

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Tanah**

##### **2.1.1. Pengertian Tanah**

Tanah dapat artikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah mengalami pelapukan (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel tersebut (Rochmawati, 2020).

##### **2.1.2. Klasifikasi Tanah**

Sistem Klasifikasi Tanah merupakan suatu sistem penggolongan yang sistematis dari jenis jenis tanah yang mempunyai sifat-sifat yang sama ke dalam kelompok-kelompok dan sub kelompok berdasarkan pemakaiannya.

Secara umum dari jenis tanahnya maka sifat dari tanah dapat diketahui. Tanah yang bersifat lempung akan cenderung memiliki sifat kedap air, kohesivitas yang tinggi dan nilai kuat geser yang rendah. Sedangkan tanah pasir akan memiliki nilai kuat geser yang tinggi sedangkan gaya tarik menarik antar partikel akan cenderung lebih kecil. Klasifikasi tanah juga berguna untuk bahan pembelajaran yang lebih terperinci mengenai keadaan tanah tersebut serta kebutuhan akan pengujian untuk menentukan sifat teknis tanah seperti karakteristik pemadatan, kekuatan tanah, berat isi dan sebagainya.

Berikut sistem pengklasifikasian tanah yang sering digunakan adalah :

##### **a. Sistem USCS**

Sistem USCS (*unified system clasification system*) merupakan sistem yang membagi tanah ke dalam dua kelompok berdasarkan ukuran butirannya. Tanah berbutir kasar yaitu tanah yang tertahan di saringan dengan no.200 dan tanah berbutir halus adalah tanah yang lolos melalui saringan 200.

(USCS) diajukan pertama kali oleh *Casagrande* dan selanjutnya dikembangkan oleh *United State Bureau of Reclamation (USBR)* dan *United State Army Corps of Engineer (USACE)*. Kemudian *American Society for Testing and Materials (ASTM)* memakai USCS sebagai metode standar untuk mengklasifikasikan tanah.

Dalam bentuk saat ini, sistem ini banyak digunakan dalam berbagai pekerjaan geoteknik.

Menurut Bowles, 1991 Kelompok-kelompok tanah utama sistem klasifikasi Unified dapat dilihat pada Tabel 2.1. berikut ini :

**Tabel 2. 1.** Sistem Klasifikasi Tanah Unified Berdasarkan Kelompok

Jenis Tanah	Prefiks	Sub Kelompok	Surfiks
Kerikil	G	Gradasi baik Gradasi Buruk	W P
Pasir	S	Berlanau Berlempung	M C
Lanau	M		
Lempung	C	wL < 50%	L
Organik	O	wL > 50%	H
Gambut	Pt		

Sumber : Bowles, 1991.

Keterangan :

G = Untuk kerikil (Gravel) atau tanah berkerikil (Gravelly Soil).

S = Untuk pasir (Sand) atau tanah berpasir (Sandy soil).

M = Untuk lanau inorganik (inorganic silt).

C = Untuk lempung inorganik (inorganic clay).

O = Untuk lanau dan lempung organik.

Pt = Untuk gambut (peat) dan kandungan organik tinggi.

W = Untuk gradasi baik (well graded).

P = Gradasi buruk (poorly graded).

L = Plastisitas rendah (low plasticity).

H = Plastisitas tinggi (high plasticity).

Prosedur untuk menentukan klasifikasi tanah sistem Unified adalah sebagai berikut :

- a. Menentukan tanah apakah berupa butiran halus atau butiran kasar secara visual atau dengan cara menyaringnya dengan saringan nomer 200.
- b. Jika tanah berupa butiran kasar :
  1. Menyaring tanah dan menggambarkan grafik distribusi butirannya.
  2. Menentukan persen butiran lolos saringan no.4. Bila persentase butiran yang lolos  $\leq 50\%$ , merupakan kerikil. Bila persentase yang lolos  $> 50\%$ , merupakan pasir.
  3. Menentukan jumlah butiran yang lolos saringan no.200 jika persentase butiran yang lolos  $\leq 5\%$ , pertimbangkan bentuk grafik distribusi dengan menghitung  $C_u$  dan  $C_c$ . Jika termasuk bergradasi baik, maka klasifikasikan sebagai GW (bila berkerikil) atau SW (bila pasir). Jika termasuk bergradasi buruk, klasifikasikan sebagai GP (bila berkerikil) atau SP (bila pasir).
  4. Jika persentase butiran tanah yang lolos saringan no.200 di antara 5-12%, tanah akan mempunyai simbol dobel dan mempunyai sifat keplastisan (GW-GM, SW-SM, dan sebagainya).
  5. Jika persentase butiran tanah lolos saringan no.200  $> 12\%$ , harus diadakan pengujian batas-batas Atterberg dengan menyingkirkan butiran tanah yang tertinggal dalam saringan no.40. Kemudian, dengan menggunakan diagram plastisitas, tentukan klasifikasinya (GM, GC, SM, SC, GM-GC atau SM-SC).
- c. Jika tanah berbutir halus :
  1. Menguji batas-batas Atterberg dengan tanah yang tinggal dalam saringan no.40. Jika batas cair  $> 50\%$ , termasuk H (plastisitas tinggi), jika  $< 50\%$ , termasuk L (plastisitas rendah).
  2. Untuk H (plastisitas tinggi), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas di bawah garis A, tentukan apakah tanah organik (OH) atau anorganik (MH). Jika plotnya jatuh di atas garis A, klasifikasikan sebagai CH.
  3. Untuk L (plastisitas rendah), jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas di bawah garis A dan area yang diarsir, tentukan klasifikasi tanah tersebut sebagai organik (OL) atau anorganik (ML) berdasar warna, bau,

atau perubahan batas cair dan batas plastisnya dengan mengeringkannya di dalam oven.

Jika plot batas-batas Atterberg pada grafik plastisitas jatuh pada area yang diarsir, dekat dengan garis A atau nilai LL sekitar 50%, gunakan simbol dubel.

#### b. Sistem AASTHO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Official*) ini dikembangkan dalam tahun 1929 sebagai Public Road 1. *Administrasion Classification System*. Sistem ini berguna untuk menentukan kualitas tanah guna pekerjaan jalan yaitu lapis dasar (*subbase*) dan tanah dasar (*subgrade*).

Berdasarkan sifat tanahnya terhadap beban roda dan dikelompokkan menjadi 2 kelompok besar yaitu :

1. Kelompok tanah berbutir kasar (< 35% lolos saringan no.200).

**Tabel 2. 2.** Kelompok Tanah Berbutir Kasar

Kode	Karakteristik Tanah
A – 1	Tanah yang terdiri dari kerikil dan pasir kasar dengan sedikit atau tanpa butir halus, dengan atau tanpa sifat plastis.
A – 2	Terdiri dari Pasir halus dengan sedikit sekali butir halus lolos saringan no. 200 dan tidak plastis.
A – 3	Kelompok batas tanah berbutir kasar dan halus dan merupakan campuran kerikil/pasir dengan tanah berbutir halus cukup banyak (<35%).

Sumber : Bowles, 1991

2. Kelompok tanah berbutir halus (> 35% lolos saringan no. 200)

**Tabel 2. 3.** Kelompok Tanah Berbutir Halus

Kode	Karakteristik Tanah
A – 4	Tanah lanau dengan sifat plastis rendah.
A – 5	Tanah lanau yang mengandung lebih banyak butir butir

Kode	Karakteristik Tanah
	plastis, sehingga sifat plastisnya lebih besar.
A – 6	Tanah lempung yang masih mengandung butiran pasir dan kerikil, tetapi sifat perubahan volumenya cukup besar.
A – 7	Tanah lempung yang lebih bersifat plastis dan mempunyai sifat perubahan yang cukup besar.

klasifikasi AASHTO ini didasarkan pada kriteria pada tabel berikut :

**Tabel 2. 4.** Ukuran Butir Sistem Klasifikasi AASHTO

Kerikil	Tanah yang lolos ayakan diameter 75 mm (3 in) dan yang tertahan pada ayakan No. 10 (2 mm).
Pasir	Tanah yang lolos ayakan No. 10 (2 mm) dan yang tertahan pada ayakan No. 200 (0,075 mm).
Lanau dan Lempung	Tanah yang lolos ayakan No. 200.

**Tabel 2. 5.** Sistem Klasifikasi Tanah AASTHO

Klasifikasi Umum	Tanah berbutir (35 % atau kurang dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)							Tanah lanau - lempung (lebih dari 35 % dari seluruh contoh tanah lolos ayakan No. 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Klasifikasi Kelompok	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5*
Analisis ayakan (% lolos)											
No. 10	≤ 50	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 40	≤ 30	≤ 50	≥ 51	---	---	---	---	---	---	---	---
No. 200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
Sifat fraksi yang lolos ayakan No. 40											
Batas Cair (LL)	---	---	---	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 40	≤ 40	≥ 41
Indek Plastisitas (PI)	≤ 6	---	NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Tipe material yang paling dominan	Batu pecah, kerikil dan pasir		Pasir halus	Kerikil dan pasir yang berlanau atau berlempung				Tanah berlanau		Tanah berlempung	
Penilaian sebagai bahan tanah dasar	Baik sekali sampai baik							Biasa sampai jelek			

Sumber : Bowles, 1991

## **2.2. Lereng**

### **2.2.1. Pengertian Lereng**

Lereng merupakan bagian yang miring atau sisi yang landai pada sebuah bukit, gunung, perbukitan, ataupun pegunungan, mempunyai perbedaan elevasi antara tempat yang satu dengan yang lain. Lereng dapat terjadi secara alami maupun sengaja dibuat oleh manusia dengan tujuan tertentu. Lereng lokasi penelitian merupakan lereng buatan dengan tujuan pembangunan jalan raya. Kondisi lereng yang tidak stabil berpotensi untuk memicu bencana longsor dan dapat membahayakan pengguna jalan raya akibat ketidakmampuan lereng tersebut menahan beban yang besar akibat (Pengujian et al., 2021).

Menurut SNI 8460-2017 lereng terbagi menjadi dua, yaitu:

#### **a. Lereng alam**

Lereng ini terbentuk disebabkan akibat kegiatan alam seperti erosi, gerakan tektonik, dan sebagainya. Material yang membentuk lereng memiliki kecenderungan tergelincir akibat beratnya sendiri dan gaya-gaya luar yang ditahan oleh kuat geser tanah dari material tersebut. Lereng alam yang telah stabil selama bertahun-tahun dapat mengalami longsor akibat kenaikan tekanan air pori, penurunan kuat geser tanah secara progresif, proses pelapukan, gempa, dan gangguan luar akibat pemotongan atau timbunan baru (Indonesia & Nasional, 2017).

#### **b. Lereng yang dibuat manusia**

Lereng buatan manusia juga dapat dibagi menjadi lereng galian dan lereng timbunan. Lereng galian yaitu lereng yang terbentuk akibat kegiatan penggalian pada tanah asli. Perancangan pemotongan lereng galian yang dimaksud merupakan usaha untuk membuat suatu lereng dengan kemiringan tertentu yang cukup aman dan ekonomis. Lereng timbunan yaitu lereng yang umumnya digunakan untuk badan jalan raya, jalan kereta api, dan bendungan tanah. Sifat teknis lereng timbunan dipengaruhi oleh jenis tanah, cara penimbunan dan derajat kepadatan tanah (Indonesia & Nasional, 2017).

### **2.2.2. Keruntuhan Lereng**

Keruntuhan Lereng merupakan Suatu proses pergerakan dan perpindahan massa tanah atau batuan yang dapat terjadi dengan variasi kecepatan dari sangat pelan

sampai sangat cepat dan tidak terkait banyak dengan kondisi geologi lokal. Keruntuhan bersifat lokal atau skala kecil dan umumnya terjadi pada lereng galian atau timbunan yang dibuat manusia (Umum, 2005).

### 1. Proses terjadinya tanah longsor

Proses terjadinya tanah longsor adalah: air yang meresap ke dalam tanah akan menambah bobot tanah. Jika air tersebut menembus sampai tanah kedap air yang berperan sebagai bidang gelincir, maka tanah menjadi licin dan tanah pelapukan di atasnya akan bergerak mengikuti lereng dan ke luar lereng (Umum, 2007).

### 2. Jenis Longsor

#### a. Longsoran translasi

Longsoran translasi yaitu pergerakan massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk rata atau menggelombang landai (Umum, 2007).



Gambar 2. 1. Gambar ilustrasi longsoran translasi

#### b. Longsoran rotasi

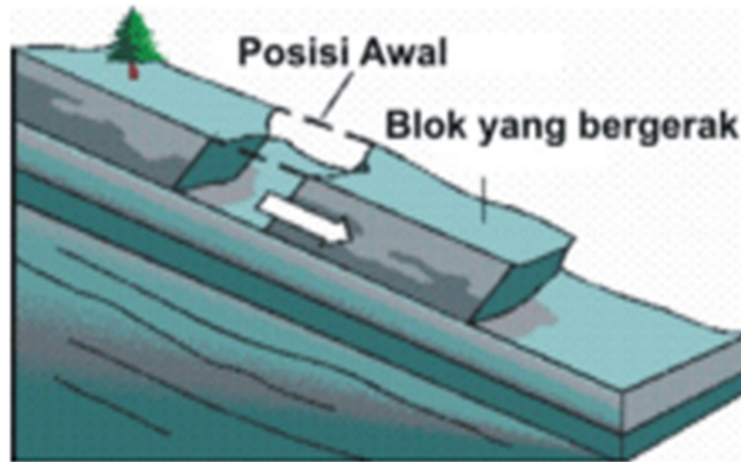
Longsoran rotasi yaitu pergerakan massa tanah dan batuan pada bidang gelincir berbentuk cekung (Umum, 2007).



Gambar 2. 2. Gambar ilustrasi longsoran rotasi

### c. Pergerakan blok

Pergerakan blok yaitu pergerakan bebatuan yang bergerak pada bidang gelincir berbentuk rata. Longsoran ini disebut juga longsor translasi blok batu(Umum, 2007).



**Gambar 2. 3.** Gambar ilustrasi pergerakan blok

### d. Runtuhan batu

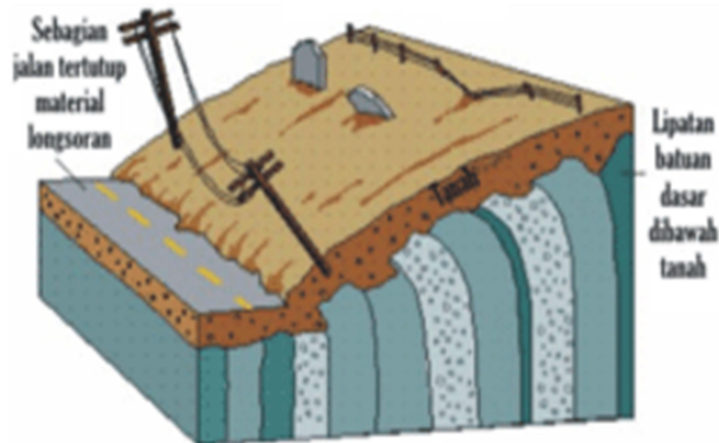
Runtuhan batu terjadi ketika banyak besar batuan atau material lain bergerak jatuh bebas. Sering terjadi pada lereng yang terjal hingga menggantung terutama di daerah pantai. Bebatuan besar yang jatuh dapat menyebabkan kerusakan yang parah(Umum, 2007).



**Gambar 2. 4.** Gambar ilustrasi runtuhan batu

### e. Rayapan Tanah

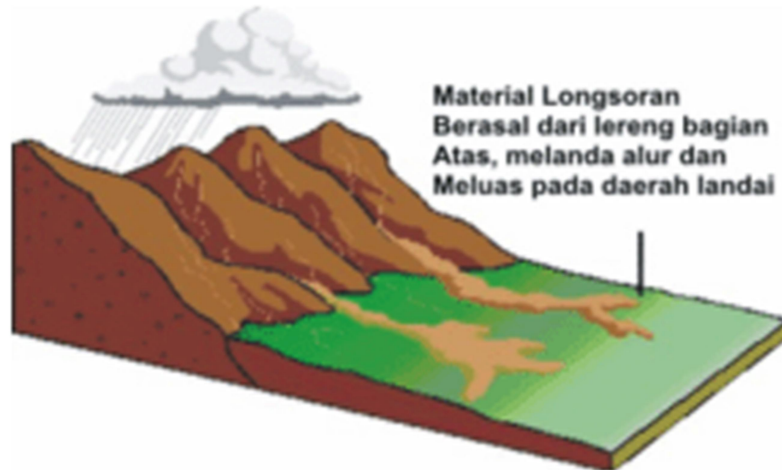
Rayapan Tanah merupakan jenis tanah longsor yang bergerak lambat. Jenis tanahnya berupa butiran kasar dan halus. Jenis longsor ini hampir tidak dapat dikenali. Setelah cukup lama longsor jenis rayapan ini bisa menyebabkan tiang-tiang telepon, pohon, atau rumah miring ke bawah (Umum, 2007).



**Gambar 2. 5.** Gambar ilustrasi rayapan tanah

### f. Aliran bahan rombakan

Aliran bahan rombakan terjadi ketika massa tanah bergerak didorong oleh air. Kecepatan aliran bergantung pada kemiringan lereng, volume dan tekanan air, dan jenis materialnya. Gerakan terjadi di sepanjang lereng dan mampu mencapai ratusan meter. Pada beberapa tempat bisa sampai ribuan meter seperti di DAS sekitar gunung api. Aliran tanah dapat menelan korban cukup banyak (Umum, 2007).



**Gambar 2. 6.** Gambar ilustrasi Aliran bahan rombakan

### **2.2.3. Stabilitas Lereng**

Kelongsoran lereng banyak ditemukan pada saat musim penghujan. Peristiwa ini terjadi akibat peningkatan tekanan air pori pada lereng. Hal ini berakibat pada terjadinya penurunan kuat geser tanah ( $c$ ) dan sudut geser dalam ( $\phi$ ) yang selanjutnya menyebabkan kelongsoran.

Analisis stabilitas lereng memiliki peran yang penting pada perencanaan konstruksi sipil. Lereng yang tidak stabil sangatlah berbahaya bagi lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisis stabilitas lereng sangat diperlukan. Kestabilan lereng diketahui dengan menghitung besarnya faktor keamanan (Gabriella et al., 2014).

## **2.3. Dinding Penahan Tanah**

### **2.3.1. Pengertian Dinding Penahan Tanah**

Dinding penahan tanah adalah bangunan yang mempunyai kegunaan untuk menahan dan menstabilkan kondisi tanah yang pada umumnya dipasang pada daerah tebing yang labil. Dinding penahan tanah mempunyai berbagai macam jenis untuk menyesuaikan jenis konstruksi dan kondisi tanah yang ada (Febrijanto et al., 2024).

Dinding penahan tanah yang dibangun dengan perencanaan yang aman, dapat memberikan dampak yang positif terutama untuk daerah yang berada disekitar lereng, karena dinding penahan tanah ini berfungsi untuk memikul beban tanah saat terjadi gerakan tanah, longsor yang disebabkan oleh hujan, dan beban yang dipikul di atas tanah tersebut.

### **2.3.2. Tipe-Tipe Dinding Penahan Tanah**

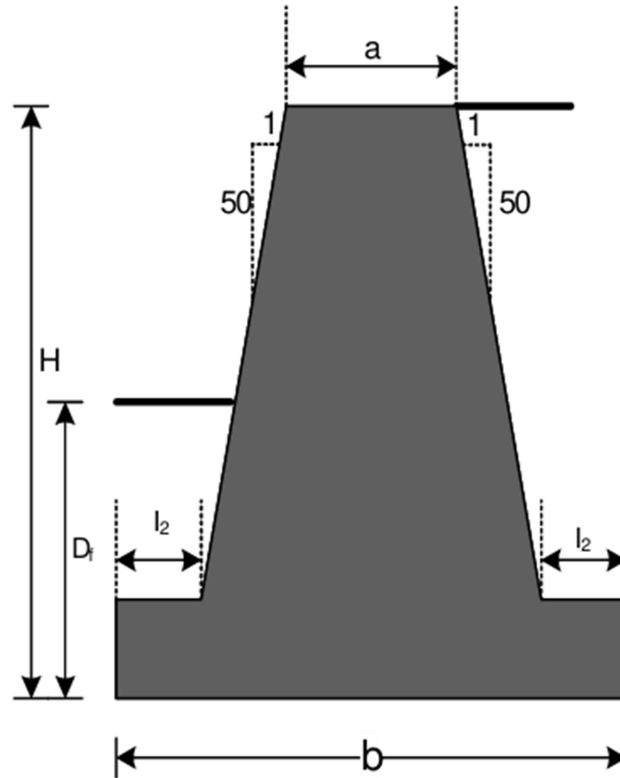
#### **a. Dinding Gravitasi**

Dinding gravitasi, merupakan dinding penahan yang dibuat dari beton tanpa tulangan atau pasangan batu. Sedikit tulangan beton kadang-kadang diberikan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan dinding akibat perubahan temperatur.

Pada tembok penahan tipe gravitasi pada perencanaan harus tidak terjadi tegangan tarik pada setiap irisan badannya. Untuk itu dalam perencanaan tembok penahan jenis ini perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut (Gambar 2.7).

- Pada umumnya lebar plat lantai B diambil  $0.5 - 0.7 H$

- Lebar bagian puncak diambil lebih dari  $0.3 - H/12$
- Tebal kaki dan tumit ( $H/8 - H/6$ )
- Lebar kaki dan tumit  $(0,5 - 1)d$  ( $d =$  tebal kaki)



**Gambar 2. 7.** Dimensi tembok penahan tipe gravitasi

Keterangan :

$$a = (30 \text{ cm} - H/12)$$

$$b = (0,5 - 0,7)H$$

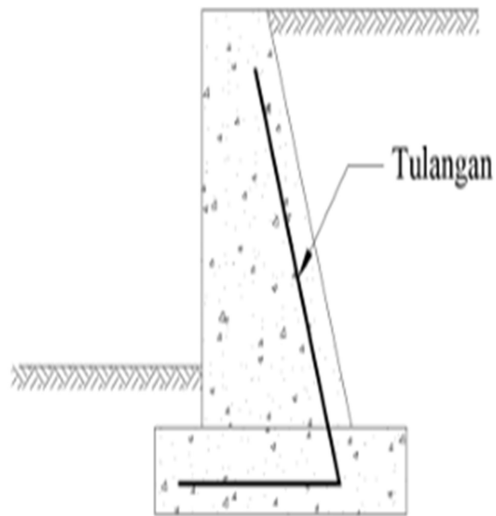
$D_f =$  (disesuaikan dengan kondisi setempat)

$$D = (H/8 - H/6)$$

$$l_1 \text{ dan } l_2 (0,5 - 1)d$$

### **b. Dinding Semi Gravitasi**

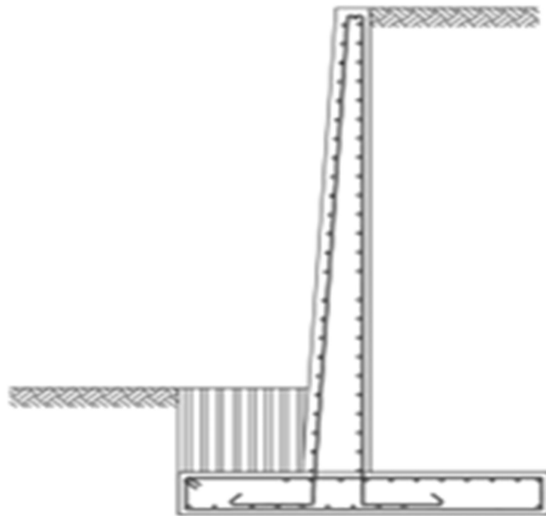
Dinding Semi Gravitasi Adalah dinding gravitasi yang berbentuk sedikit ramping. Pada strukturnya diperlukan penulangan beton, namun hanya pada bagian dinding saja. Tulangan beton yang berfungsi sebagai pasak, dipasang untuk menghubungkan bagian dinding dan pondasi seperti Gambar 2.8:



**Gambar 2. 8.** Dinding penahan tanah tipe semi gravitasi

### c. Dinding Kantilever

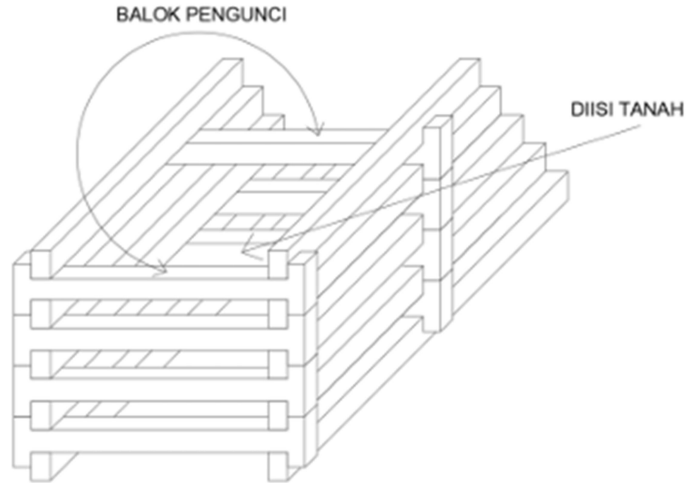
Dinding Kantilever (*Cantilever Wall*) terbuat dari beton bertulang yang tersusun dari satu dinding vertikal dan telapak. Masing-masing berperan sebagai balok atau pelat kantilever. Stabilitas konstruksinya didapatkan dari berat sendiri dinding penahan tanah diatas tumit tapak (heel). Adapun bagian struktur yang terdapat pada dinding penahan tanah jenis kantilever yaitu, dinding vertikal (steem), tumit tapak dan ujung kaki tapak (toe), untuk ketinggian dinding ini lebih dari 6 meter(Mazni et al., n.d.).



**Gambar 2. 9.** Dinding penahan tanah tipe kantilever

**d. Dinding Krib**

Adalah dinding yang terdiri dari balok-balok beton yang disusun menjadi dinding penahan seperti Gambar 2.10:



**Gambar 2. 10.** Dinding penahan tanah tipe krib

**e. Dinding Tanah Bertulang atau Dinding Tanah Diperkuat (reinforced earth wall)**

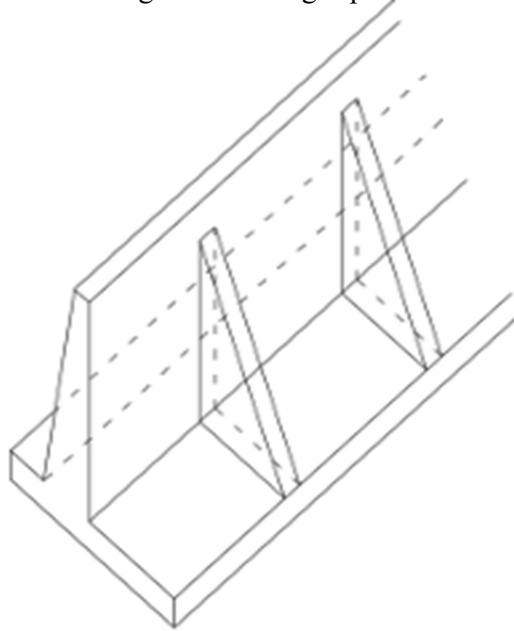
Dinding Tanah Bertulang adalah dinding yang terdiri dari dinding yang berupa timbunan tanah yang diperkuat dengan bahan-bahan tertentu yang terbuat dari geosintetik maupun dari metal seperti Gambar 2.11:



**Gambar 2. 11.** Dinding Tanah Bertulang

#### **f. Dinding Counterfort**

Dinding Counterfort adalah dinding yang terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang dibagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertikal yang disebut counterfort (dinding penguat). Ruang diatas pelat pondasi, diantara counterfort diisi dengan tanah urug seperti Gambar 2.12:



**Gambar 2. 12.** Dinding Tanah Dinding Counterfort

#### **2.4. Tekanan Tanah Lateral**

Tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan akibat dorongan tanah di belakang struktur penahan tanah. Besarnya tekanan lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (displacement) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanahnya. Analisis tekanan tanah lateral ditinjau pada kondisi keseimbangan plastis, yaitu saat massa tanah pada kondisi tepat akan runtuh. Besarnya tekanan tanah ditentukan oleh :

1. Koefisien tekanan tanah aktif, pasif dan tekanan tanah aktif pada saat gempa.
2. Kohesi tanah.
3. Beban yang bekerja pada permukaan tanah timbunan.

Analisis tekanan tanah lateral ditinjau pada kondisi keseimbangan elastis, yaitu teori yang digunakan untuk menghitung profil tekanan lateral pada dinding penahan tanah dari pembebanan muatan tambahan permukaan (titik, garis, lajur).

Jenis-jenis pembebanan pada dinding penahan yang dapat menaikkan tekanan tanah dapat dibagi atas :

1. Beban titik atau beban terpusat  $q$  diletakkan pada permukaan tanah urugan dibelakang dinding.
2. Beban garis yaitu beban yang diletakkan sejajar dengan puncak (bagian atas) dinding penahan.
3. Beban lajur sebesar  $q$  persatuan luas dapat berbentuk beban merata persegi panjang, beban merata segi tiga, dengan beban merata trapesium.

#### **2.4.1. Tekanan Tanah Diam ( $\sigma_0$ )**

Tekanan tanah diam merupakan tekanan tanah lateral pada kondisi tanah tidak bergerak. Tekanan tanah ini mempunyai banyak peran dalam aplikasinya diantaranya adalah:

1. Perhitungan kekuatan dinding penahan tanah dan sheet-pile. Karena tekanan dalam keadaan diam lebih besar dari tekanan aktif, maka lebih aman apabila kekuatan struktur penahan tanah dihitung berdasarkan tekanan tanah dalam kondisi diam.
2. Analisis daya dukung sisi (skin friction) pada pondasi tiang.
3. Penentuan tekanan cell pada pengujian triaksial. Untuk menggambarkan tekanan sesuai dengan yang ada dilapangan, sebaiknya pemberian tekanan cell triaksial berada di sekitar (dan lebih besar) tekanan diam sesuai dengan kedalaman sampel tersebut diambil.

Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman  $z$  akan mengalami tekanan arah vertikal  $\sigma_v$  dan tekanan arah horizontal diam  $\sigma_h$ , (sementara tegangan geser pada bidang vertikal dan bidang horizontal diabaikan). Dalam keadaan diam, yaitu tidak ada pergerakan butiran tanah dari posisi awalnya, maka masa tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*). Perbandingan tekanan tanah horizontal dan tekanan tanah vertikal dinamakan koefisien tekanan tanah diam (*coefficient of earth pressure at rest*),  $K_0$  yaitu:

$$K_0 = \sigma_0 / \sigma_v \quad (2.1)$$

Keterangan :  
 $K_0$  = Koefisien tanah diam  
 $\sigma_0$  = Tegangan tanah diam  
 $\sigma_v$  = Tegangan vertikal

Dengan memasukkan nilai tekanan akibat berat sendiri tanah (dengan berat satuan,  $\gamma$ ) pada kedalaman  $z$  sebesar  $\sigma_v = \gamma.z$ , maka tekanan tanah lateral pada kondisi diam adalah:

$$\sigma_0 = \gamma .z .K_0 \quad (2.2)$$

Keterangan :

$\sigma_0$  = Tegangan tanah diam

$\gamma$  = Gama tanah

$K_0$  = Koefisien tanah diam

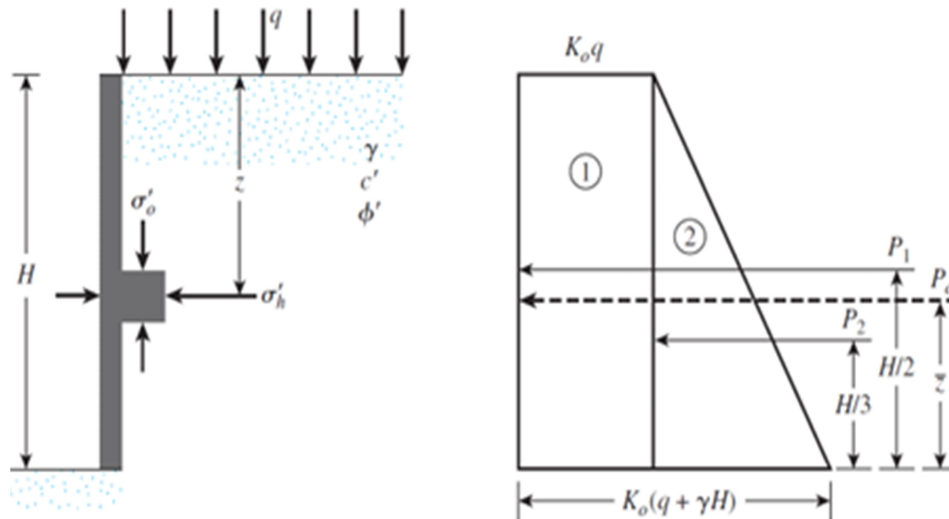
Berdasarkan teori elastis, koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam dapat dituliskan sebagai fungsi dari Poisson ratio ( $\mu$ ):

$$K_0 = \frac{\mu}{1-\mu} \quad (2.3)$$

Untuk tanah berbutir dan tanah lempung dalam keadaan terkonsolidasi normal (*NC Clay*), koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam dapat diwakili oleh hubungan empiris yaitu:

$$K_0 = 1 - \sin \phi \quad (2.4)$$

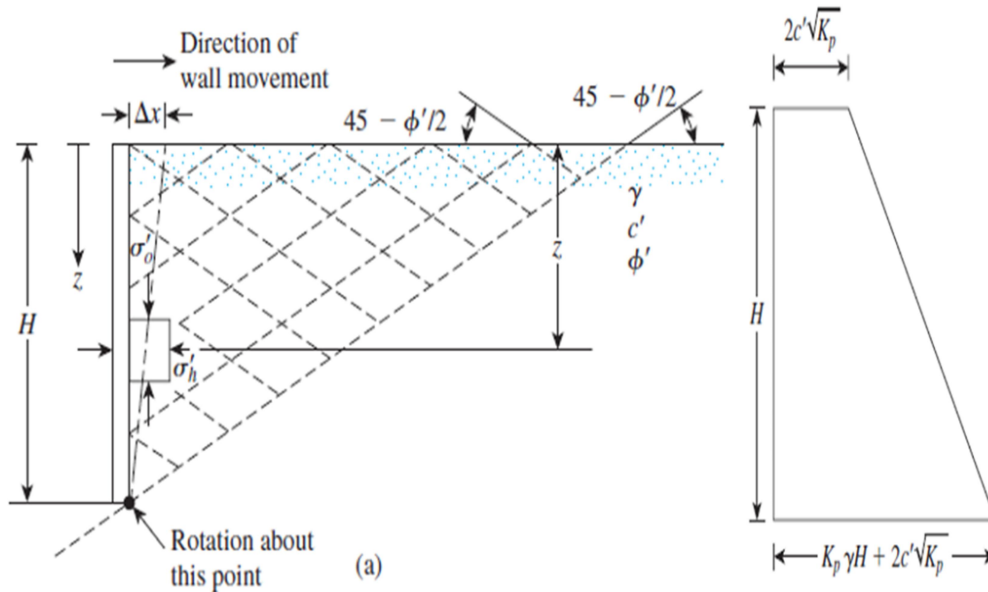
Gaya resultan akibat tekanan tanah dalam kondisi diam seperti terlihat pada Gambar 2.13 berikut ini :



**Gambar 2. 13.** Tekanan Tanah Diam

### 2.4.2. Tekanan Tanah Pasif ( $\sigma_p$ )

Tekanan tanah pasif merupakan tekanan tanah yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan *retaining wall* menekan tanah dibelakangnya (Febrijanto et al., 2024).



**Gambar 2. 14.** Tekanan Tanah Pasif

dengan  $\sigma_p = \gamma \cdot z$  dan tekanan tanah horizontal pada tanah di kedalaman tersebut adalah sebesar:

$$\sigma_p = (\gamma \cdot z) \tan^2(45^\circ + \phi/2) + 2c \tan(45^\circ + \phi/2) \quad (2.5)$$

Keterangan :

$\sigma_p$  = Tegangan tanah pasif

$\gamma$  = Gama tanah

$z$  = Kedalam

$c$  = Kohesi

dengan mengambil nilai koefisien tekanan tanah pasif

$$(K_p) \text{ sebagai: } K_p = \tan^2(45^\circ + \phi/2) \quad (2.6)$$

maka tekanan tanah lateral pasif adalah:

$$\sigma_p = \sigma_v K_p + 2c\sqrt{K_p} \quad (2.7)$$

Untuk menentukan resultan gaya akibat tekanan tanah pasif, dapat dijelaskan sebagai berikut. Pada permukaan timbunan dibelakang dinding dari tanah yang kohesif, kedalaman  $z = 0$ , dengan tekanan akibat berat sendiri tanah  $\sigma_v = 0$ , nilai tersebut memberikan harga tekanan pasif sebesar:

$$\sigma_p = 2c \cdot \sqrt{K_p} \quad (2.8)$$

Untuk tanah non-kohesif ( $c = 0$ ), tekanan tanah lateral pasif dapat ditulis sebagai:

$$\sigma_p = \sigma_v \cdot K_p \quad (2.9)$$

sehingga, resultan gaya tekan pasif yang bekerja pada dinding hingga kedalaman  $z = H$  hanya disumbangkan oleh berat tanah sendiri yaitu:

$$P_p \cdot \gamma = 1/2 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_p \quad (2.10)$$

### 2.4.3. Tekanan Tanah Aktif ( $\sigma_a$ )

Tekanan tanah aktif merupakan tekanan tanah yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan *retaining wall* menjauhi tanah dibelakangnya (Febrijanto et al., 2024). Jika dinding terdorong keluar akibat tekanan tanah dibelakangnya, maka akan terjadi kondisi tekanan tanah aktif. Besarnya tekanan tanah tersebut menurut Rankine dapat ditentukan sebagai berikut:

$$\sigma_a = (\gamma z) \tan^2(45^\circ - \phi/2) - 2c \tan(45^\circ - \phi/2) \quad (2.11)$$

Keterangan :

$\sigma_a$  = Tegangan tanah aktif

$\gamma$  = Gama tanah

$z$  = Kedalam

$c$  = Kohesi

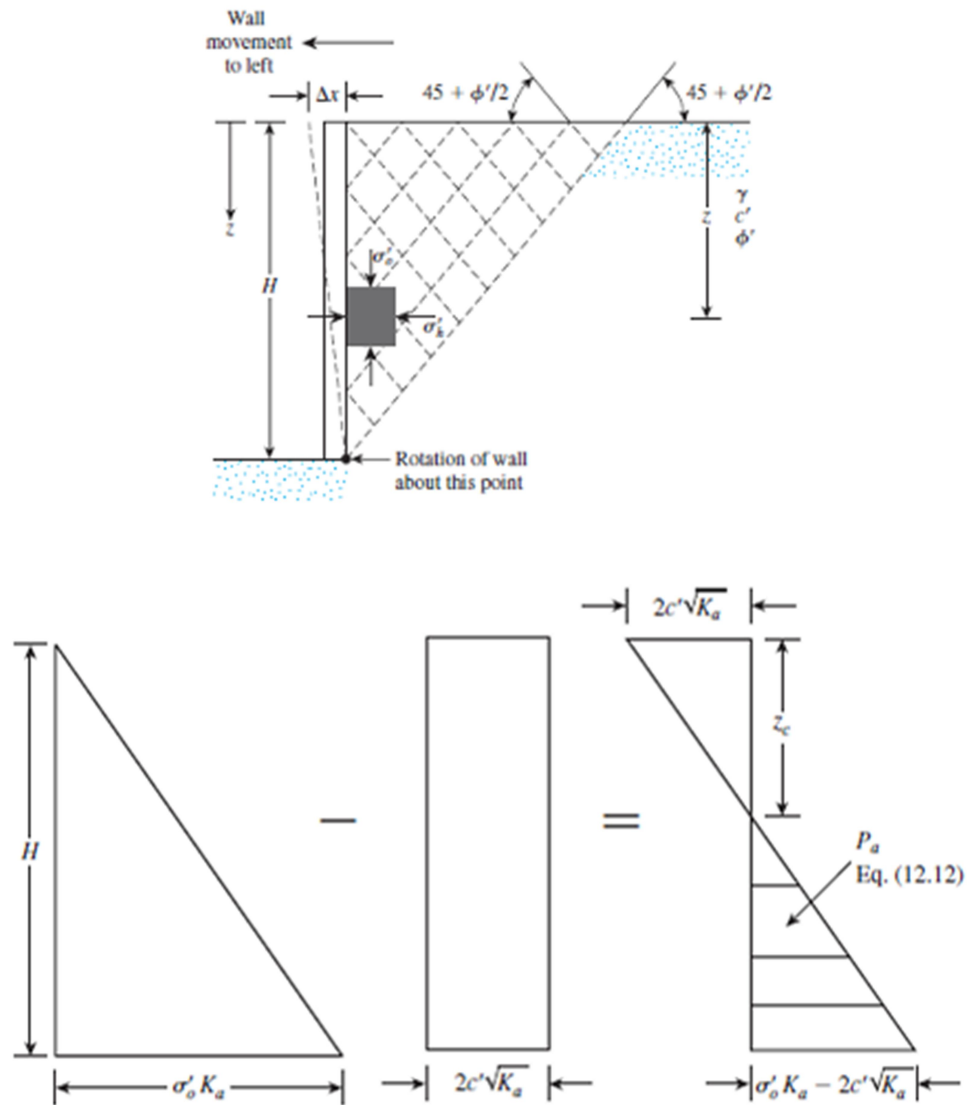
dengan mengambil nilai koefisien tekanan tanah aktif ( $K_a$ ) sebagai:

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2) \quad (2.12)$$

maka tekanan tanah lateral aktif adalah:

$$\sigma_a = \sigma_v K_a - 2c \sqrt{K_a} \quad (2.13)$$

Gaya resultan akibat tekanan aktif (gaya tekan aktif) adalah luas dari diagram tegangan aktif seperti dapat dilihat pada Gambar 2.15 dibawah ini:



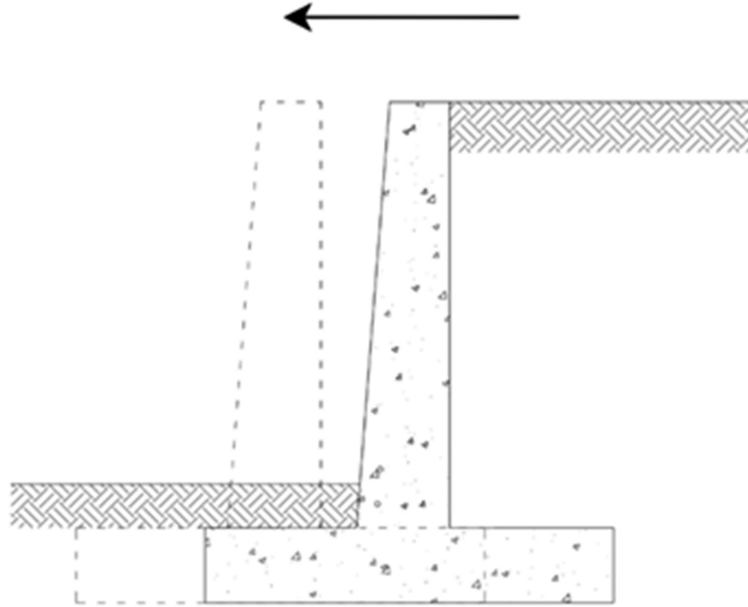
Gambar 2. 15. Tekanan Tanah Aktif

## 2.5. Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Beberapa hal yang dapat menyebabkan keruntuhan pada dinding penahan tanah, antara lain oleh faktor penggulingan, penggeseran dan keruntuhan pada daya dukung tanah. Maka dari itu, dalam perencanaan dinding penahan tanah langkah pertama yang harus dilakukan adalah menetapkan dimensi dari dinding penahan untuk menjamin stabilitas dinding penahan tanah aman. Untuk mengetahui stabilitas dinding penahan tanah tipe *gravity wall*, perlu dilakukan pengecekan terhadap dinding gravity tersebut.

### 2.5.1. Stabilitas Terhadap Geser

Akibat tekanan tanah aktif horisontal yang kuat, maka *Retaining wall* akan tergeser atau terdorong.



**Gambar 2. 16.** Stabilitas Terhadap Geser

Faktor keamanan terhadap geser dapat ditulis :

$$FS_{sliding} = \frac{\Sigma Fr}{\Sigma Fd} \geq 1,5 \quad (2.14)$$

Dimana :

$\Sigma Fd$  = jumlah gaya dorong horizontal

Atau dapat ditulis :

$$\Sigma Fr = (\Sigma V) \text{ atau } \tan\theta_2 + Bc_2$$

$$\Sigma Fd = P_a$$

Dari persamaan diatas bila dikombinasikan :

$$FS_{sliding} = \frac{(\Sigma V)\tan\theta_2 + Bc_2}{P_a} \quad (2.15)$$

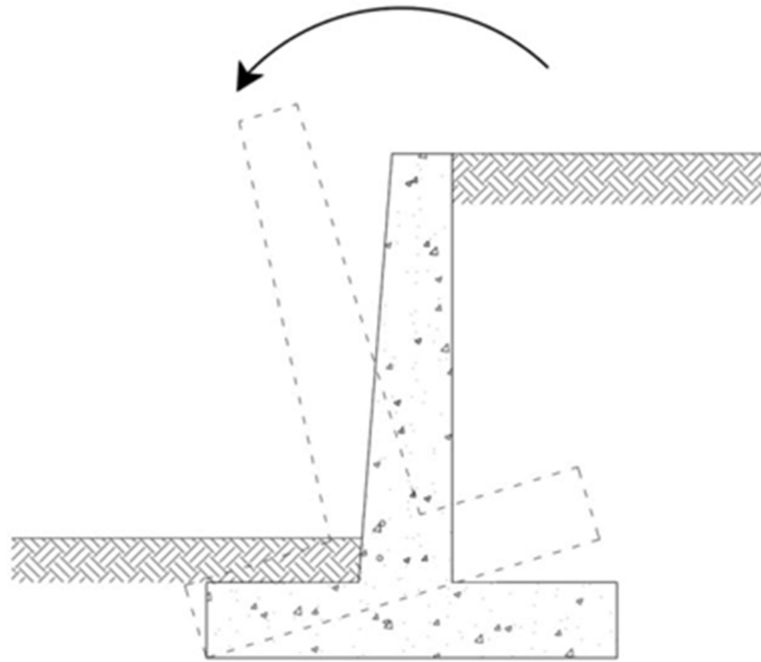
Dalam beberapa kasus, tekanan tanah pasif ( $P_p$ ) tidak dimasukkan kedalam perhitungan sehingga diperoleh hasil yang lebih aman terhadap sudut geser dalam  $\theta_2$  dan  $C_2$  dikalikan dengan koefisien  $k_1$  dan  $k_2$  maka persamaan diatas menjadi :

$$FS_{sliding} = \frac{(\Sigma V)\tan(k_1.\theta_2) + Bk_2.C_2 + P_p}{P_a} \quad (2.16)$$

Dimana koefisien  $k_1$  dan  $k_2$  berkisar antara 1/2 sampai 2/3.

### 2.5.2. Stabilitas Terhadap Guling

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urug di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat fondasi (Dinding et al., 2024). Momen penggulingan ini, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas pelat fondasi. Untuk contoh keadaan gaya guling yang kemungkinan terjadi dapat dilihat di gambar dibawah ini:



**Gambar 2. 17.** Stabilitas Terhadap Guling

Suatu dinding penahan tanah stabil terhadap guling jika nilai faktor keamanannya ( $F_s$  guling) lebih besar dari 1,5.

$$F_s \text{ overtuning} = \frac{\Sigma M_r}{\Sigma M_o} > 1,5 \quad (2.17)$$

Dimana :

$M_r$  = jumlah gaya momen yang akan mempertahankan guling

$M_o$  = jumlah gaya momen yang akan membuat guling

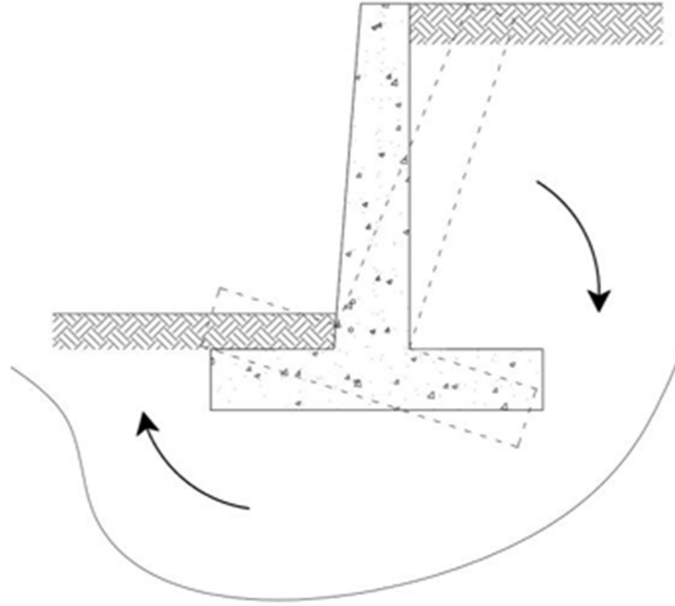
$$\Sigma M_r = (W_1 \cdot X_1) + (W_2 \cdot X_2) + W_3 \cdot X_3$$

(2.18)

$$\Sigma M_o = P_a \cdot \frac{1}{3} \cdot H \quad (2.19)$$

### 2.5.3. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

Beberapa persamaan kapasitas dukung tanah telah digunakan untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah, seperti persamaan kapasitas dukung Terzaghi (1943) dalam Hardiyatmo (2020). Untuk contoh keadaan keruntuhan daya dukung tanah yang kemungkinan terjadi dapat dilihat di Gambar dibawah ini :



**Gambar 2. 18.** Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah

Faktor keamanan daya dukung tanah terhadap keruntuhan kapasitas dapat didefinisikan sebagai berikut :

$$F_s \text{ dd} = \frac{QU}{Q_{\max}} \geq 3 \quad (2.20)$$

Untuk nilai maksimum dan minimum, dimana :

$$Q_{\max} = \frac{\sum v}{B} (1 + 6.e B) \quad (2.21)$$

$$Q_{\min} = \frac{\sum v}{B} (1 - 6.e B) \quad (2.22)$$

Untuk nilai eksentrisitas dapat diperoleh dari :

$$e = \frac{B}{2} - \frac{\sum Mw - \sum Mgl}{W_{\text{tot}}} \quad (2.23)$$

Kapasitas daya dukung tanah dapat dihitung dengan persamaan Mayerhof berikut:

$$Q_u = c. N_c. F_{cd}. F_{ci} + q. N_q. F_{qd}. F_{qi} + 0,5. B. \gamma. N_{\gamma}. F_{\gamma d}. F_{\gamma i} \quad (2.24)$$

Keterangan :

c = kohesi tanah kN/m<sup>2</sup>

- B = lebar pondasi (m)  
 e = eksentrisitas (m)  
 v = berat beban vertikal (kN)  
 Nc, Nq, N $\gamma$  = faktor kapasitas daya dukung  
 $\gamma$  = berat volume (kN/m<sup>3</sup>)

Untuk faktor-faktor daya dukung (Nc,Nq,N $\gamma$ ,N' $\gamma$ ,N'q,N' $\gamma$ ) dapat di lihat pada Tabel 2.6 :

**Tabel 2. 6.** Nilai Faktor Kapasitas Daya Dukung (Nc, Nq, N $\gamma$ )

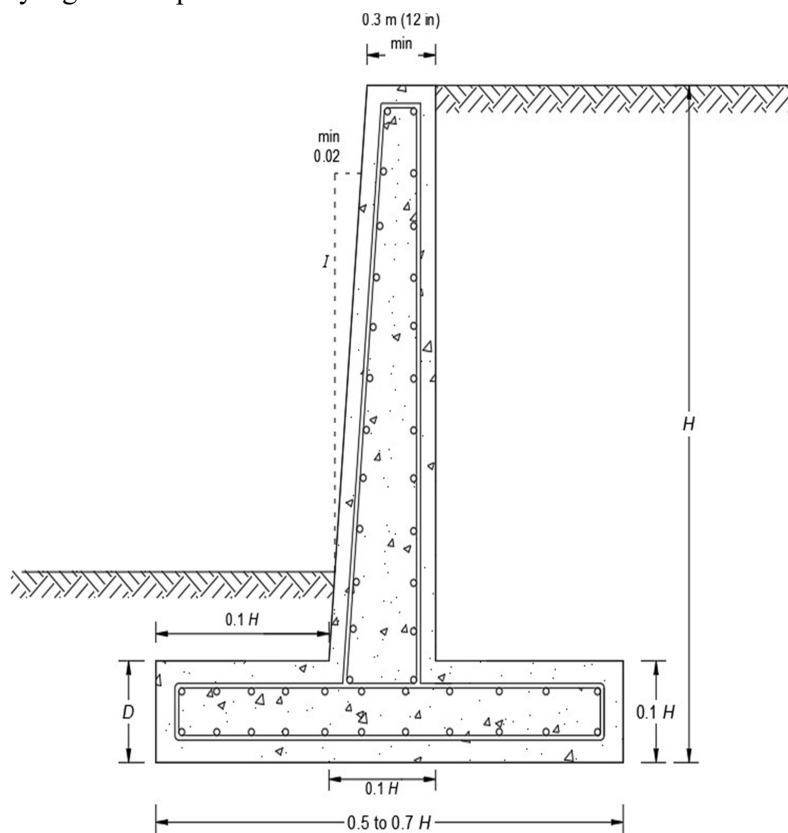
$\phi^\circ$	Nc	Nq	N $\gamma$	$\phi^\circ$	Nc	Nq	N $\gamma$
0	5.14	1.00	0.00	26	22.25	11.85	12.54
1	5.38	1.09	0.07	27	23.94	13.20	14.47
2	5.63	1.20	0.15	28	25.80	14.72	16.72
3	5.90	1.31	0.24	29	27.86	16.44	19.34
4	6.19	1.43	0.34	30	30.14	18.80	22.40
5	6.49	1.57	0.45	31	32.67	20.63	25.99
6	6.81	1.72	0.57	32	35.49	23.18	30.22
7	7.16	1.88	0.71	33	38.64	26.09	35.19
8	7.53	2.06	0.86	34	42.16	29.44	41.06
9	7.92	2.25	1.03	35	46.12	33.30	48.03
10	8.35	2.47	1.22	36	50.59	37.75	56.31
11	8.80	2.71	1.44	37	55.63	42.92	66.19
12	9.28	2.97	1.69	38	61.35	48.93	78.03
13	9.81	3.26	1.97	39	67.87	55.96	92.25
14	10.37	3.59	2.29	40	75.31	64.20	109.41
15	10.98	3.94	2.65	41	83.86	73.90	130.22
16	11.63	4.34	3.06	42	93.71	85.38	155.55
17	12.34	4.77	3.53	43	105.11	99.02	186.54
18	13.1	5.26	4.07	44	118.37	115.31	224.64
19	13.93	5.80	4.68	45	133.88	134.88	271.76
20	14.83	6.40	5.39	46	152.10	158.51	330.35
21	15.82	7.01	6.20	47	173.64	187.21	403.67
22	16.88	7.82	7.13	48	199.26	222.31	496.01
23	18.08	8.66	8.20	49	229.93	265.51	613.16
24	19.32	9.60	9.44	50	266.89	319.07	762.89
25	20.72	10.66	10.88				

## 2.6. Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever

Dinding penahan tanah adalah bangunan yang mempunyai fungsi untuk menahan dan menstabilkan kondisi tanah yang pada umumnya dipasang pada daerah tebing yang labil. Dinding penahan tanah memiliki berbagai macam jenis untuk menyesuaikan jenis konstruksi dan kondisi tanah yang ada (Febrijanto et al., 2024).

Dinding penahan tanah kantilever dibuat dari beton bertulang, karena itu dimensi stem dan base slab menjadi relatif tipis. Selain bobotnya sendiri, dinding penahan tanah kantilever ini mengandalkan pada bobot masa tanah yang berada di atas base slab, untuk menjaga stabilitasnya. Dinding penahan tanah ini cocok untuk menahan tanah yang tinggi, hingga 8 m.

Dinding penahan tanah tipe kantilever berbentuk T merupakan dinding beton tipis bertulang, secara keseluruhan dinding dipakai tulangan untuk gaya-gaya lintang dan menahan momen yang bekerja pada dinding. Dinding tipe ini memiliki dimensi yang kecil seperti Gambar 2.19 dibawah ini:



**Gambar 2. 19.** Dimensi Tipikal DPT Kantilever

### 2.6.1. Prosedur Perancangan DPT Kantilever

Secara umum, langkah-langkah hitungan perancangan struktur dinding penahan tanah dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Dipilih bentuk dinding penahan tanah, termasuk memilih dimensi dinding vertikal, tebal dan lebar pelat fondasi. Untuk keperluan ini, Gambar 2.18 dapat dijadikan petunjuk awal.

2. Dengan parameter-parameter tanah yang telah diketahui, dihitung gaya gaya yang bekerja di atas dasar pondasi dinding penahan.
3. Tentukan letak resultan gaya-gaya yang bekerja. Letak dari resultan tersebut digunakan untuk mengetahui kestabilan dinding penahan terhadap bahaya penggulingan.
4. Dihitung faktor aman terhadap penggulingan dan penggeseran.
5. Dihitung tekanan yang terjadi pada dasar fondasi. Tekanan maksimum tidak boleh melebihi kapasitas dukung tanah ijin ( $q_a$ ).
6. Dirancang bagian-bagian pembentuk struktur, seperti: menghitung dimensi dan penulangan fondasi maupun dinding.

### 2.6.2. Perhitungan Perancangan DPT Kantilever

Bagian-bagian dinding penahan tanah kantilever terdiri dari : dinding, pelat fondasi belakang dan pelat fondasi depan. Pada setiap bagian ini dirancang seperti cara merancang struktur kantilever. Untuk merancang pelat fondasi, tekanan tanah yang terjadi pada bagian dasar fondasi yang dihitung lebih dulu, yaitu dengan menganggap distribusi tekanan tanah linier.

Tekanan pada tanah dasar akibat beban dinding penahan yang terjadi pada ujung-ujung pelat fondasi yang dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Bila } e \leq B/6$$

$$q = \frac{v}{B} \left( 1 \pm \frac{6e}{B} \right) \quad (2.25)$$

$$\text{Bila } e > B/6$$

$$q_{\text{maks}} = \frac{2v}{3(B-2e)} \quad (2.26)$$

Keterangan :

$q$  = Beban

$e$  = Eksentrisitas

$B$  = Lebar

Bila  $e \leq B/6$  , maka tekanan dinding ke tanah yang terjadi berbentuk trapesium, sedang bila  $e > B/6$ , maka diagram tekanan berupa segitiga.

Pelat fondasi dianggap sebagai struktur kantilever yang bentangnya dibatasi oleh bagian vertikal dari tubuh dinding penahan. Pelat fondasi depan, dianggap sebagai pelat yang dijepit oleh dinding vertikal di bagian depan. Gaya-gaya yang bekerja,



kekuatan beton dan jenis tanah. Tulangan horizontal juga ditempatkan untuk membantu menahan tegangan lentur dan geser pada *stem*.

a. Tulangan lentur

Kebutuhan tulangan ini didasarkan pada momen lentur yang timbul pada dinding akibat gaya horizontal yang timbul dikalikan dengan faktor beban. Penulangan lentur dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Rn = \frac{Mu}{\phi \cdot b \cdot d^2} \quad (2.27)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{0,85 \cdot f_c}{f_y} \left[ 1 - \frac{\sqrt{2Rn}}{0,85 \cdot f_c} \right] \quad (2.28)$$

$$As_{\text{perlu}} = \rho \cdot b \cdot d \quad (2.29)$$

$$As_{\text{min}} = 0,0015 \cdot 1000 \cdot h \quad (2.30)$$

b. Tulangan horizontal

Tulangan horizontal sebagai tulangan susut dan suhu. Tulangan orizontal minimum yang diperlukan pada dasar dinding sesuai SNI 2847 : 2019.

$$As_{\text{min}} = 0,0015 \cdot 1000 \cdot h \quad (2.31)$$

Karena sisi luar dinding penahan tanah senantiasa terkeropos dengan udara luar dan ketebalan dinding yang lebih dari 250 mm maka sesuai SNI 2847 : 2019 diperlukan minimal 1/3 hingga 2/3 dari luas tulangan horizontal untuk dipasang di sisi luar dinding dan sisanya dipasang pada sisi dalam dinding. Dalam hal ini luas tulangan yang dibutuhkan dibagi merata pada kedua sisi dinding, sehingga dapat digunakan rumus :

$$0,5 \cdot As \quad (2.32)$$

c. Desain terhadap geser

Penampang kritis untuk tinjauan geser adalah sejarak *d* (lebar efektif) dari dasar dinding

$$V_u = H_{a1} + H_{a2} \quad (2.33)$$

$$\phi V_c = \phi (0,17 \cdot \lambda \cdot \sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d) > V_u \quad (2.34)$$

2. Penulangan pada Tumit (*Heel*)

Tulangan pada tumit bertujuan untuk menahan momen lentur dan gaya geser yang terjadi karena tekanan tanah yang menekan tumit. Tulangan tumit

$$V_u = 1,2 [(H6 \cdot H2 \cdot \gamma_{\text{tanah}}) + (H6 \cdot H1 \cdot \gamma_{\text{beton}})] + 1,6 [(H6 \cdot h_s \cdot q)] \quad (2.35)$$

Keterangan :  $H6$  = lebar tumit dinding penahan tanah (m)

$H2$  = Tinggi dinding (m)

$$\phi V_c = \phi (0,17.\lambda.\sqrt{f' c} .b_w.d) > V_u \quad (2.36)$$

$$M_u = V_u \times \frac{H6}{2} \quad (2.37)$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi.b.d^2} \quad (2.38)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85.f_c}{f_y} \left[ 1 - \frac{\sqrt{2R_n}}{0,85.f_c} \right] \quad (2.39)$$

$$AS_{perlu} = \rho . b . d \quad (2.40)$$

$$AS_{min} = \frac{1,4}{f_y} b . d \quad (2.41)$$

### 3. Penulangan pada Kaki (Toe)

Tulangan kaki berfungsi untuk menahan gaya tekan yang terjadi akibat tekanan tanah yang menekan kaki. Tulangan kaki biasanya berupa batang baja tulangan yang diletakkan di bagian bawah kaki. Penampang kritis untuk perhitungan geser diukur sejauh  $d$  (lebar efektif) dari muka dinding penahan tanah. Besar gaya geser terfaktor yang bekerja dihitung dari besar tegangan tanah dikali dengan faktor 1,6 dikurangi dengan berat sendiri bagian ujung kaki hingga jarak  $d$  (lebar efektif) dari muka dinding dikalikan dengan faktor 1,2 maka:

$$V_u = 1,6 (H4) . \left( \frac{q_{toe} + q_g}{2} \right) - 1,2 (H1.H4.\gamma_{beton}) \quad (2.42)$$

$$\phi V_c = \phi (0,17.\lambda.\sqrt{f' c} .b_w.d) > V_u \quad (2.43)$$

$$M_u = V_u \times \frac{H6}{2} \quad (2.44)$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi.b.d^2} \quad (2.45)$$

$$\rho_{perlu} = \frac{0,85.f_c}{f_y} \left[ 1 - \frac{\sqrt{2R_n}}{0,85.f_c} \right] \quad (2.46)$$

$$AS_{perlu} = \rho . b . d \quad (2.47)$$

$$AS_{min} = \frac{1,4}{f_y} b . d \quad (2.48)$$

Keterangan :  $H1$  = Tinggi kaki (m)