \sqrt{\sigma'_{bk}}$
Geser pons pada penampang kritis: tanpa tulangan geser		$\tau'_{bpm,u}$	10	11	13	15	$0,97 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	11	12	14	16	$1,07 \sqrt{\sigma'_{bk}}$
	dengan tulangan geser		20	22	26	29	$1,94 \sqrt{\sigma'_{bk}}$	22	24	28	32	$2,14 \sqrt{\sigma'_{bk}}$

Untuk  $\phi < 1$ -nilai nilai kekuatan beton rencana menurut tabel di atas harus dikalikan dengan  $\phi$  yang sesuai.

## **BAB I STRUKTUR BETON**

### **Struktur Beton :**

Beton adalah bahan bangunan komposit dari campuran semen portland, agregat halus/kasar dan air dengan atau tanpa bahan campuran tambahan yang membentuk massa padat.

### **Campuran Beton :**

Beton mutu B<sub>0</sub> : Pasir dan kerikil (atau batu pecah) : semen tidak boleh melampaui 8:1.

Campuran beton untuk beton mutu B<sub>1</sub> dan K<sub>125</sub> : Semen : Pasir : Kerikil (atau batu pecah) = 1:1½:2½ (perbandingan isi).

Beton mutu K<sub>175</sub> dan mutu-mutu lainnya yang lebih tinggi, harus dipakai campuran beton yang direncanakan. Yang diartikan dengan campuran beton yang direncanakan adalah campuran yang dapat dibuktikan dengan data otentik dari pengalaman-pengalaman pelaksanaan beton di waktu yang lalu atau dengan data dari percobaan-percobaan pendahuluan, bahwa kekuatan karakteristik yang disyaratkan dapat tercapai.

### **Beberapa macam Struktur Beton :**

Beton Bertulang: yaitu beton yang mengandung batang tulangan baja dan direncanakan berdasarkan anggapan bahwa bahan tersebut bekerja sama dalam memikul gaya-gaya.

Beton Pratekan/Prategang: yaitu beton bertulang yang telah diberikan tegangan-tegangan intern dengan nilai dan pembagian sedemikian rupa hingga tegangan-tegangan akibat beban dapat dinetralkan sampai taraf yang diinginkan struktur.

Beton Pracetak: yaitu bagian-bagian beton bertulang ataupun beton prategang yang dicetak di lokasi lain, dan akan dipasang dalam kedudukan tertentu pada suatu konstruksi.

Beton terbagi atas kelas dan mutu serta didasari oleh tujuan penggunaannya. Pada beton dikenal tegangan dan regangan.

### **Beton untuk konstruksi beton bertulang dibagi dalam mutu-mutu dan kelas-kelas sbb :**

Kuat tekan karakteristik beton menunjukkan kelas dari beton itu sendiri. Kuat tekan karakteristik  $\sigma_{bk}$  dari sejumlah benda uji beton pada umur beton 28 hari ditunjukkan oleh Tabel 1, dibawah ini :

Tabel 1. Kelas dan mutu beton

Kelas Beton	K	$\sigma_{bk}$	$\sigma_{bm}$	Tujuan	Pengawasan	
		(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )		Mutu agregat	Kuat tekan
1	Bo	-	-	Non struktural	Ringan	-
2	B1	-	-	struktural	Sedang	-
	K125	125	200	struktural	Ketat	kontinue
	K175	175	250	struktural	Ketat	kontinue
	K225	225	300	struktural	Ketat	kontinue
3	>K225	>225	>300	struktural	Ketat	kontinue

Sumber : PBI, 71

$\sigma_{bm}$  = merupakan kekuatan tekan beton rata-rata dari sejumlah benda uji.

Hal ini didefinisikan :

$$\sigma_{bm} = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_b}{n}$$

dimana :

$\sigma_b$  = kuat tekan benda uji

$\sigma_{bm}$  = kuat tekan rata-rata dari benda uji beton

n = jumlah benda uji.

### 1. Deviasi standar (S)

Yang dimaksud deviasi standar yaitu tingkat penyebaran kekuatan tekan dari benda uji. Penyebaran ini tergantung tingkat kesempurnaan dari pelaksanaan yang didefinisikan sebagai berikut :

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n \sqrt{(\sigma_b - \sigma_{bm})^2}}{n}$$

Kuat tekan karakteristik  $\sigma_{bk}$  dapat dirumuskan dari hubungan  $\sigma_{bm}$  dengan standar deviasi S, yaitu :

$$\sigma_{bk} = \sigma_{bm} - 1,64 S$$

Batas-batas standar deviasi ditunjukkan oleh Tabel 2, sebagai berikut :



Tabel 2. Batas-batas standar deviasi

Volume pekerjaan		Deviasi standar		
Keterangan	Jumlah beton (m3)	Baik sekali	Baik dan dapat diterima	
Kecil	<1000	$35 \leq S \leq 45$	$55 \leq S \leq 65$	$65 \leq S \leq 85$
Sedang	1000-3000	$35 \leq S \leq 45$	$45 \leq S \leq 55$	$55 \leq S \leq 65$
Besar	>3000	$25 \leq S \leq 35$	$35 \leq S \leq 45$	$45 \leq S \leq 55$

Sumber : PBI, 71

Kuat tekan beton tergantung dari umur beton serta pemakaian dari jenis semen, hal ini ditunjukkan oleh Tabel 3:

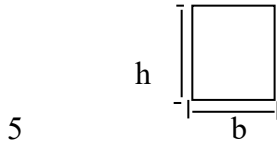
Tabel 3. Hubungan umur beton terhadap kuat tekan beton.

Jenis Cement forland (FC)	Umur beton terhadap prosentase kuat tekan beton						
	3 hari	7 hari	14 hari	21 hari	28 hari	90 hari	365 hari
FC biasa	40%	65%	88%	95%	100%	120%	135%
FC dengan kekuatan awal tinggi	55%	75%	90%	95%	100%	115%	120%

Sumber : PBI, 71

2. Sifat-sifat beton :

- a. Yang paling penting untuk diketahui dari sifat beton adalah kuat tekan hancur, tarik hancur dan kuat lentur hancur. Kuat tarik hancur berkisar 1/10-1/25 tekan hancur, sedang kuat tekan lentur ( $\sigma_{ltr} = M/\omega$ ), dimana M adalah momen lentur akibat beban P dan  $\omega$  adalah momen tahanan dari struktur (balok) beton yang ditinjau.  $\omega = 1/6 bh^2$ , lihat Gambar 2.



Gambar 2. Penampang balok beton persegi empat

- b. Susut beton

Setelah pengecoran beton akan terjadi proses pengerasan, pada proses itu beton menyusut rata-rata 0,5 mm untuk 1 m balok beton.

Penyusutan beton tergantung :

- 1) Perbandingan campuran material adukan
- 2) Bahan tambahan
- 3) Faktor air semen
- 4) Jenis semen
- 5) Temperatur

3. Modulus elastisitas beton E

Jika batang beton dengan panjang awal  $L_0$  serta luas penampang A ditarik dengan gaya sebesar P seperti ditunjukkan pada Gambar 3, maka akan terjadi pertambahan panjang sebesar  $\Delta L$ , juga sebaliknya jika batang itu ditekan seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3 Beton Tarik/tekan

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon}$$

Dimana :

$$\sigma = P/A \text{ dan } \epsilon = \Delta L/L_0$$

4. Regangan Panjang:

Yang dimaksud dengan regangan panjang didefinisikan sebagai perbandingan perubahan panjang  $\Delta L$  akibat adanya gaya yang bekerja terhadap panjang benda yang ditinjau. Gambar 2 menunjukkan regangan panjang akibat gaya tarik dan tekan.

Gambar 2a sebuah batang yang panjang awal  $L_0$  setelah mendapat gaya tarik sebesar P maka panjangnya menjadi  $L_t$ , sedangkan Gambar 2b setelah mendapat gaya tekan sebesar P panjangnya berkurang menjadi  $L_t$ . Adanya perubahan dari  $L_0$  menjadi  $L_t$  sebesar yaitu akibat gaya tarik,  $\Delta L = L_t - L_0$  sedangkan akibat gaya tekan  $\Delta L = L_0 - L_t$ . Rasio antara perubahan terhadap panjang awal disebut regangan yang didefinisikan dengan ;

$$\epsilon = \Delta L/L_0$$

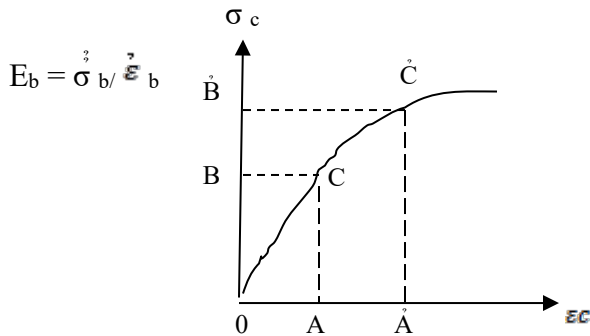
5. Hubungan tegangan-regangan

Terdapat suatu hubungan antara tegangan (stress) terhadap regangan (strain), yang mana tegangan merupakan rasio antara gaya yang bekerja terhadap luas penampang A, baik berupa gaya tarik maupun gaya dorong. Sedangkan regangan  $\epsilon$  merupakan rasio dari perubahan panjang  $\Delta L$  terhadap panjang awal  $L_0$ .

Disini terdapat hubungan antara tegangan dari gaya yang bekerja terhadap regangan yang dihasilkan akibat gaya itu dengan membandingkan perubahan panjang terhadap panjang awal, berupa modulus elastisitas E yang diperlihatkan oleh Gambar 4.

## Pengetahuan Struktur

Perlu dipahami bahwa E setiap material tidak sama, yang didefinisikan sebagai berikut;



Gambar 4. Hubungan Tegangan-Regangan beton

Atau

$$E_b = 1900 (\sigma_{bm,h})^{0,5}$$

Dimana :

$\sigma_{bm,h}$  = kekuatan tekan beton setelah h hari.

Dasar perhitungan konstruksi beton bertulang :

- Peraturan Beton Bertulang Indonesia, PBI 1971 N.1-2
- Peraturan Perencanaan Tahan Gempa Indonesia untuk Gedung 1981
- Peraturan Pembebanan untuk Gedung 1983
- American concrete Institut (ACI) 318-83.

### 1. Tebal selimut beton

Pada konstruksi beton bertulang yang dicor di tempat harus mempunyai selimut atau penutup beton. Tebal minimum selimut beton dari jenis pekerjaan ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tebal minimum selimut beton dari jenis pekerjaan beton

Jenis konstruksi	Tebal minimum selimut beton (cm)		
	Di dalam	Di luar	Tidak terlihat
Pelat dan selaput	1,0	1,5	2,0
Dinding dan keping	1,5	2,0	2,5
Balok	2,0	2,5	3,0
Kolom	2,5	3,0	3,5

Sumber : PBI, 71

Catatan :

Yang dimaksud

Di dalam : Beton terlindung dari pengaruh cuaca dan air

Di luar : Beton yang kontak dengan pengaruh cuaca dan air

Tidak terlihat : Setelah dicor beton tidak dapat diperiksa kembali

2. Koefisien dan tegangan yang diijinkan

Yang dimaksud dengan koefisien disini yaitu suatu faktor perencanaan yang diperhitungkan berdasarkan keamanan pemakaiannya.

Koefisien-koefisien tersebut antara lain :

- a) Koefisien pemakaian ( $\gamma_p$ ) yaitu suatu nilai yang memperhitungkan kemunduran kekuatan akibat pemakaian faktor pemakaian. Koefisien ini berhubungan antara jenis pembebanan serta sifat dari beban itu sendiri. Koefisien pemakaian untuk beton diperlihatkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Koefisien pemakaian untuk beton ( $\gamma_p$ )

Jenis pembebanan	Sifat pembebanan	
	tetap	sementara
Lentur tanpa atau ada gaya normal		
- Tegangan tekan	1,2	1,0
- Tegangan tarik	1,0	1,0
Gaya aksial		
- Tegangan tekan	1,2	1,0
- Tegangan tarik	1,0	1,0
Lentur dan puntir		
- Tegangan tekan	1,1	1,0
- Tegangan tarik	1,1	1,0

Sumber : PBI, 71,

Catatan : Untuk baja pada semua pemakaian ( $\gamma_p$ ) = 1

- b) Koefisien bahan ( $\gamma_m$ )

Pada pelaksanaan pekerjaan beton adanya penyimpangan pelaksanaan akan menyebabkan kemunduran kekuatan kualitas beton, hal ini perlu dimasukkan faktor koreksi berupa koefisien bahan  $\gamma_m$ . Koefisien bahan untuk beton yaitu :  $\gamma_m = 1,4/\phi$  , dimana  $\phi$  merupakan koefisien kekuatan beton, besarnya  $\phi$  ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Koefisien bahan untuk beton ( $\gamma_m$ )

No	Uraian prosedur pelaksanaan	$\phi$
1	Beton dibuat di pabrik dg pengawasan baik, dicor dalam lapis-lapis horizontal dengan kemiringan 30°	1,08
2	Beton dibuat ditempat pekerjaan dengan pengawasan normal, dicor dalam lapis-lapis horizontal atau dg kemiringan maksimum 30°, atau dibuat di pabrik yg dicor dlm lapis-lapis vertical atau kemiringan max 30°	1,00
3	Beton dibuat ditempat pekerjaan dengan pengawasan normal, dicor dalam lapis-lapis horizontal atau dg kemiringan lebih dari 30°	0,93
4	Beton dibuat ditempat pekerjaan dengan pengawasan kurang, dicor dalam lapis-lapis horizontal atau dg kemiringan max 30°	0,90
5	Beton dibuat ditempat pekerjaan dengan pengawasan jelek, dicor dalam lapis-lapis horizontal atau dg kemiringan lebih dari 30°	0,87

Sumber : PBI, 71,

c) Koefisien beban ( $\gamma_s$ )

Pada konstruksi beton perlu memperhitungkan pengaruh beban sampai mendapatkan beban batas (ultimate load), ada dua jenis beban yaitu :

- Beban tetap,  $\gamma_s = 1,5$
- Beban sementara,  $\gamma_s = 1,05$

Dari ketiga koefisien di atas yaitu koefisien pemakaian, bahan, dan beban, kita dapatkan kekuatan ijin beton yaitu :

$$\sigma_b = \frac{\text{kekuatan bahan}}{\gamma_p + \gamma_m + \gamma_s}$$

3. Jenis dan kombinasi pembebanan

Jenis pembebanan antara lain :

- a) Beban mati
- b) Beban hidup
- c) Beban angin
- d) Beban gempa
- e) Beban khusus (akibat settlement pondasi, rem dari kran, gaya dinamis dari mesin).

Kombinasi pembebanan

Ada beberapa jenis kombinasi pembebanan, hal ini dimaklumi bahwa konstruksi beton merupakan bagian yang penting dari sebuah bangunan baik gedung maupun bangunan lain.

Kombinasi pembebanan antara lain :

- a) Pembebanan tetap : (beban mati + beban hidup)
- b) Pembebanan sementara (pembebanan tetap + beban lain)

4. Hubungan baja dan beton pada beton bertulang

Besi beton atau baja banyak beredar di pasaran dalam bentuk polos atau ulir dengan diameter yang bervariasi : ( $\emptyset$  6mm,  $\emptyset$  8mm,  $\emptyset$  10mm,  $\emptyset$  12mm,  $\emptyset$  16mm,  $\emptyset$  19mm, dll)

Besi yang menjadi tulangan pada konstruksi beton, tegangan baja pada kondisi leleh  $\sigma_y$  merupakan faktor penting karena pada keadaan tersebut regangan baja mencapai maksimum sehingga beton di sekitar tulangan ikut mulur sampai hancur. Sementara itu modulus elastisitas baja,  $E_s$  sebesar  $2,1 \cdot 10^6$  kg/cm<sup>2</sup> sebagai besaran rasio antara tegangan dan regangan yang dimiliki baja sangat menentukan tingkat kehancurannya.

Dalam hal mutu digunakan notasi U, tegangan tekan dan tarik baja yang diijinkan  $\sigma_a$  ditunjukkan pada Tabel 7, dalam satuan kg/cm<sup>2</sup>.

Tabel 7. Tegangan tekan dan tarik baja yang diijinkan

Mutu baja U	Tegangan tekan dan tarik ijin baja $\sigma_a$ (kg/cm <sup>2</sup> )	
	Pembebanan tetap	Pembebanan sementara
U <sub>22</sub>	1.250	1.800
U <sub>24</sub>	1.400	2.000
U <sub>32</sub>	1.850	2.650
U <sub>39</sub>	2.250	3.200
U <sub>48</sub>	2.750	3.200
U <sub>umum</sub>	0,58 $\sigma_{au}$	0,83 $\sigma_{au}$ atau 0,83 $\sigma_{0,2}$

Sumber : PBI, 71,

Catatan :

Tegangan tekan dan tarik baja leleh karakteristik atau yang memberikan tegangan tetap sebesar 0,2% ( $\sigma_{0,2}$ ) ditunjukkan pada Tabel 8, dalam satuan kg/cm<sup>2</sup>.

Tabel 8. Tegangan tekan dan tarik baja leleh karakteristik

Mutu baja U	$\sigma_{au}$ atau 0,2%( $\sigma_{0,2}$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )	Keterangan
U <sub>22</sub>	2.200	Baja lunak
U <sub>24</sub>	2.400	Baja lunak
U <sub>32</sub>	3.200	Baja sedang
U <sub>39</sub>	3.900	Baja keras
U <sub>48</sub>	4.800	Baja keras

Sumber : PBI, 71,

Untuk merencanakan tulangan pada beton bertulang dianjurkan menggunakan kekuatan baja rencana, hal ini untuk memberikan faktor keamanan yang memadai.

Tegangan tekan dan tarik baja rencana ( $\sigma^*_{au}$ ) ditunjukkan pada Tabel 9, dalam satuan kg/cm<sup>2</sup>.

Tabel 9. Tegangan tekan dan tarik baja rencana ( $\sigma^*_{au}$ )

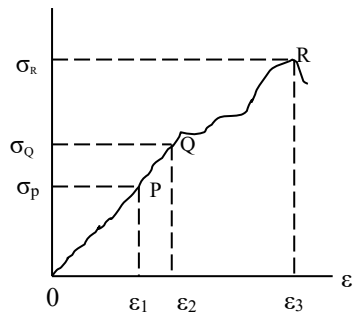
Mutu baja U	Tegangan tekan dan tarik baja rencana (kg/cm <sup>2</sup> )
U <sub>22</sub>	1.910
U <sub>24</sub>	2.080
U <sub>32</sub>	2.780
U <sub>39</sub>	3.390
U <sub>48</sub>	4.170
Umum	0,87 $\sigma_{au}$ atau 0,87 $\sigma_{0,2}$

Sumber : PBI, 71,

5. Hubungan tegangan ( $\sigma$ )-regangan ( $\epsilon$ ) baja

Pada Gambar 4 dibawah ini menunjukkan hukum hooke yang mana hubungan linier antara tegangan dan regangan masih selaras garis OP.

Baja terus menerima tegangan  $\sigma$  sampai mencapai tegangan leleh di titik S dan jika pemberian tegangan masih terus berlangsung maka akan terjadi kondisi ketidak selarasan antara penambahan tegangan dan regangan  $\epsilon$ , sedikit kenaikan tegangan dibandingkan dengan regangan yang terjadi.



- 0P = masih kondisi linier
- PQ = tidak linier
- Q = titik batas elastic
- R = titik puncak, baja putus

Gambar 5. Hubungan tegangan-regangan baja

## BAB II STRUKTUR BAJA

Kekuatan maupun tegangan yang dapat dikerahkan oleh baja, tergantung daripada mutu baja. Tegangan leleh dan tegangan dasar dari berbagai macam baja bangunan adalah seperti berikut :

Tabel 10. Tegangan leleh dan tegangan dasar

Macam baja		Tegangan leleh		Tegangan dasar	
Sebutan lama	Sebutan baru	$\sigma_l$		$\bar{\sigma}$	
		Kg/cm <sup>2</sup>	M Pa	Kg/cm <sup>2</sup>	M Pa
St.33	Fe.310	2000	200	1333	133,3
St.37	Fe.360	2400	240	1600	160
St.44	Fe.430	2800	280	1867	186,7
St.52	Fe.510	3600	360	2400	240

1 M Pa = 10 kg/cm<sup>2</sup>

M Pa = mega pascal (satuan system internasional)

Untuk elemen-elemen baja yang tebalnya lebih dari 40 mm, tetapi kurang dari 100 mm, harga-harga dalam table harus dikurangi 10%.

Tegangan dasar baja biasanya menggunakan persamaan  $\bar{\sigma} = \sigma_l / 1,5$

Tegangan normal yang diijinkan untuk pembebanan tetap, besarnya sama dengan tegangan dasar.

Tegangan geser yang diijinkan untuk pembebanan tetap, besarnya sama dengan 0,58 kali tegangan dasar.

$$\tau = 0,58 \bar{\sigma}$$

Untuk elemen baja yang mengalami kombinasi tegangan normal dan geser, maka tegangan idial yang terjadi tidak boleh melebihi tegangan dasar

$$\sigma_i \leq \bar{\sigma}$$

$$\sigma_i = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

Untuk pembebanan sementara akibat berat sendiri, beban berguna, beban/gaya gempa dan angin, besarnya tegangan dasar baja dapat dinaikkan sebesar 30%

$$\sigma_{sem} = 1,3 \bar{\sigma}$$

Konstanta-konstanta pada baja bangunan :

Modulus elastisitas  $E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$

Modulus gelincir  $G = 0,81 \cdot 10^4 \text{ kg/cm}^2$

Angka pembandingan Poisson  $\mu = 0,30$



## Pengetahuan Struktur

Koefisien pemuaian linier  $\alpha_t = 12 \cdot 10^{-6}$  per  $^{\circ}\text{C}$

$\bar{\sigma}_t$  = tegangan tarik ijin

$\bar{\sigma}_d$  = tegangan tekan ijin

$\bar{\sigma}_b$  = tegangan lentur ijin

$\bar{\tau}$  = tegangan geser ijin

Penampang berlubang.

- Tegangan rata-rata pada suatu penampang berlubang dari suatu batang yang bekerja gaya tarik, tidak boleh lebih besar dari 0,75 kali tegangan dasar
- Tegangan rata-rata yang dimaksud dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sigma_r = N/F_n$$

dimana :

$\sigma_r$  = tegangan rata-rata

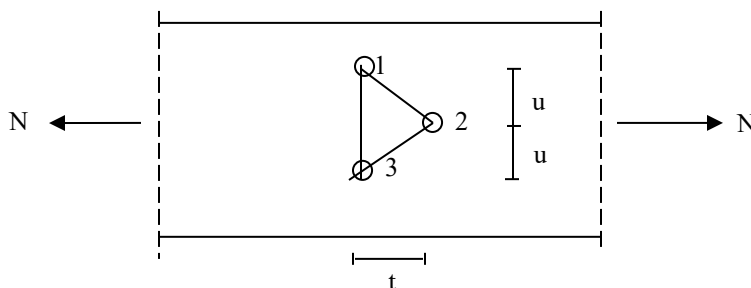
$N$  = gaya normal pada batang

$F_n$  = luas penampang bersih terkecil

$F_n$  dapat dihitung dengan persamaan :

$$F_n = F - n \cdot s \cdot d + \sum \left[ \left( \frac{t^2 \cdot s}{4} \cdot \mu \right) \right] \text{ lihat potongan 1-2-3 atau}$$

$$F_n = F - n \cdot s \cdot d \text{ lihat potongan 1-3}$$



Gambar 6. Perhitungan tegangan pada luas penampang baja berlubang

## Pengetahuan Struktur

$F$  = luas penampang penuh

$s$  = tebal penampang

$d$  = diameter lubang

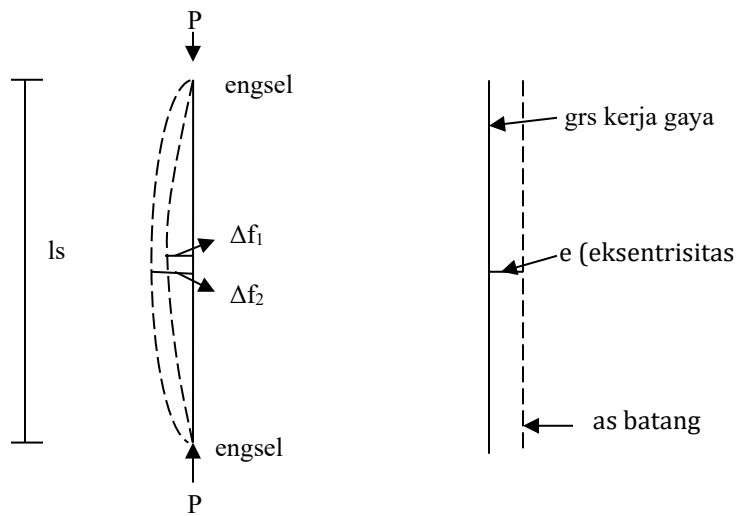
$t$  = jarak lubang ke lubang pada arah sejajar sumbu batang

$u$  = jarak lubang ke lubang pada arah tegak lurus sumbu batang

$n$  = banyaknya lubang dalam garis potongan yang ditinjau

Peristiwa tekuk pada konstruksi baja

Suatu sistem batang dimana pada kedua ujungnya berupa perletakan sendi dikerjakan gaya  $P$  (tekan). Karena pengerjaan yang tidak mungkin sempurna dimana garis sumbu atau garis berat dan garis kerja gaya  $P$  tidak berimpit, maka ada eksentrisitas yang akhirnya menimbulkan momen  $M_1 = P \cdot e$

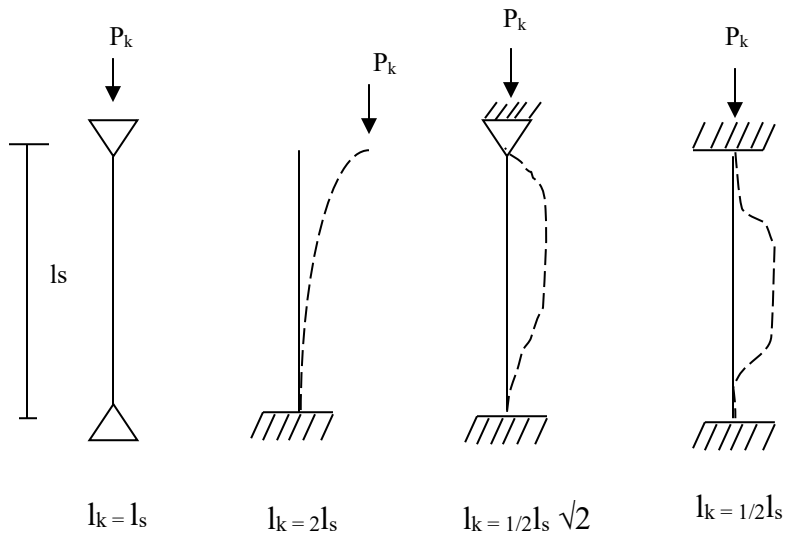


Gambar 7. Tekuk pada konstruksi baja

$l_s$  = panjang sistim

$l_k$  = panjang tekuk

Panjang tekuk ( $l_k$ )



Gambar 8. Panjang tekuk baja akibat pembebanan pada suatu perletakan

Dalam konstruksi rangka, panjang tekuk lazimnya diambil  $l_k = l_s$  (dianggap kedua ujung batang adalah engsel)

Beberapa sebutan nama profil baja :

Baja persegi, baja bulat, pelat, profil siku, profil kanal, profil kanal kait, profil I, (WF, DIN, M, S, H dll) Profil T, profil Z.

Nama	Simbol/tanda	Potongan	Bentuk
Batang persegi	$\square$		
Batang bulat	$\bigcirc$		
Pelat			
Profil siku			
Profil kanal			

Profil kanal kait			
Profil I (WF, DIN, M, S, H, dan lain-lain)	Lihat daftar profil masing- masing		
Profil T			
Profil Z			

Gambar 9. Macam macam profil baja

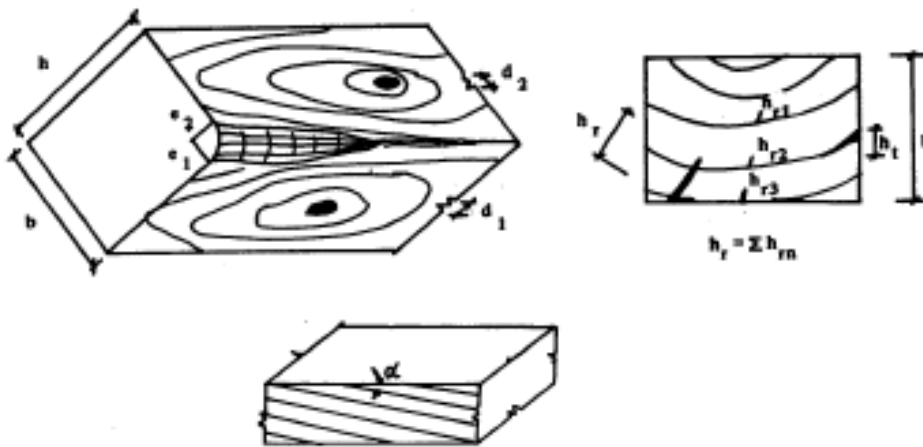
Ketentuan-ketentuan dan rumus-rumus yang ada pada bab ini disajikan dengan memperhatikan syarat-syarat menurut PPKI. NI-5, Mutu kayu dibagi menjadi dua jenis :

1. Kayu bermutu A
2. Kayu bermutu B

Tabel 11. Mutu kayu

Mutu A	Mutu B
a. Kadar lengas : kering udara (12-18%, rt 15%)	a. Kadar lengas : $\leq 30\%$
b. Mata kayu : $d_1 \leq 1/6b$ ; $d_2 \leq 1/6b$ $d_1 \leq 3,5$ cm ; $d_2 \leq 3,5$ cm	Mata kayu : $d_1 \leq 1/4b$ ; $d_2 \leq 1/4b$ $d_1 \leq 5$ cm ; $d_2 \leq 5$ cm
c. Wanvlak : $e_1 \leq 1/10b$ ; $e_2 \leq 1/10h$	Wanvlak : $e_1 \leq 1/10b$ ; $e_2 \leq 1/10h$
d. Miring arah serat $\text{tg } \alpha \leq 1/10$	Miring arah serat $\text{tg } \alpha \leq 1/7$
e. Retak-retak $h_r \leq 1/4b$ ; $h_t \leq 1/5b$	Retak-retak $h_r \leq 1/3b$ ; $h_t \leq 1/4b$

Sumber : PPKI-NI-5



Gambar 10. Corak penampang serat kayu

Kelas kayu menurut kekuatan:

Tabel 12. Kelas kuat kayu

Pengetahuan Struktur

Kelas kuat	Berat jenis kering udara	Kekuatan lentur mutlak (kg/cm <sup>2</sup> )	Kekuatan tekan mutlak (kg/cm <sup>2</sup> )
I	≥ 0,90	≥ 1100	≥ 650
II	0,90-0,60	1100-725	650-425
III	0,60-0,40	725-500	425-300
IV	0,40-0,30	500-360	300-215
V	≤ 0,30	≤ 360	≤ 215

Sumber : PPKI-NI-5

Tabel 13. Tegangan yang dipergunakan untuk kayu mutu A :

	Kelas kuat kayu					Jati (Tectonagrandis)
	I	II	III	IV	V	
$\bar{\sigma}_{lt}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	150	100	75	50	-	130
$\bar{\sigma}_{tk//} = \bar{\sigma}_{tr//}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	130	85	60	45	-	110
$\bar{\sigma}_{tk\perp}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	40	25	15	10	-	30
$\bar{\tau}_{//}$ (kg/cm <sup>2</sup> )	20	12	8	5	-	15

Sumber : PPKI-NI-5

Korelasi tegangan yang diperkenankan untuk kayu mutu A

$$\bar{\sigma}_{lt} = 170g$$

$$\bar{\sigma}_{tk//} = \bar{\sigma}_{tr//} = 150g$$

$$\bar{\sigma}_{tk\perp} = 40g$$

$$\bar{\tau}_{//} = 20g$$

dimana :

$g$  = berat jenis kayu kering udara

$\bar{\sigma}_{lt}$  = tegangan ijin lentur

$\bar{\sigma}_{tk//}$  = tegangan ijin sejajar serat untuk tekanan

$\bar{\sigma}_{tr//}$  = tegangan ijin sejajar serat untuk tarik

$\bar{\sigma}_{tk\perp}$  = tegangan ijin tegak lurus serat untuk tekan

$\bar{\tau}_{//}$  = tegangan ijin sejajar serat untuk geser

Harga-harga di atas berlaku untuk konstruksi yang terlindung dan yang menahan muatan tetap.

## Pengetahuan Struktur

Untuk kayu mutu B, angka-angka tersebut harus dikalikan dengan faktor 0,75. Dengan adanya pengaruh keadaan konstruksi dan muatan, maka angka-angka tersebut harus dikalikan dengan :

1. Faktor 2/3
  - Untuk konstruksi yang selalu terendam dalam air
  - Untuk bagian konstruksi yang tidak terlindung dan kemungkinan besar kadar lengas kayu akan selalu tinggi
2. Faktor 5/6
  - Untuk konstruksi yang tidak terlindung, tetapi kayu ini dapat mengering dengan cepat
3. Faktor 5/4
  - Untuk bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan angin
  - Untuk bagian-bagian konstruksi yang tegangannya diakibatkan oleh muatan tetap dan muatan tidak tetap.

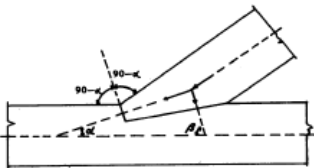
Untuk bagian-bagian yang arah gayanya membentuk sudut  $\alpha$  dengan arah serat kayu, maka tegangan yang diperkenankan harus dihitung menurut PPKI sebagai berikut:

$$\bar{\sigma}_{tk\alpha} = \bar{\sigma}_{tk//} - (\bar{\sigma}_{tk//} - \bar{\sigma}_{tk\perp}) \sin^2 \alpha$$

$\bar{\sigma}$  = tegangan kayu yang diperkenankan

tk = tekan

$\alpha$  = sudut antara arah gaya dan arah serat kayu.



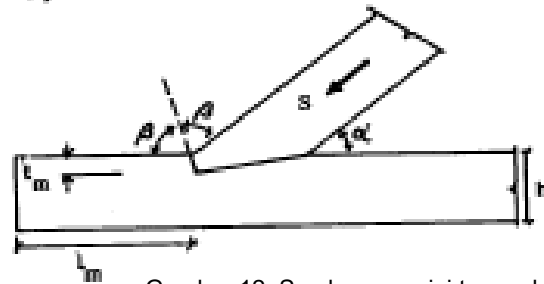
Gambar 11. Sambungan sudut  $\alpha$

- Pada sambungan gigi, gesekan antara kayu dengan kayu didalam perhitungan harus diabaikan. Untuk sambungan gigi tunggal dalamnya gigi tidak boleh melebihi suatu batas tertentu, yaitu :

$$t_m \leq \frac{1}{4}h, \text{ untuk } \alpha \leq 50^\circ$$

$$t_m \leq \frac{1}{6}h, \text{ untuk } \alpha > 60^\circ$$

$h$  = tinggi batang mendatar



Gambar 12. Sambungan gigi tunggal

Untuk harga  $\alpha$  antara  $50^\circ$  dan  $60^\circ$  besarnya gigi maksimum harus di sisipkan lurus. Gigi dibuat menurut garis bagi sudut luar  $\angle \beta$

Panjang kayu muka  $l_m$ , harus dihitung :

$$l_m = \frac{S \cdot \cos \alpha}{\bar{c}_{//} \cdot b}$$

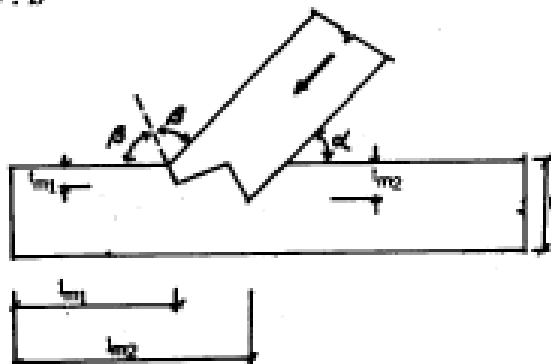
tetapi juga  $l_m \geq 15\text{cm}$ ,  $b$  berarti lebar batang mendatar.

Gambar 9. Sambungan sudut

- Untuk sambungan dengan gigi rangkap, dalamnya gigi kedua harus memenuhi syarat seperti pada sambungan gigi tunggal.

Kecuali itu harus pula  $t_{m2} - t_{m1} \geq 1\text{ cm}$

$$l_{m2} = \frac{S \cdot \cos \alpha}{\bar{c}_{//} \cdot b}$$



Gambar 13. Sambungan gigi rangkap

## Pengetahuan Struktur

Untuk bagian-bagian konstruksi yang terbuat dari besi/baja, tegangan-tegangan yang diperkenankan untuk tarikan, tekanan, lenturan ialah 1200 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk batang-batang baut dan anker, hanya boleh diambil 800 kg/cm<sup>2</sup>, untuk baut pas dan 600 kg/cm<sup>2</sup> untuk baut biasa.

Dalam perhitungan perubahan bentuk elastic, maka modulus kenyal kayu sejajar serat dapat diambil sebagai berikut :

Kelas kuat kayu	E // (kg/cm <sup>2</sup> )
I	125.000
II	100.000
III	80.000
IV	60.000

**Pada batang tarik** bagian-bagian yang dibebani dengan tegangan lentur, pelemahan-pelemahan akibat lubang-lubang untuk alat-alat penyambung dan lain-lainnya harus diperhitungkan (F netto).

**Untuk batang tekan** bagian bagian yang menahan tegangan tekan, pelemahan akibat alat-alat penyambung tidak perlu diperhitungkan (F bruto). Tetapi apabila di dalam kenyataannya pada batang-batang kayu tersebut terdapat lubang-lubang yang tidak tertutup, maka lubang-lubang tersebut harus di perhitungkan sebagai pelemahan (F netto).

### **Batang tekuk.**

- Untuk batang yang menahan tegangan tekan, panjang tekuk ( $l_k$ ) harus diambil sebesar jarak antara dua titik yang berturutan yang bebas tekukan. Bagian konstruksi yang akan menghindarkan tekukan, harus diperhitungkan terhadap gaya dalam arah tekukan tersebut sebesar 1% dari gaya tekan yang terbesar yang bekerja pada batang-batang disampingnya.
- Yang disebut angka kelangsingan ( $\lambda$ ) ialah :

$$\lambda = l_k / i_{\min}$$

$$i_{\min} = \sqrt{I_{\min} / F_{br}}$$

$l_k$  = panjang tekuk

$i_{\min}$  = jari-jari inersia/lembam minimum

$I_{\min}$  = momen inersia/lembam minimum

$F_{br}$  = luas tampang batang brutto

Tiaptiap batang tertekan harus mempunyai  $\lambda \leq 150$



## Pengetahuan Struktur

Untuk menghindari banyak tekuk pada batang tertekan, gaya yang ditahan oleh batang itu harus dikalikan dengan faktor tekuk  $\omega$ , sehingga

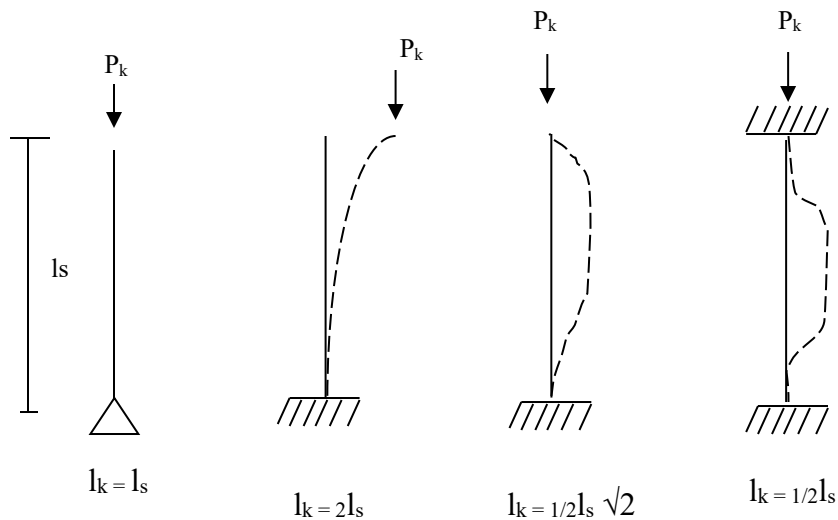
$$\sigma = \frac{S \cdot \omega}{Fbr} \leq \sigma_{tk}$$

$\sigma$  = tegangan yang timbul

$S$  = gaya yang timbul pada batang

$\omega$  = faktor tekuk

Rumus-rumus tekuk Euler



Gambar 14. Panjang tekuk kayu akibat pembebanan pada suatu perletakan

$$P_k = \frac{\pi^2 EI}{lk^2}$$

$\lambda \leq 100$  berlaku rumus Tetmayer,  $\sigma_k = 293 - 1,94\lambda$

$\lambda > 100$  berlaku rumus Euler,  $P_k = \frac{\pi^2 EI}{lk^2}$

Faktor keamanan:  $n = 3,50$  untuk  $\lambda \leq 100$

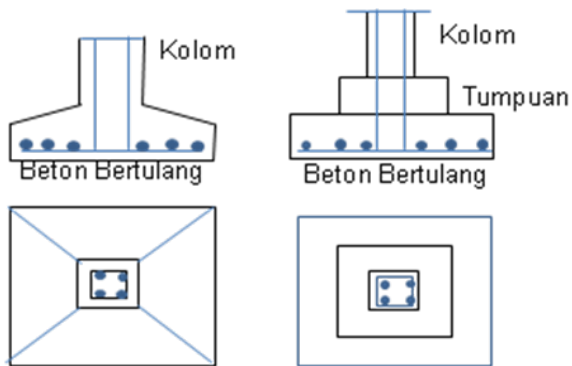
$n = 3,50-4,00$  untuk  $100 < \lambda \leq 150$ .

## PONDASI

### PONDASI TELAPAK DAN MEMANJANG

#### PONDASI TELAPAK

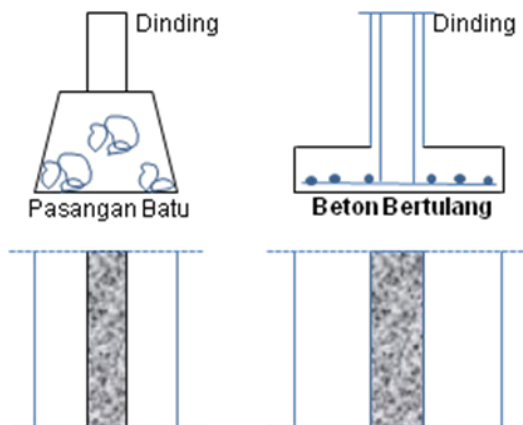
- Digunakan untuk mendukung sebuah **kolom**
- Beban-beban **kolom** dianggap beban *titik*



Gambar 15. Pondasi telapak

#### PONDASI MEMANJANG

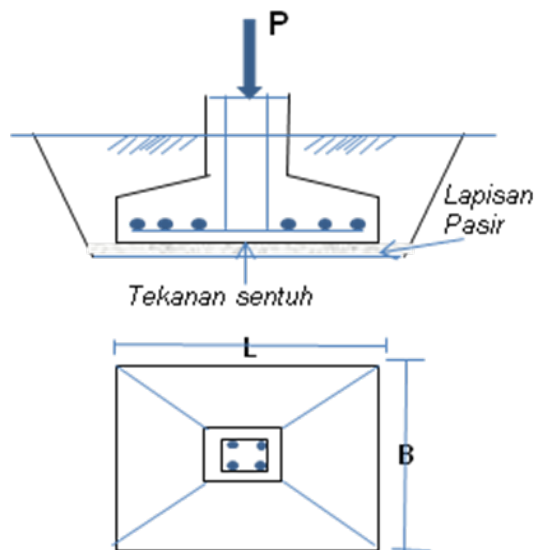
- Digunakan untuk mendukung **dinding** tembok memanjang.
- Beban **dinding** dianggap sebagai beban *garis* per satuan panjang



Gambar 16. Pondasi memanjang

## Pengetahuan Struktur

- Perancangan struktur pondasi didasarkan pada *momen-momen* dan *tegangan geser* yang terjadi akibat *tekanan sentuh* antara dasar pondasi dan tanah. Oleh karena itu distribusi tekanan sentuh pondasi *harus diketahui*.
- Dalam analisis, struktur pondasi dianggap *sangat kaku* dan tekanan pondasi didistribusikan secara *linier* pada dasar pondasi.
- Jika *resultante* beban *berimpit* dengan *pusat berat* luasan pondasi, tekanan pada dasar pondasi dapat dianggap *disebarkan ke seluruh luasan pondasi*.
- Pada Kondisi ini, tekanan yang terjadi pada dasar pondasi adalah :
- $q = P/A$
- Keterangan :
- $q$  = Tekanan sentuh (tek. pd dasar pondasi, kN/m<sup>2</sup>)
- $P$  = Beban Vertikal (kN)
- $A$  = Luas dasar pondasi (m<sup>2</sup>) =  $L \times B$

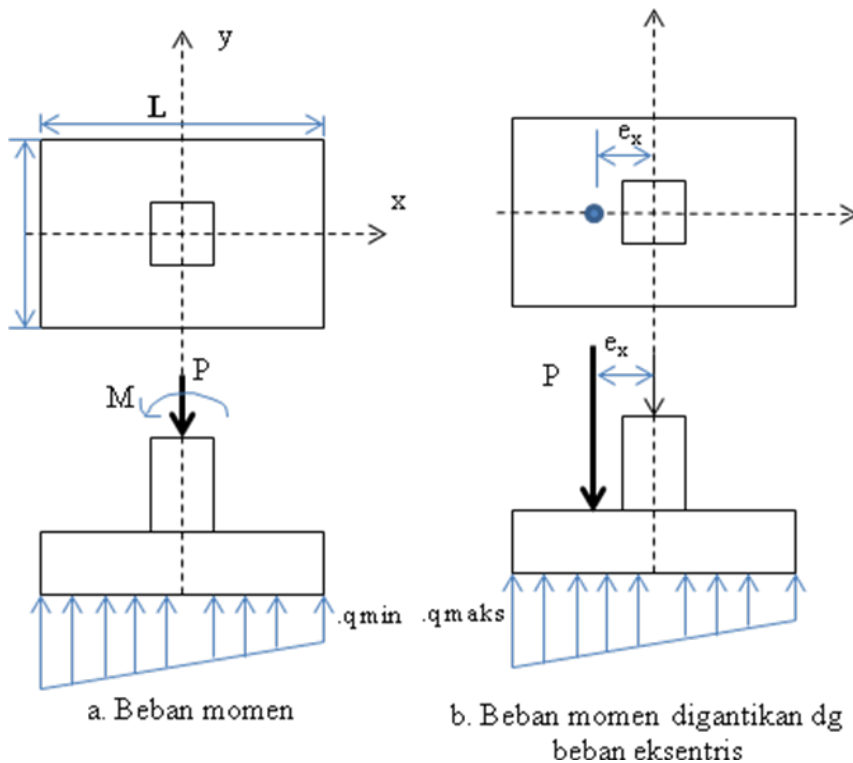


Gambar 17. Tekanan sentuh pada pondasi

- Jika terdapat *Resultante* beban *eksentris* dan *momen lentur* yang harus didukung pondasi, momen tersebut dapat digantikan dengan *beban vertikal* ( $P$ ) yang titik tangkap gayanya pada jarak  $e$  dari pusat pondasi. Dengan persamaan :
- $e = M/P$
- Bila beban eksentris 2 arah ( $e_x$  dan  $e_y$ ), maka tekanan pada dasar pondasi dihitung dengan persamaan :

Pengetahuan Struktur

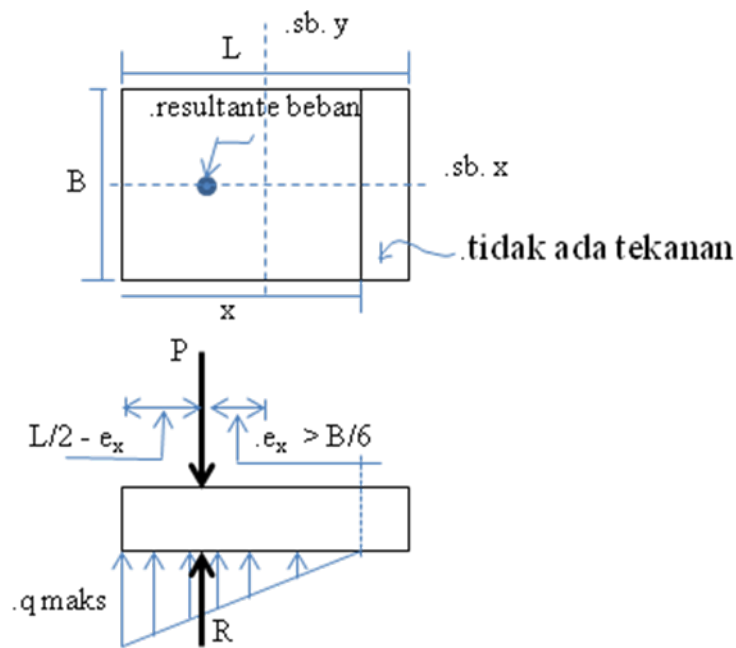
- $q = P/A \pm M_x Y_o / I_x \pm M_y X_o / I_y$
- Keterangan :
- $q$  = tekanan sentuh pada titik  $(x_o, y_o)$  kN/m<sup>2</sup>
- $P$  = jumlah beban vertikal (kN)
- $A$  = luas dasar pondasi (m<sup>2</sup>)
- $M_x, M_y$  = momen thd sumbu  $x$  dan sumbu  $y$  (kN.m)
- $I_x, I_y$  = momen inersia thd sumbu  $x$ , dan  $y$  (m<sup>4</sup>)
- Pada pers 3, titik potongan sumbu  $x$  dan  $y$ , dibuat berimpit dengan pusat berat luasan pondasi. Untuk pondasi yang berbentuk empay persegi panjang, pers 3 dapat diubah menjadi :
- $q = P/A [ 1 \pm 6e_L/L \pm 6e_B/B ]$  ..... (4)
- Dengan  $e_x = eL$  dan  $e_y = eB$  berturut turut adalah eksentrisitas searah  $L$  dan  $B$ , dengan  $L$  dan  $B$  berturut turut adalah *panjang* dan *lebar* pondasi.
- Contoh pada **Gambar14**. Pondasi telapak dibebani momen guling



Gambar 18. Pondasi telapak dibebani momen guling

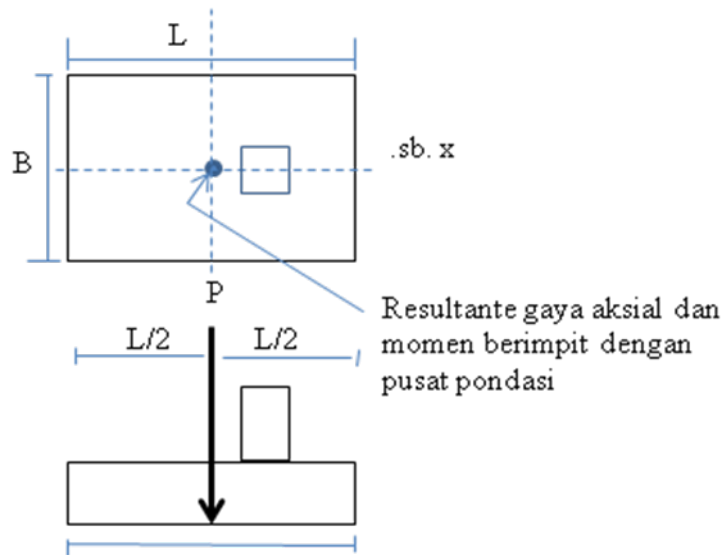
Pengetahuan Struktur

- Jika beban eksentris hanya pada arah sumbu-x saja dan  $e_x \leq L/6$ , persamaan menjadi :
- $q = P/A [ 1 \pm 6e_x/L ]$ , untuk ( $e_x \leq L/6$ ) .. (5)
- Dengan  $e_x$  adalah eksentrisitas searah sumbu x (**Gambar 11.**)
- Jika resultante beban P dan momen M terletak pada  $e_x > L/6$ , maka q dari persamaan 3. menjadi negatif, atau daya tarik terjadi pada dasar pondasi. Tapi dalam kenyataannya, tegangan tarik tidak dapat berkembang dan tekanan tanah yang terjadi akan seperti pada **Gambar 13.**



**Gambar 19.** distribusi tekanan pada dasar pondasi bila  $e_x > L/6$

- Dari keseimbangan arah vertikal,
- $P = q_{maks} Bx/2$ , ..... (6)
- $q_{maks} = 2P/Bx$ , ..... (7)
- $x/3 = (L/2 - e_x)$  ..... (8)
- $x = 3(L/2 - e_x)$ , .....(9)
- Diperoleh tekanan pada dasar pondasi maksimum untuk  $e_x > L/6$
- $q_{maks} = 4P/\{3B(L-2e_x)\}$
- Dengan  $q_{maks}$  = tekanan dasar pondasi maksimum ke tanah di salah satu sisi pondasi.



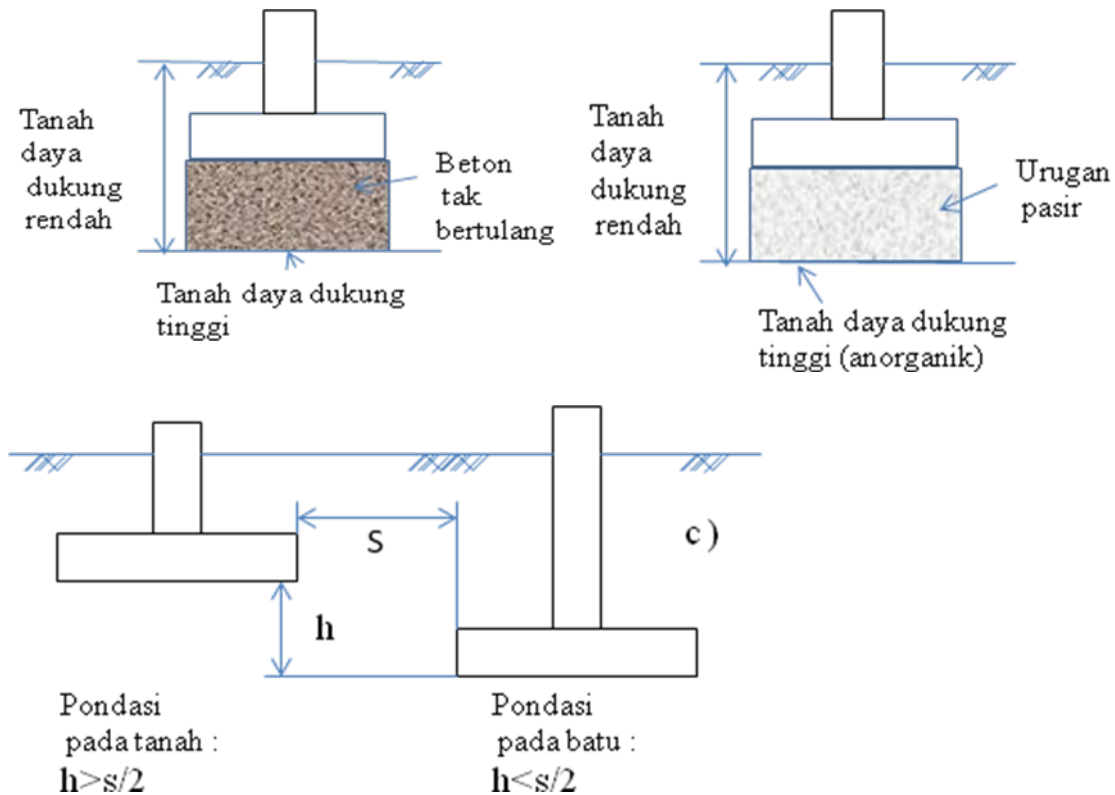
**Gambar 20.** Posisi kolom untuk mengusahakan resultante gaya aksial dan momen lentur pada pusat pondasi

Besar *penurunan* sangat penting dipertimbangkan bila pondasi terletak pada *tanah pasir* dan *mengalami* pembebanan eksentris. Jika pondasi miring berlebihan, maka menyebabkan eksentrisitas menjadi *bertambah*, dengan demikian menambah  $q$  maks yang diikuti oleh *luluhnya* tanah ditepi pondasi, sehingga dapat mengakibatkan kerusakan bangunan. Oleh karena itu sering disyaratkan  $q \leq q_a$ . Untuk beban eksentris yang diakibatkan oleh momen lentur, kolom kolom dapat diletakkan seperti **Gambar 14**. Dengan cara ini resultante gaya aksial dari momen lentur berada di *pusat* pondasi

#### KEDALAMAN PONDASI

- Kedalaman pondasi harus sedemikian rupa sehingga stabilitas pondasi terpenuhi. Untuk itu hal-hal berikut perlu diperhatikan :
  - Pondasi harus diletakkan lebih bawah daripada dasar lapisan tanah organik, dasar bekas tempat pembuangan sampah dan tanah jelek lainnya. Jika tanah jelek tebal, penggalian tanah perlu dilakukan dan menggantinya dengan beton tidak bertulang (**Gambar 15a**) atau mengganti dengan lapisan pasir bercampur kerikil yang dipadatkan. Luas timbunan harus cukup dapat menyebarkan beban fondasi ke tanah kuat (**Gambar 15b**).
  - Dasar pondasi harus diletakkan pada lapisan yang tidak dipengaruhi kembang susut tanah akibat cuaca buruk.
  - Walaupun tanah pondasi kuat, dasar pondasi sebaiknya tidak diletakkan di permukaan tanah, karena pertimbangan erosi dan penurunan.

- o Jarak dan beda elevasi antara dasar pondasi yang satu dengan yang lainnya harus sedemikian besar sehingga tidak terdapat pengaruh tumpang tindih tekanan. Untuk itu, selisih elevasi maksimum dasar pondasi satu dengan yang lainnya diusahakan setengah atau sama dengan jarak antara dua pondasi. Dengan cara ini, selain untuk menghindari tumpang tindihnya tekanan, juga untuk mencegah gangguan tanah di bawah dasar pondasi yang letaknya lebih tinggi akibat penggalian tanah untuk pondasi yang letaknya lebih rendah (**Gambar 15c**). Dalam praktek, sebaiknya pondasi yang lebih rendah dibangun lebih dulu.



Gambar 21. Kedalaman minimum pondasi

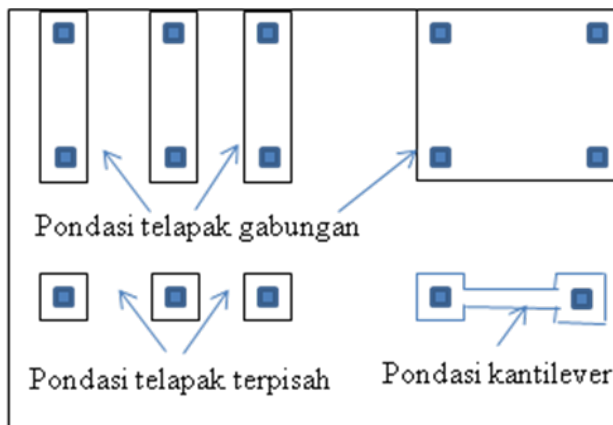
- Penggantian tanah dasar dg beton tanpa tulangan.
- Penggantian tanah dasar dg campuran pasir dan kerikil.
- Perbedaan elevasi antara 2 pondasi berdekatan agar tidak terjadi tumpang tindih

## PONDASI TELAPAK GABUNGAN DAN PONDASI TELAPAK KANTILEVER

- Pondasi telapak gabungan digunakan bila *dua kolom* atau *lebih* letaknya terlalu *berdekatan*. Pondasi telapak gabungan ini akan menggabungkan kolom-kolom tersebut menjadi satu pondasi tunggal. Beberapa alasan digunakannya pondasi telapak gabungan :
  - Jarak kolom terlalu dekat satu sama lain, sehingga bila dipakai pondasi terpisah sisi-sisinya akan berimpit
  - Jarak kolom sedemikian dekat dengan batas pemilikan tanah, atau dibatasi oleh bangunan yang telah ada sebelumnya.
  - Untuk menanggulangi *momen guling* yang terlalu besar
  - Banunan pilar jembatan, pilar talang air, yang terletak pada tanah berdaya dukung rendah.
  - Keuntungan dari pemakaian pondasi gabungan dapat mencegah *penurunan tak seragam* yang berlebihan diantara kolom-kolom akibat adanya lensa-lensa tanah lunak dan oleh bentuk variasi lapisan tanah yang tidak beraturan pada zona tertekan di bawah pondasi. Dalam praktek, sangat jarang dijumpai penurunan yang benar-benar *seragam* pada pondasi pondasi yang terpisah, walaupun tekanan pada dasar pondasi sama.

Cara penggabungan pondasi-pondasi dapat dilakukan dengan beberapa cara, bergantung pada kondisi yang ada.

1. Pondasi telapak gabungan (combined footing)
2. Pondasi telapak kantilever (cantilever footing)



Gambar 22. Contoh penggabungan beberapa pondasi

- Jika resultan beban kolom pada pondasi telapak gabungan *tidak berimpit* dengan pusat pondasi, distribusi tekanan pada dasar pondasi menjadi *tidak seragam*.
- Hal ini dapat dihindari dengan mengusahakan *pusat berat luasan* pondasi berimpit dengan resultante beban, dan *pelat* yang menggabungkan pondasi harus betul-betul kaku.



## Pengetahuan Struktur

- Jika beda pembebanan pada kolomnya besar, kadang-kadang dipakai bentuk pondasi trapesium agar distribusi tekanannya disebarkan merata sama atau seragam di dasar pondasi.
- Tetapi pelaksanaannya sulit dalam bentuk trapesium, maka bentuk trapesium sering diganti dengan empat persegi panjang, dengan jalan memperpanjang lebar sisi pondasi bagian kolom yang menerima beban lebih besar.

## PONDASI TIANG PANCANG

### KEGUNAAN

- Pondasi tiang pancang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan *tanah kuat* terletak sangat *dalam*.
- Digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan *gaya angkat* ke atas terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh *gaya-gaya guling* akibat beban angin.
- Digunakan untuk bangunan *dermaga*, dimana pada bangunan ini, tiang tiang dipengaruhi oleh *gaya-gaya benturan* kapal dan *gelombang*.

### MAKSUD

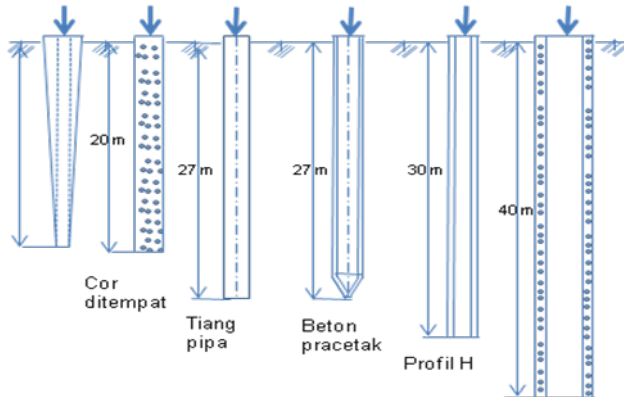
- Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak di atas air atau tanah lunak, ke tanah pendukung yang *kuat*.
- Untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga pondasi bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan *sisi tiang* dengan tanah sekitarnya.
- Untuk mengangker bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan *hidrostatik* atau *momen guling*.
- Untuk menahan gaya-gaya horizontal dan gaya yang arahnya miring.
- Untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah
- Untuk mendukung pondasi bangunan yang permukaan tanahnya mudah *tergerus air*.

### KLASIFIKASI TIANG PANCANG

- Tiang pancang (*driven pile*) – tiang pancang dipasang dengan cara membuat bahan berbentuk bulat atau bujursangkar memanjang yang dicetak lebih dulu dan kemudian dipancang atau ditekan ke dalam tanah.
- Tiang bor (*drilled shaft*) – tiang dipasang dengan cara mengebor tanah lebih dulu sampai kedalaman tertentu, kemudian tulangan baja dimasukkan dalam lubang bor dan kemudian diisi/dicor dengan beton.

## Pengetahuan Struktur

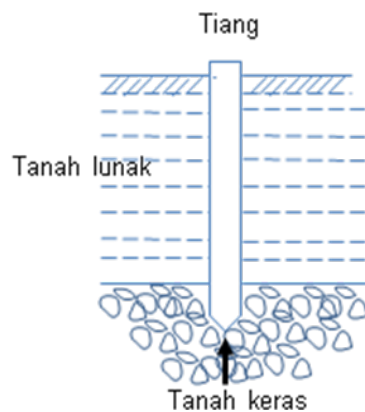
- Kaison (caisson) – tiang kotak atau silinder yang telah dicetak lebih dulu, dimasukkan ke dalam tanah, pada kedalaman tertentu, dan kemudian diisi beton. Kadang-kadang kaison juga disebut sebagai tiang bor yang berdiameter/berlebar besar.
- **TIPE-TIPE TIANG PANCANG DALAM PRAKTEK**



Gambar 23. Tipe tiang pancang

## TIANG DUKUNG UJUNG (END BEARING PILE)

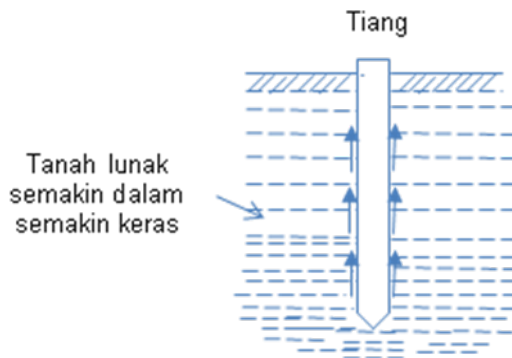
- Tiang dukung ujung adalah tiang yang *kapasitas dukungnya* lebih ditentukan oleh tahanan *ujung tiang*. Umumnya, tiang dukung ujung berada dalam zona tanah yang lunak yang didasari tanah keras. Tiang-tiang dipancang sampai mencapai batuan dasar atau lapisan keras, sehingga dapat mendukung beban yang diperkirakan tidak mengakibatkan penurunan berlebihan.



Gambar 24. Tiang dukung ujung

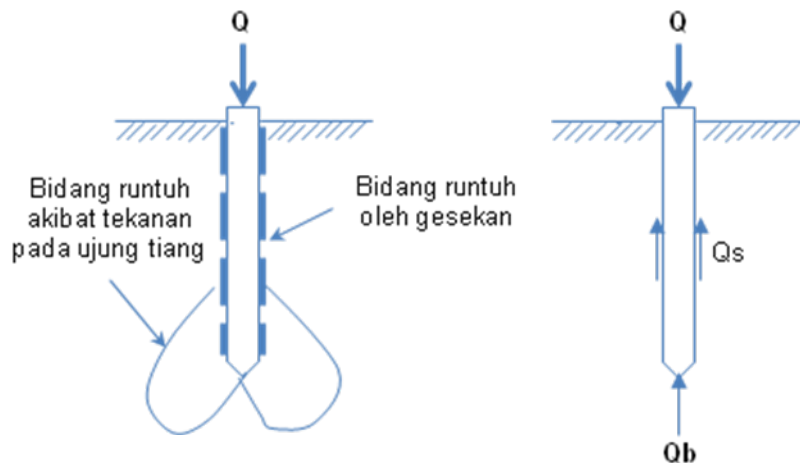
### TIANG DUKUNG GESEK (FRICTION PILE)

- Tiang gesek adalah tiang yang *kapasitas dukungnya* lebih ditentukan oleh *perlawanan gesek* antara sisi tiang dan tanah di sekitarnya. Tahanan gesek dan pengaruh konsolidasi lapisan tanah di bawahnya diperhitungkan pada hitungan kapasitas dukung tiang.



Gambar 25. Tiang dukung gesek

### KAPASITAS DUKUNG ULTIMIT (CARA STATIS)

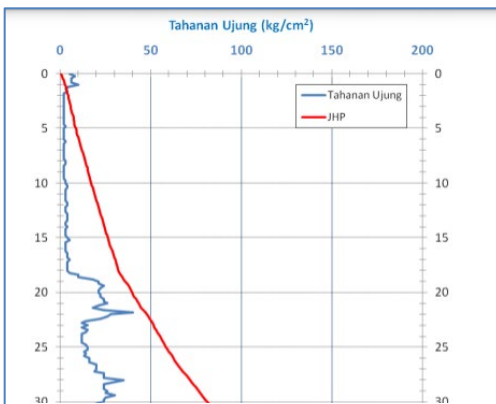


Gambar 26. Tahanan ujung dan gesek serta model keruntuhan

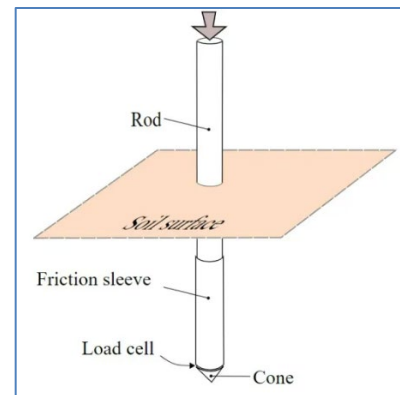
- Kapasitas dukung ultimit neto tiang ( $Q_u$ ) adalah jumlah dari tahanan ujung bawah ultimit ( $Q_b$ ) dan tahanan gesek ultimit ( $Q_s$ ) antara sisi tiang dan tanah di sekitarnya dikurangi dengan berat sendiri tiang ( $W_p$ ) :

## Pengetahuan Struktur

- $Q_u = Q_b + Q_s - W_p$
- Keterangan :
- $W_p$  = berat sendiri tiang (kN)
- $Q_u$  = kapasitas dukung ultimit neto (kN)
- $Q_b$  = tahanan ujung bawah ultimit (kN)
- $Q_s$  = tahanan gesek ultimit (kN)
- Tahanan ujung ultimit, secara pendekatan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan kapasitas dukung ultimit pondasi dangkal, sebagai berikut :
- Keterangan :
- $q_u$  = tahanan ujung persatuan luas tiang  $\text{kN/m}^2$
- $A_b$  = luas penampang ujung bawah tiang ( $\text{m}^2$ )
- $C_b$  = kohesi tanah di sekitar ujung tiang ( $\text{kN/m}^2$ )
  - $P_b = \gamma_z =$  tekanan “overburden” di dasar tiang ( $\text{kN/m}^2$ )
- $\gamma$  = berat volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ )
- $d$  = diameter tiang (m)
- $N_c, N_q, N_\gamma$  = faktor kapasitas dukung (fungsi dari  $\phi$ )
- Tahanan gesek sisi tiang ( $Q_s$ ) dapat diselesaikan dengan persamaan coulomb :
- Keterangan :
- $\tau_d$  = tahanan geser sisi tiang
- $c_d$  = kohesi antara dinding-tanah
- $\sigma_n = \sigma_h$  = tegangan normal pada sisi tiang
- $\Phi_d$  = sudut gesek antara sisi tiang dan tanah
- $\sigma_h = K\sigma_v$
- $\sigma_v$  = tegangan vertikal akibat berat tanah (tekanan overburden)



I. SONDIR (CONE PENETRATION TEST/CPT)



### Bertujuan :

untuk mengetahui perlawanan konus ( $q_c$  dalam  $\text{kg/cm}^2$ ), kedalaman tanah keras dan hambatan lekat tanah (HL).

### Klasifikasi/Kategori Tanah keras berdasarkan CPT/Sondir :

- Perlawanan Konus Minimal  $\geq 150 \text{ Kg/cm}^2$ .
- Untuk jembatan perlawanan konus harus mencapai  $\geq 200 \text{ Kg/cm}^2$

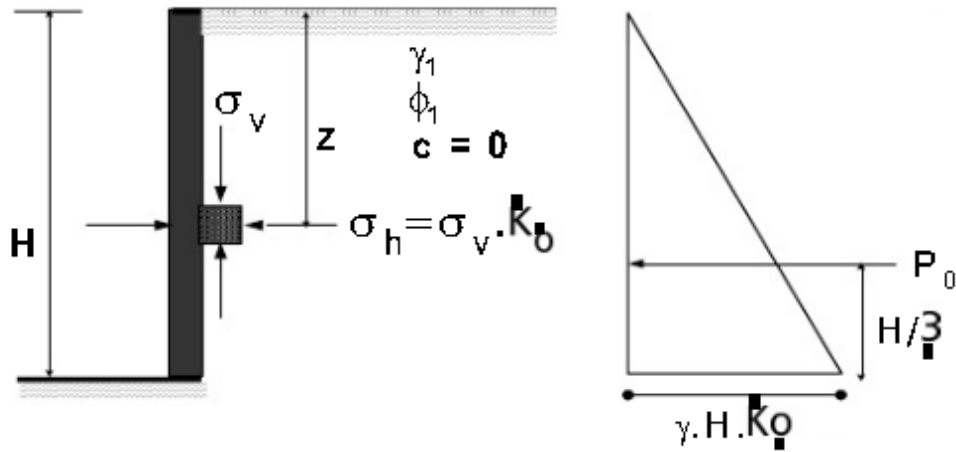
yelidikan tanah

**BAB V.**  
**TEMBOK PENAHAN TANAH**

Tekanan Tanah Lateral pada Dinding Penahan Tanah

Tekanan tanah lateral ada 3 (tiga) macam yaitu :

1. Tekanan tanah dalam keadaan diam  
Tekanan tanah yang terjadi akibat massa tanah dinding penahan tanah dalam keadaan seimbang
2. Tekanan Tanah Aktif  
Tekanan yang berusaha mendorong dinding penahan tanah tersebut bergerak ke depan
3. Tekanan Tanah Pasif  
Tekanan yang berusaha mengimbangi/menahan tekanan tanah aktif



Gambar 28. Tekanan tanah lateral

Nilai banding antara  $S_v$  dan  $S_n$  dinamakan “koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam ( $K_0$ )

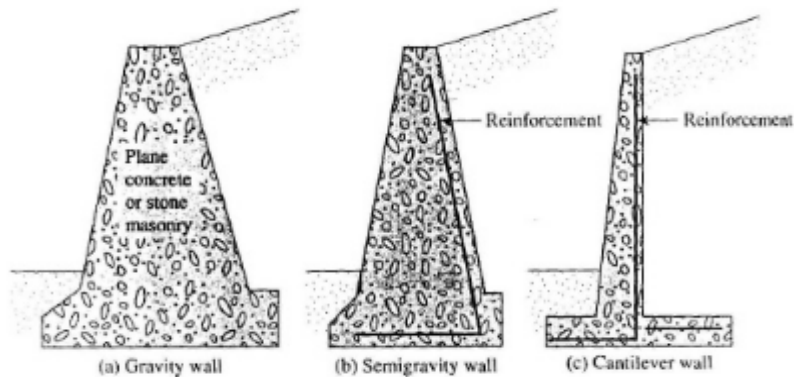
$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v}$$

Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman  $z$  terkena tekanan arah vertical ( $\sigma_v$ ) dan tekanan arah horizontal ( $\sigma_h$ ) :

$$\sigma_v = \gamma z$$

$$\sigma_h = \sigma_v K_0 + \mu \eta, \quad \mu = \text{tekanan air pori.}$$

Contoh struktur dinding penahan tanah



Gambar 29 Jenis struktur dinding penahan tanah

- a. Gravity Wall  
Gravity wall biasanya dibuat dari pasangan batu atau beton. Stabilitasnya tergantung dari berat sendiri pasangan batu. Tipe ini tidak ekonomis untuk dinding tinggi
- b. Semi gravity wall  
Untuk banyak kasus, agar gravity wall ekonomis maka ditambah tulangan baja untuk mengurangi ukuran gravity wall
- c. Cantilever retaining wall  
Tipe ini dibuat dari beton bertulang, akan ekonomis jika tinggi mencapai 8 m.

DAFTAR PUSTAKA:

1. Ir. Sunggono KH, *Buku Teknik Sipil*, Bandung, Penerbit Nova, 1984
2. Ir. Suyono Sosrodarsono, Kazuto Nakzawa, *Mekanika Tanah & Teknik Pondasi*, PT Pradnya Paramita, Jakarta, 2000.
3. Sidhartas Kamarwan, *Statika bagian dari Mekanika Teknik*, Penerbit UIP, Jakarta, 1980