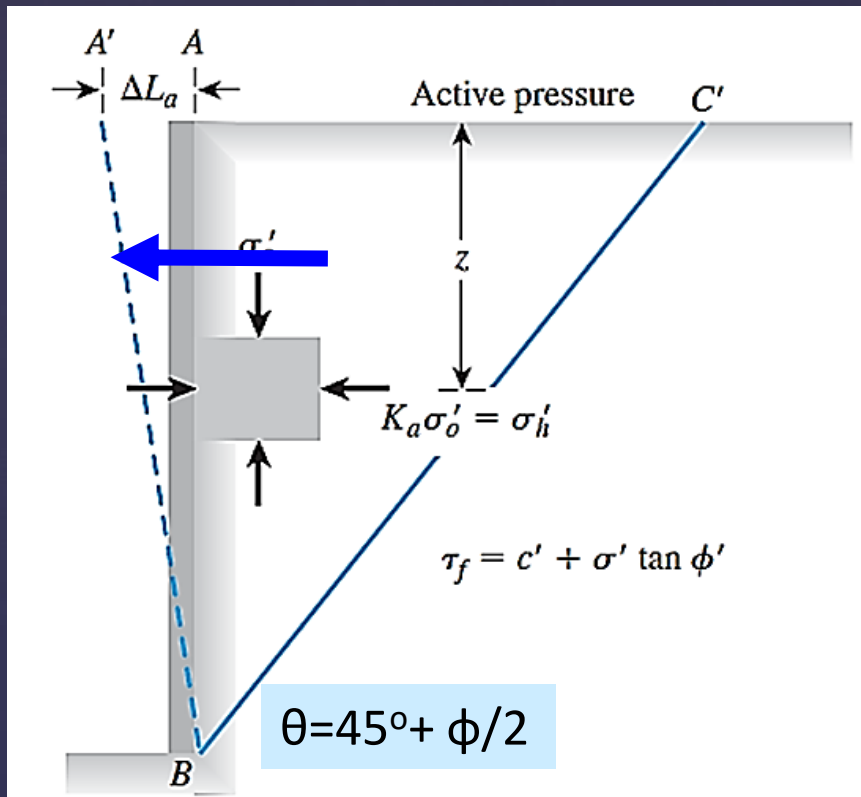


Tekanan Tanah
(*Earth Lateral Pressure*)

Dosen : Ir. Iswan, S.T.,M.T

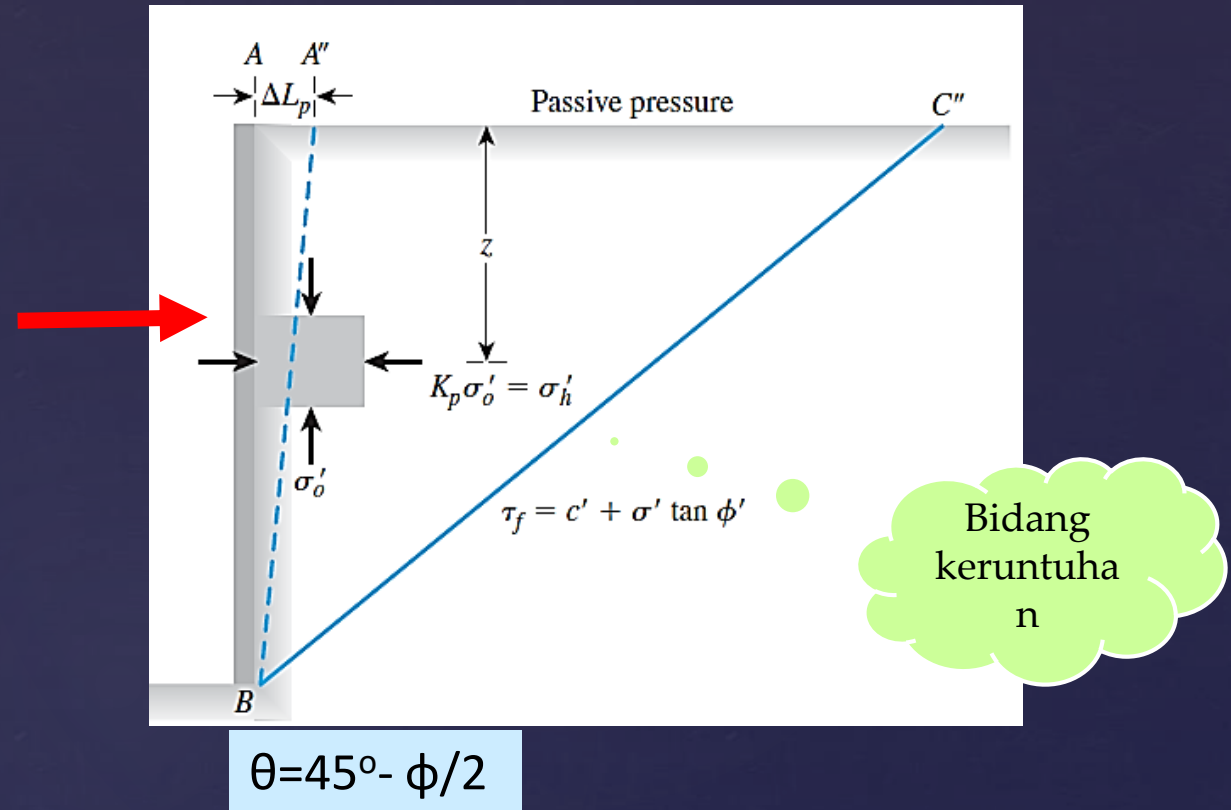
Tekanan Tanah Aktif



Dinding bergerak menjauhi tanah. Ini berakibat tegangan tanah lateral σ_h makin berkurang, sedangkan tegangan vertikal tanah σ_v tetap. Pergerakan tanah terus terjadi sampai mencapai keruntuhan (*failure*)

Keadaan tersebut dinamakan Kondisi Aktif Menurut Rankine (*Rankine's Active State*)

Tekanan Tanah Pasif



Dinding bergerak ke arah tanah, mengakibatkan tegangan lateral σ_h makin meningkat, sedangkan σ_v tetap. Pergerakan dinding ke arah tanah (kanan) sampai mencapai keruntuhan

Rumus Tekanan Tanah Lateral Menurut Rankine

A. Tanah yang mempunyai c dan ϕ

1. Kondisi tekanan tanah aktif

$$\sigma_a = \sigma'_v \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) - 2c \tan \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\sigma_a = \sigma'_v K_a - 2c \sqrt{K_a}$$

dimana: $K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$

2. Kondisi tekanan tanah pasif

$$\sigma_p = \sigma'_v \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

$$\sigma_p = \sigma'_v K_p + 2c \sqrt{K_p}$$

dimana: $K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$

B. Tanah yang hanya mempunyai c ($\phi = 0^\circ$)

1. Kondisi tekanan tanah aktif

$$\sigma_a = \sigma'_v \tan^2 (45^\circ) - 2c \tan (45^\circ) = \sigma'_v K_a - 2c \sqrt{K_a}$$

$$\sigma_a = \sigma'_v - 2c$$

dimana: $K_a = \tan^2 (45^\circ) = 1,0$

2. Kondisi tekanan tanah pasif

$$\sigma_p = \sigma'_v \tan^2 (45^\circ) + 2c \tan (45^\circ) = \sigma'_v K_p + 2c \sqrt{K_p}$$

$$\sigma_p = \sigma'_v + 2c$$

dimana: $K_p = \tan^2 (45^\circ) = 1,0$

C. Tanah yang hanya mempunyai ϕ ($c = 0^\circ$)

1. Kondisi tekanan tanah aktif

$$\sigma_a = \sigma'_v \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = \sigma'_v K_a$$

dimana: $K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right)$

2. Kondisi tekanan tanah pasif

$$\sigma_p = \sigma'_v \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) = \sigma'_v K_p$$

dimana:

$$K_p = \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\phi}{2} \right)$$

Aplikasi Tekanan Tanah

Back Fill Tanah Berpasir, tanah non kohesif ($c=0$)

$$\sigma_a = \sigma'_v K_a$$

Perhitungan tekanan tanah samping untuk beberapa kondisi back fil yaitu :

1. Permukaan B.F Datar
2. Permukaan B.F Datar, terendam
3. Permukaan B.F Datar, terendam sebagian, ada beban
4. Permukaan B.F Miring

A. Permukaan *Back Fill* datar tanpa air

1. Tekanan Tanah Aktif

Rumus umum tekanan tanah samping aktif metode Rankine:

$$\sigma_a = \sigma'_v \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) - 2c \tan \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Untuk tanah non kohesif, $c = 0$, maka:

$$\sigma_a = \sigma'_v \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)$$

Catatan:
Notasi tekanan σ sering juga dinotasikan sebagai P
Akan dituliskan sebagai P

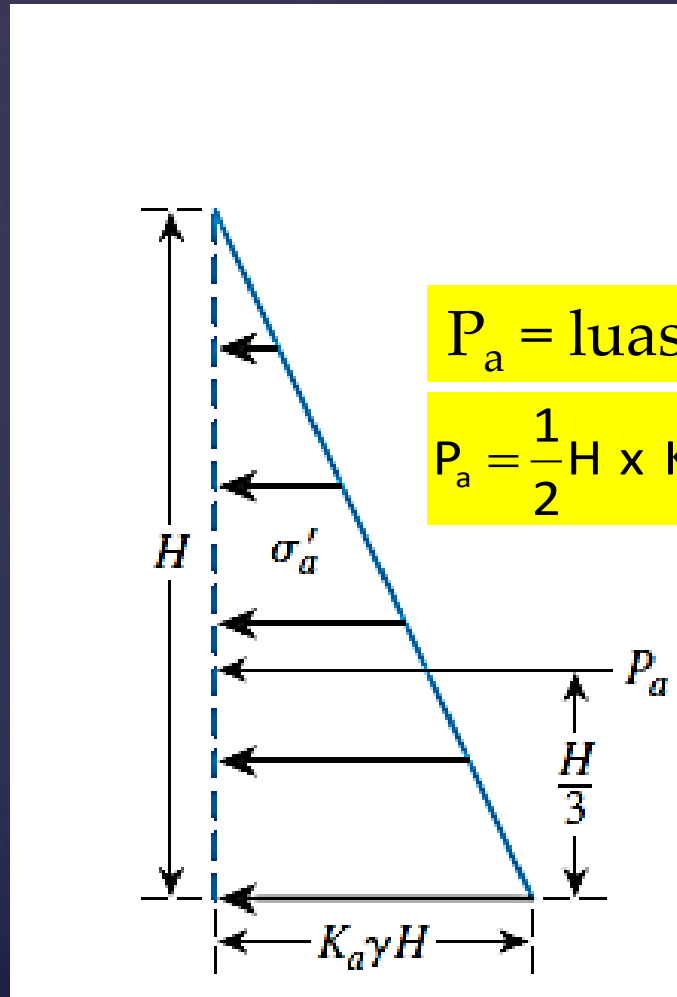
Sehingga tekanan tanah pada dinding AB adalah:

$$\sigma_a = \gamma H \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) = \gamma H K_a$$

Maka total gaya pada dinding AB merupakan luas segitiga adalah:

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a$$

Total gaya tersebut bekerja pada posisi $H/3$ dari dasar dinding

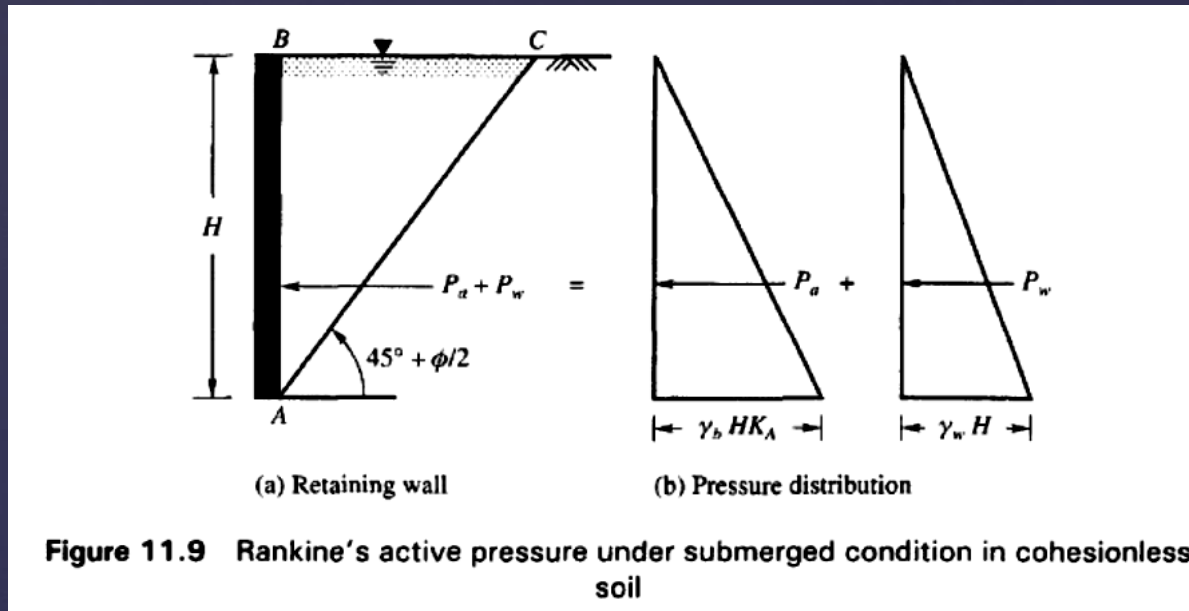


$$P_a = \text{luas } \Delta ABC$$

$$P_a = \frac{1}{2} H \times K_a \gamma H = \frac{1}{2} K_a \gamma H^2$$

B. Permukaan Back Fill datar, terendam seluruhnya

1. Tekanan Tanah Aktif



Apabila back fill terendam air seluruhnya, terdapat dua gaya yang menekan dinding pada kedalaman H, yaitu:

Tekanan tanah lateral aktif akibat tanah (terendam air)

$$\sigma'_a = \gamma' H K_a$$

Tekanan lateral akibat air

$$\sigma_{\text{water}} = \gamma_w H$$

Dimana, $\gamma_b =$ berat volume terendam $= \gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = \gamma'$

$\gamma_w =$ berat volume air. H = tinggi dinding.

Gaya total lateral pada dinding, yang bekerja pada $1/3H$

dihitung sebagai berikut:

$$P_a = \frac{1}{2} \sigma_a H + \frac{1}{2} \sigma_w H$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma' H^2 K_a + \frac{1}{2} \gamma_w H^2$$

2. Tekanan Tanah Pasif

Tekanan tanah pasif sama seperti pada tekanan tanah aktif, pada kedalaman H, yaitu:

$$\sigma_p = \gamma' H K_p \text{ lateral pasif akibat tanah (terendam air)}$$

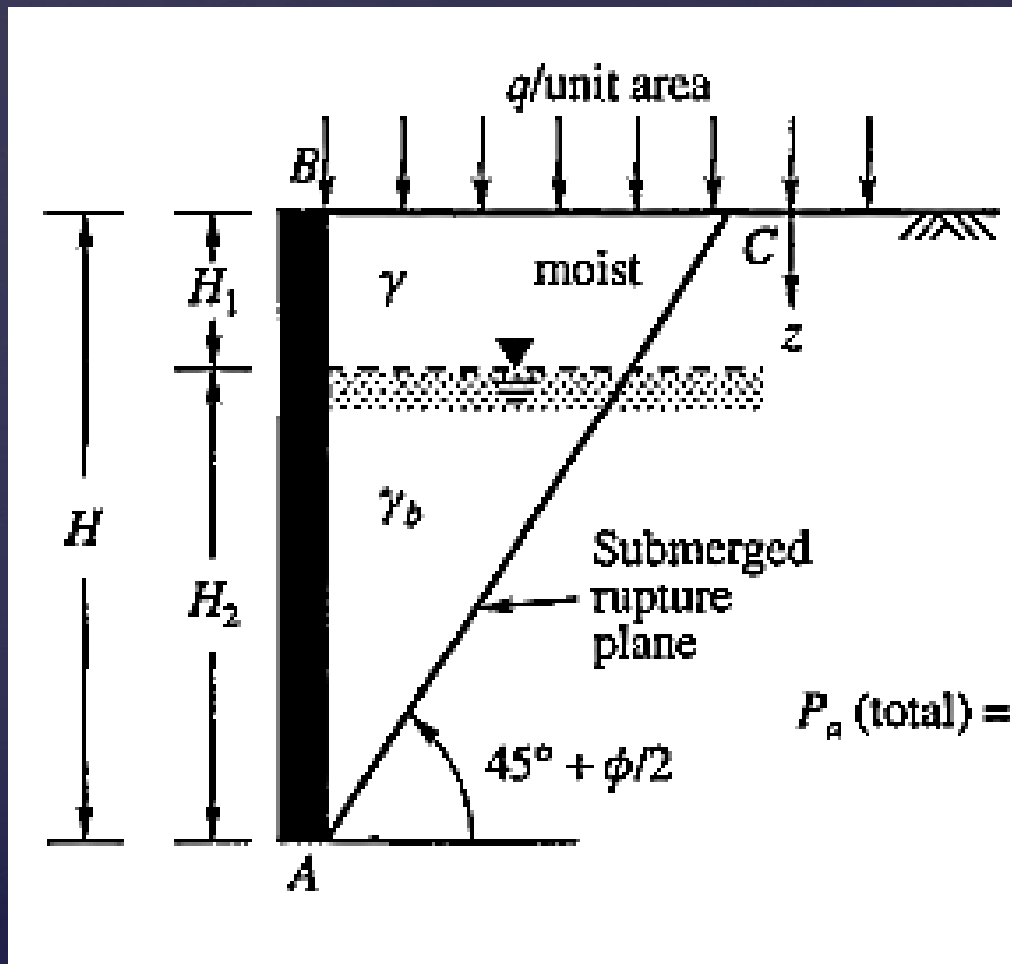
$$\sigma_{\text{water}} = \gamma_w H \text{ berat air}$$

Dimana, γ_b = berat volume submerged = $\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w = \gamma'$.

γ_w = berat volume air. H = tinggi dinding.

$$P_p = \frac{1}{2} \sigma_p H + \frac{1}{2} \sigma_w H \quad \text{tanpa} \quad P_p = \frac{1}{2} \gamma' H^2 K_p + \frac{1}{2} \gamma_w H^2 \text{ luas kedua segitiga:}$$

C. Permukaan *Back Fill* datar, terendam sebagian, beban (surcharge)



1. Tekanan Tanah Aktif

Sesuai Gambar disamping, distribusi tekanan tanah lateral yang bekerja pada dinding AB dapat dihitung sebagai berikut:

- Tekanan tanah lateral aktif beban *surcharge*:

- $\sigma_a = q K_a$ ah lateral aktif akibat tanah (terendam sebagian)

- $p_a = \gamma H_1 K_a + \gamma H_2 K_a = (\gamma H_1 + \gamma H_2) K_a$

Di $\sigma_{\text{water}} = \gamma_w H_2$ erat volume *submerged* ($\gamma_{\text{sat}} - \gamma_w$); γ_w = berat volume air. H = tinggi dinding.

Maka gaya P_a , yang bekerja pada dinding AB dapat dihitung sebagai berikut:

- Gaya tanah lateral aktif beban *surcharge*:

$$P_a = q H K_a$$

- Gaya tanah lateral aktif akibat tanah (terendam sebagian)

$$P_a = \frac{1}{2} H_1 (\gamma H_1 K_a) + H_2 (\gamma H_1 K_a) + \frac{1}{2} H_2 (\gamma' H_2 K_a) = \frac{1}{2} \gamma H_1^2 K_a + \gamma H_1 H_2 K_a + \frac{1}{2} \gamma' H_2^2 K_a$$

- Gaya lateral akibat air

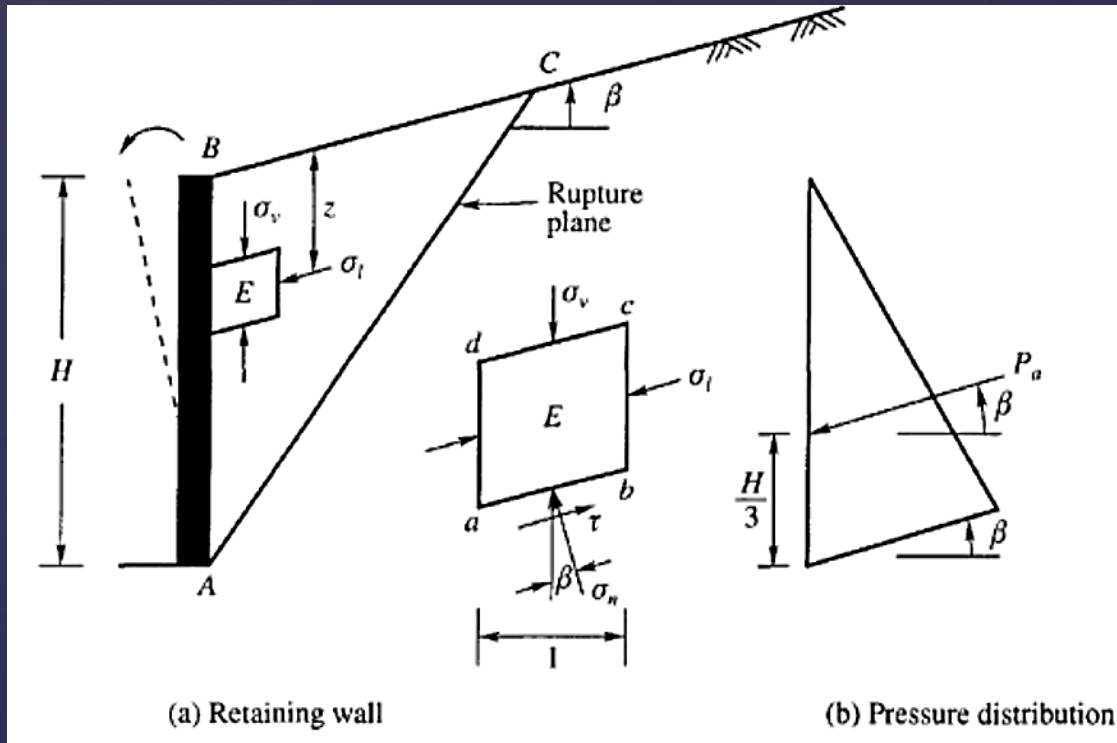
$$P_{\text{water}} = \frac{1}{2} \sigma_{\text{water}} H_2 = \frac{1}{2} \gamma_w H_2^2$$

Maka gaya total merupakan penjumlahan ketiga gaya tersebut di atas, dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P_a = q H K_a + \frac{1}{2} \gamma H_1^2 K_a + \gamma H_1 H_2 K_a + \frac{1}{2} \gamma' H_2^2 K_a + \frac{1}{2} \gamma_w H_2^2$$

D. Permukaan *Back Fill* datar tanpa air

1. Tekanan Tanah Aktif



$$\sigma_v = \frac{\gamma z}{1/\cos\beta} = \gamma z \cos\beta$$

= tegangan tanah vertikal yang bekerja pada bidang ab adalah:

σ_l = tegangan tanah lateral yang bekerja pada bidang bc = σ_h

$\tau = \sigma_v \sin\beta = \gamma z \cos\beta \sin\beta$ berbentuk tegangan normal, σ_n , dan tegangan geser, τ ,

$$\sigma_n = \sigma_v \cos\beta = \gamma z \cos\beta \cos\beta = \gamma z \cos^2\beta$$

Dimana:

ϕ = sudut geser tanah;

β = kemiringan back fill

2. Tekanan Tanah Pasif

Seperti gambar pada tanah aktif, hanya dibalik nilai tegangan mayor, maka tekanan tanah pasif untuk back fill miring adalah :

$$K_p = \cos \beta \frac{\cos \beta + \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}{\cos \beta - \sqrt{\cos^2 \beta - \cos^2 \phi}}$$



Koefisien tekanan tanah pasif Rankine untuk back fill miring

Back Fill Tanah Kohesif ($C \neq 0$)

1. Tekanan Aktif

⊗ Sebelum Retak

Untuk Tanah berkohesi

Untuk mengukur kedalaman retakan:

$$z_0 = \frac{2c\sqrt{K_a}}{\gamma K_a} = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}}$$

Rumus tekanan total:

$$P_a = \frac{1}{2} H^2 \gamma K_a - 2cH\sqrt{K_a}$$

Apabila kondisi *undrained*, dimana $\phi = 0^\circ$

Maka, $K_a = \tan^2(45^\circ) = 1$

Nilai kohesi kondisi *undrained* sebesar c_u , diperoleh nilai z_0 sebesar:

$$z_0 = \frac{2c_u}{\gamma}$$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 - 2c_u H$$

⊗ Setelah Retak:

Untuk Apabila $\phi = 0^\circ$, dan $K_a = 1$

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 - 2c_u H + 2 \frac{c_u^2}{\gamma}$$

2. Tekanan Pasif

Gaya pasif per satuan lebar dinding, yaitu:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p + 2cH\sqrt{K_p}$$

Untuk keadaan, $\varphi = 0^\circ$, $K_p = 1$, maka:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 + 2c_u H$$

Contoh soal:

Dinding penahan tanah tinggi 6 meter, mempunyai tanah urugan (backfill) terdiri 2 lapisan tanah yang berbeda sifatnya.

Lapisan atas, tebal 1,5 meter merupakan tanah lempung berpasir, $\varphi = 20^\circ$, kohesi, $c = 12,15 \text{ kN/m}^2$ dan $\gamma = 16,4 \text{ kN/m}^3$.

Lapisan bawah, tanah pasir, $\varphi = 30^\circ$, kohesi, $c = 0$ dan $\gamma = 17,25 \text{ kN/m}^3$

Tentukan:

- Gaya tekanan lateral aktif pada dinding
- Gambarkan diagram distribusi tekanannya

Penyelesaian:

a. Gaya tekan lateral aktif

Lapisan atas, tanah berlempung:

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi}{2}\right) = \tan^2\left(45^\circ - \frac{20}{2}\right) = 0,49$$

Merupakan tanah berkohesi, maka dihitung kedalaman daerah crack:

$$z_o = \frac{2c}{\gamma\sqrt{K_a}} = \frac{2(12,15)}{(16,14)\sqrt{0,49}} = \frac{25}{11,298} = 2,21 \text{ meter}$$

Karena daerah crack, $z_o > 1,5$ meter (lebih besar tebal lapisan tanah berlempung), bagaimana..?

Maka panjang daerah crack dianggap hanya sampai setebal lapisan tanah lempung, 1,5 meter.

a. Gaya tekan lateral aktif

Lapisan bawah, tanah lempung kepasiran :

$$K_a = \tan^2\left(45^\circ - \frac{30}{2}\right) = 0,33$$

Pada kedalaman, $z = 1,5$ meter, tekanan lateral aktif merupakan berat dari lapisan di atasnya tetapi menggunakan nilai $K_a = 0,33$, karena tekanan aktif untuk lapisan bawah, jadi:

$$\begin{aligned}\sigma'_a &= \sigma'_v K_a = \gamma z K_a \\ \sigma'_a &= (16,4)(1,5)(0,33) = 8,2 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

Selanjutnya, pada $z = 6$ meter, tekanan lateral aktif adalah:

$$\begin{aligned}\sigma'_a &= \sigma'_v K_a = 8,2 + \gamma z K_a \\ \sigma'_a &= 8,2 + (17,25)(4,5)(0,33) = 8,2 + 25,62 = 33,82 \text{ kN/m}^2\end{aligned}$$

a. Gaya tekan lateral aktif

Besar gaya tekanan lateral aktif:

Akibat lapisan tanah atas:

$$P_{a-1} = (8,2)(4,5) = 36,9 \text{ kN/m}$$

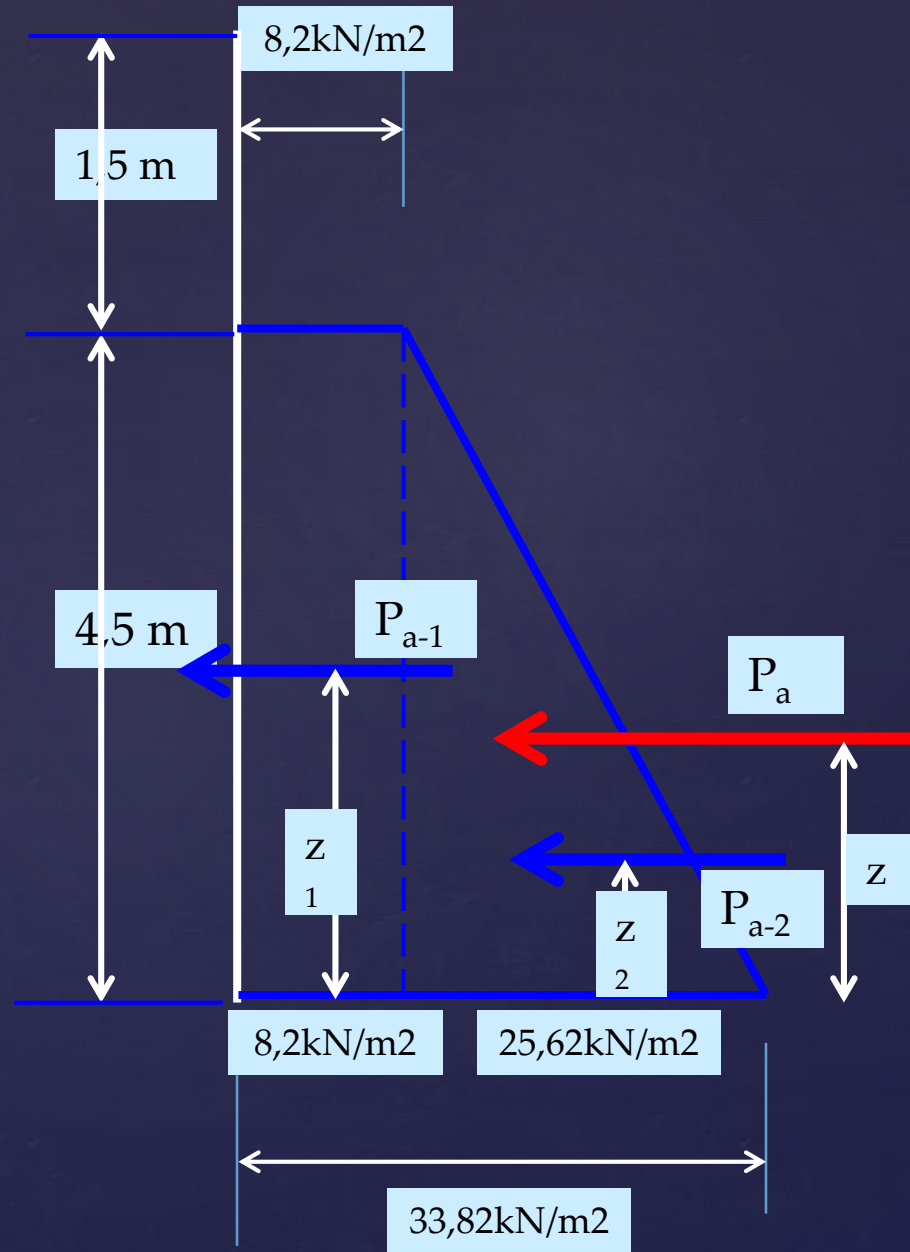
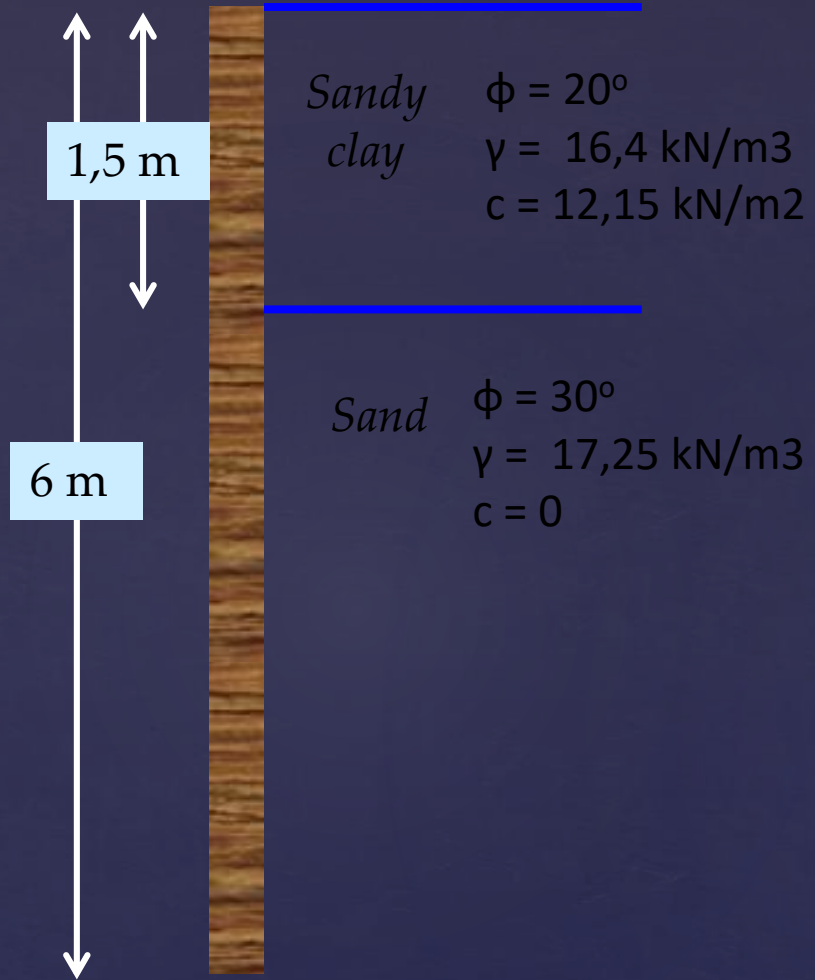
Akibat lapisan tanah bawah :

$$P_{a-2} = \frac{1}{2}(25,62)(4,5) = 57,64 \text{ kN/m}$$

Total:

$$P_{a-2} = P_{a-1} + P_{a-2} = 36,9 + 57,64 = 94,545 \text{ kN/m}$$

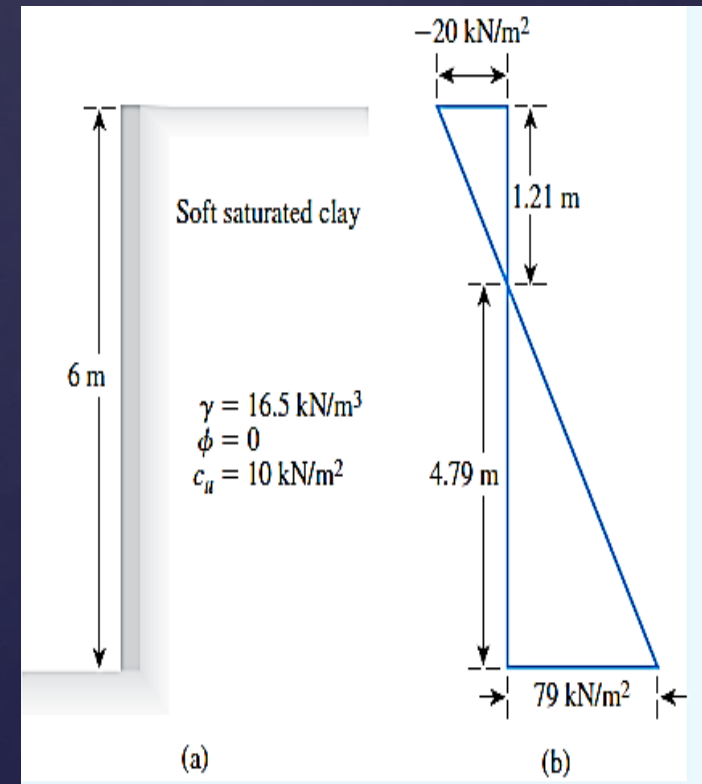
$$\bar{z} = \frac{(P_{a-1})(z_1) + (P_{a-2})(z_2)}{P_a} = \frac{(36,9)(1/2 \times 4,5) + 57,64(1/3 \times 4,5)}{94,545} = \frac{169,4}{94,545} = 1,79 \text{ m}$$



Contoh soal

1. Sebuah dinding penahan dengan urugan yang terdiri dari tanah lempung lembek dan jenuh seperti ditunjukkan pada Gambar dibawah. Untuk keadaan tanah urugan yang (undrained). Tentukan :

- Kedalaman maksimum retakan tarik
- P_a sebelum retak terjadi
- P setelah retak tarik terjadi



Jawaban :

Untuk $\phi = 0$, $K_a = \tan^2 45 = 1$ dan $c = c_u$. Dari rumus :

$$\sigma_a = \gamma z - 2c_u$$

Pada $z = 0$

$$\sigma_a = -2c_u = -(2)(10) = -20 \text{ kN/m}^2$$

Pada $z = 6 \text{ m}$

$$\sigma_a = (16.5)(6) - (2)(10) = 79 \text{ kN/m}^2$$

Bagian a

Kedalaman retakan tarik sama dengan :

$$z_o = \frac{2c_u}{\gamma} = \frac{(2)(10)}{16.5} = 1.21 \text{ m}$$

Bagian b

Sebelum retakan terjadi (Rumus 13.51) :

$$P_a = \frac{1}{2}\gamma H^2 - 2c_u H$$

atau :

$$P_a = \frac{1}{2}(16.5)(6)^2 - 2(10)(6) = 177 \text{ kN/m}$$

Bagian c

Setelah retakan terjadi :

$$P_a = \frac{1}{2}(6 - 1.21)(79) = 189.2 \text{ kN/m}$$