

## BAB II

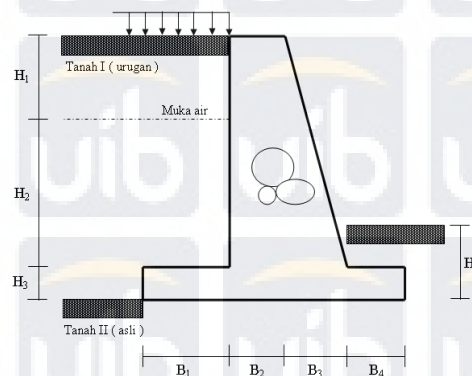
### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Definisi Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah merupakan struktur yang dibangun untuk menahan material seperti pasir, batu-batuan alam, dan tanah yang berada dibelakangnya.

Dinding penahan tanah juga dibangun untuk mencegah material-material tersebut longsor akibat beban tambahan seperti adanya perkerasan jalan, kendaraan, jembatan, dan lain-lain. Setiap dinding penahan tanah pada umumnya mempunyai prinsip untuk mengganjal tanah. Hal ini bertujuan untuk menghindari beban lateral yang besar dari material yang ada dibelakangnya (aboutcivil.org, 2019)

Dinding penahan tanah dapat dibangun menggunakan beberapa diantaranya beton, batuan pecah, batuan dengan mortar, kayu, dan lainnya. Hal yang harus diperhatikan saat membangun dinding penahan tanah adalah desain bangunan harus mampu menahan beban lateral yang ada dibelakang dinding penahan tanah, dan juga dinding penahan tanah harus bersifat rigid atau kaku sehingga dapat menahan beban lateral secara maksimal sesuai yang telah direncanakan.



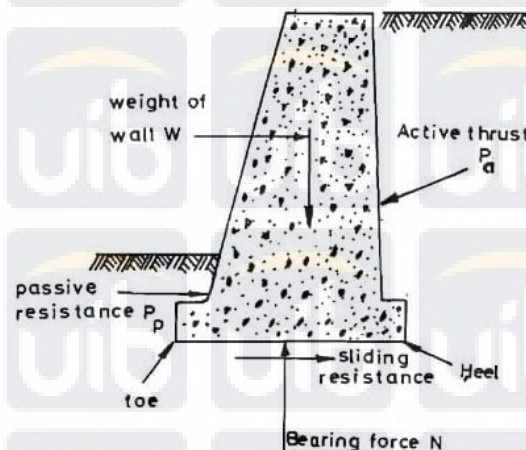
Gambar 2.1 Dinding penahan tanah.

## 2.2. Tipe Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah memiliki beberapa tipe, hal ini disesuaikan oleh fungsi dan kegunaannya, adapun beberapa jenis dinding penahan tanah yaitu :

### 2.2.1. Gravity Retaining Wall

Dinding penahan tanah ini bergantung pada beban struktur dinding penahan tanah itu sendiri, cara kerjanya adalah beban struktur akan menahan beban material yang ada dibelakangnya sehingga material tidak mengalami kelongsoran. Jenis dinding penahan tanah ini memerlukan massa bangunan struktur yang cukup kuat untuk menahan tekanan tanah.



Gambar 2.2. Gravity Retaining Wall

### 2.2.2. Crib Retaining Wall

Dinding penahan tanah ini berbentuk seperti tumpukan kotak-kotak kecil yang tersusun rapi dan posisinya cenderung miring. Tumpukan kotak-kotak tersebut nantinya akan dipenuhi oleh batu-batuan kecil dan pasir hal ini untuk merapatkan massa yang ada pada tumpukan kota agar dapat meminimalisir depresiasi yang diakibatkan oleh perbedaan gradasi dan

butiran pada material. Dinding penahan tanah jenis ini cocok untuk lahan miring yang akan ditanami tumbuhan atau dijadikan kebun, akan tetapi tidak bias digunakan sebagai tumpuan struktur.



Gambar 2.3. Crib Retaining Wall

### 2.2.3. Gabion Retaining Wall

Konstruksi dinding penahan tanah jenis ini berupa kumpulan bebatuan yang diikat dengan kawat logam galvanis agar material tetap rapat dan tidak berpecah. Penempatan dinding penahan tanah ini mirip seperti tangga. Dimana tiap ikatan logam yang berisi batuan/agregat akan ditumpuk rapi secara bertingkat mirip seperti anak tangga. Dinding penahan tanah jenis ini bagus untuk mengontrol erosi tanah dan juga ramah lingkungan dan hemat biaya.



Gambar 2.4. Gabion Retaining Wall

#### 2.2.4. Cantilever Retaining Wall

Konstruksi dinding penahan tanah yang satu ini memiliki ciri khas Dimana plat lebih lebar dan juga biasanya konstruksi dinding memiliki stem yang lebih tebal dari biasanya. Hal ini dikarenakan pada dinding penahan tanah model kantilever posisi stem tegak lurus untuk menahan beban lateral pada tanah. Pada dinding penahan tanah jenis kantilever, perencanaan harus memperhatikan tebal plat dan stem secara matang agar dapat menahan beban lateran tanah dan tidak guling saat terjadi momen.

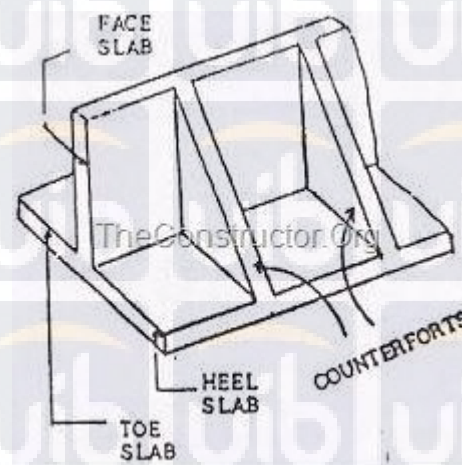


Gambar 2.5. Cantilever Retaining Wall



### 2.2.5. Buttressed Retaining Wall

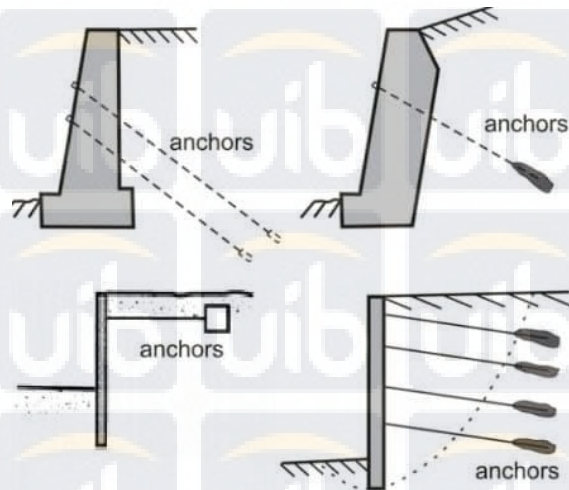
Konstruksi dinding penahan tanah ini hampir sama dengan tipe kantilever hanya saja pada jenis ini menggunakan tambahan penopang dibelakang plat untuk membantu menahan beban lateral dari tanah. Penopang tersebut dapat membantu mendistribusikan beban sehingga pendistribusian beban menjadi merata tidak terpusat di satu titik.



Gambar 2.6. Buttressed Retaining Wall

### 2.2.6. Anchored Retaining Wall

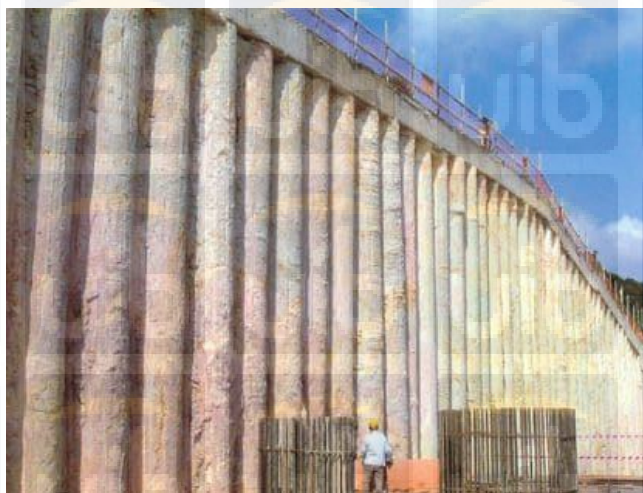
Konstruksi dinding penahan tanah ini sangat cocok digunakan pada lahan yang terbatas hal ini dikarenakan konstruksi dinding penahan tanah dimensinya cukup langsing sehingga tidak membutuhkan lahan yang luas untuk pemasangannya. Konstruksi ini sangat direkomendasikan untuk tanah yang longgar dan diantara bebatuan. Dinding penahantana jenis ini memiliki seperti kabel yang berfungsi menambah kekuatan dari dinding penahan tanah itu sendiri.



Gambar 2.7. Anchored Retaining Wall

### 2.2.7. Piled Retaining Wall

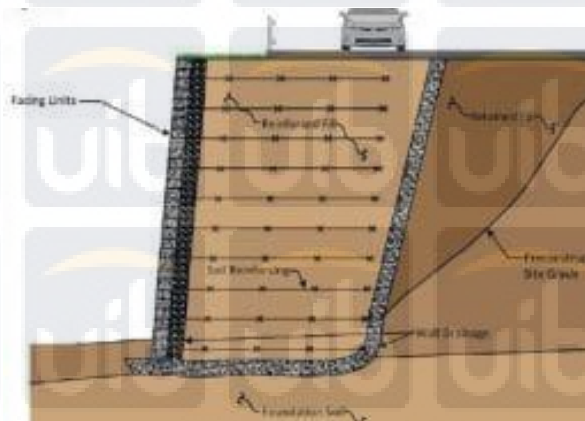
Konstruksi dinding penahan tanah yang satu ini bias dibilang lebih rumit, hal ini dikarenakan pada dinding penahan tanah akan dipancang beberapa tiang sesuai dengan perencanaan agar kekuatan dinding maksimal. Jenis dinding penahan tanah ini merupakan salah satu yang paling kuat akan tetapi disisi lain juga memakan biaya yang cukup besar apabila kita bandingkan dengan jenis dinding penahan tanah yang lain.



Gambar 2.8. Piled Retaining Wall

### 2.2.8. Mechanically Stabilized Earth (MSE) Retaining Wall

Konstruksi dinding penahan tanah ini distabilkan secara mekanis yang didukung oleh tanah granular dan bebatuan sehingga mendukung plat menahan beban lateral dibelakangnya. Konstruksi tipe ini termasuk balok beton, panel dan dinding penahan sementara yang bisa dibongkar jika sudah tidak diperlukan.



Gambar 2.9. Mechanically Stabilized Earth (MSE) Retaining Wall

## 2.3. Tekanan Tanah Lateral

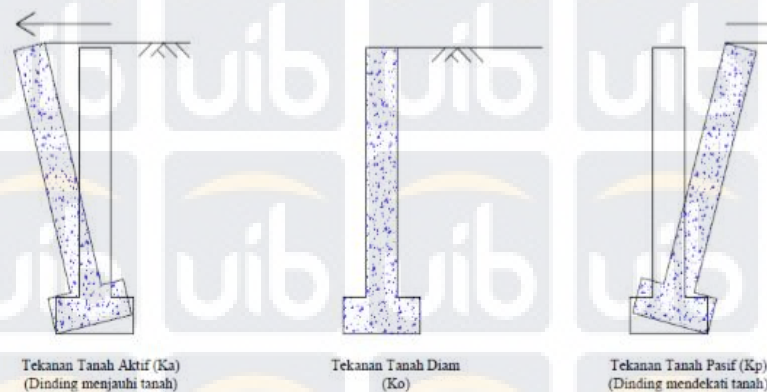
Tekanan tanah lateral merupakan gaya yang muncul akibat adanya pergerakan berupa dorongan dari tanah yang berada di belakang struktur dinding penahan tanah. Besarnya gaya lateral tanah dipengaruhi oleh sifat tanah dan letak dari dinding penahan tanah itu sendiri.

Jika dinding penahan tanah dibangun pada kondisi Dimana dinding harus menahan bebatuan solid, maka bisa dianggap tekanan yang disebabkan oleh

bebatuan tersebut diabaikan akan tetapi apabila dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan air, maka tekanan air harus diperhitungkan.

Tekanan tanah yang terjadi dibelakang dinding penahan tanah harus diperhitungkan secara teliti, hal ini dikarenakan banyak variable yang harus diperhitungkan. Gaya lateral pada tanah memengaruhi struktur dinding yang akan dibuat. Adapun tekanan tanah lateral dibedakan menjadi 3 keadaan yaitu :

1. Tekanan tanah dalam keadaan diam (Soil pressure at rest)
2. Tekanan tanah aktif (Active earth pressure)
3. Tekanan tanah pasif (Passive earth pressure)

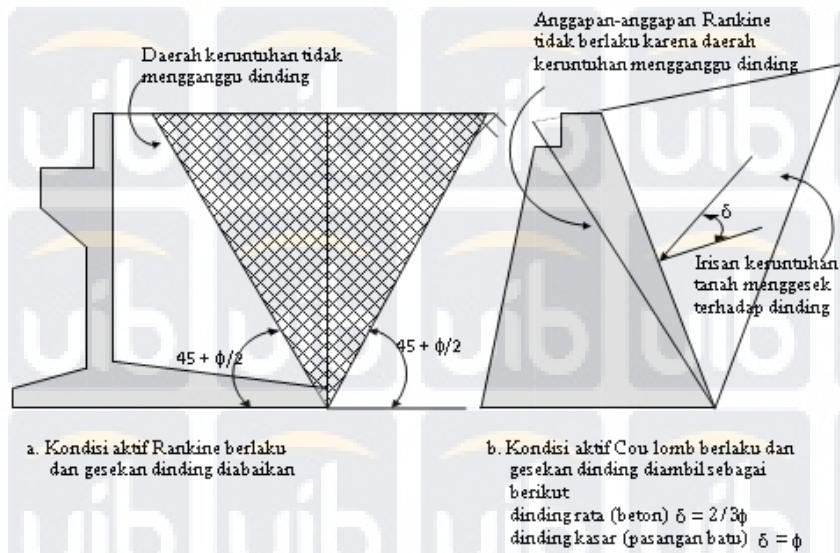


Gambar 2.10. Jenis tekanan tanah berdasarkan arah pergerakan dinding

Tinggi dinding penahan tanah dan besarnya gaya lateral yang bekerja akan memengaruhi ketebalan dari dinding penahan tanah. Berikut tabel pengaruh korelasi antara jenis tanah, tinggi dinding dan perpindahan akibat gaya lateral yang bekerja.

Bidang keruntuhan merupakan factor yang harus diperhitungkan untuk merencanakan dinding penahan. Bidang keruntuhan bisa diprediksi sesuai dengan arah tekanan lateral tanah dan sudut kemiringan yang terbentuk.





Gambar 2.11 Kondisi bidang keuntuhan menurut Teori Rankine dan Teori Coulumb

Jenis Tanah	x Aktif
Pasir Padat	0,001H– 0,002H
Pasir Lepas	0,002H– 0,004H
Lempung Keras	0,01H– 0,02H
Lempung Lunak	0,02H– 0,05H

Tabel 2.1. Hubungan tinggi dan jenis dinding untuk tekanan lateral aktif

Jenis Tanah	x pasif
Pasir Padat	0,005H
Pasir Lepas	0,01H
Lempung Keras	0,01H
Lempung Lunak	0,05H

Tabel 2.2. Hubungan tinggi dan jenis dinding untuk tekanan lateral pasif

### 2.3.1. Tekanan tanah dalam keadaan diam (Soil pressure at rest)

Tekanan tanah jenis ini terjadi apabila suatu dinding penahan tanah berada didalam tanah dan posisi nya sama sekali tidak bisa bergerak. Hal ini dinyatakan

dalam persamaan :

$$P_0 = K_0 \times \gamma \times H$$

Dimana :  $\gamma$  : Berat volume tanah

$K_0$  : Koefisien tekanan tanah saat keadaan diam

Apabila tanah terkonsolidasi secara normal maka untuk  $K_0$  (Jaky,1944)

$$K_0 = 1 - \sin \phi'$$

Dimana  $\phi'$  : Gesekan sudut puncak saat kering.

Apabila tanah lempung dalam konsolidasi normal, koefisien tekanan tanah

dapat didekati saat dalam keadaan diam (Broker dan Irlandia, 1965) yaitu :

$$K_0 = 0,95 - \sin \phi'$$

$$K_0 = 0,4 + 0,007(PI) \quad \text{untuk } PI \text{ antara } 0 \text{ dan } 40$$

$$K_0 = 0,64 + 0,001(PI) \quad \text{untuk } PI \text{ antara } 40 \text{ dan } 80$$

dimana:  $PI = \text{Plastic Index} / \text{Indek Plastisitas}$

Apabila tanah lempung lebih konsolidasi maka :

$$k_{o(\text{overconsolidated})} = k_{o(\text{normallyconsolidated})} \sqrt{OCR}$$

Dimana :  $OCR = \text{Over Consolidation Ratio}$

Soil Type	OCR = 1	OCR = 2	OCR = 5	OCR = 10
Loose Sand	0,50	0,65	1,10	1,50
Medium Dense Sand	0,40	0,60	1,05	1,55
Dense Sand	0,35	0,55	1,00	1,50
Silt	0,50	0,70	1,10	1,60
Lean Clay, CL	0,60	0,80	1,20	1,65
High Plasticity Clay, CH	0,65	0,80	1,10	1,40

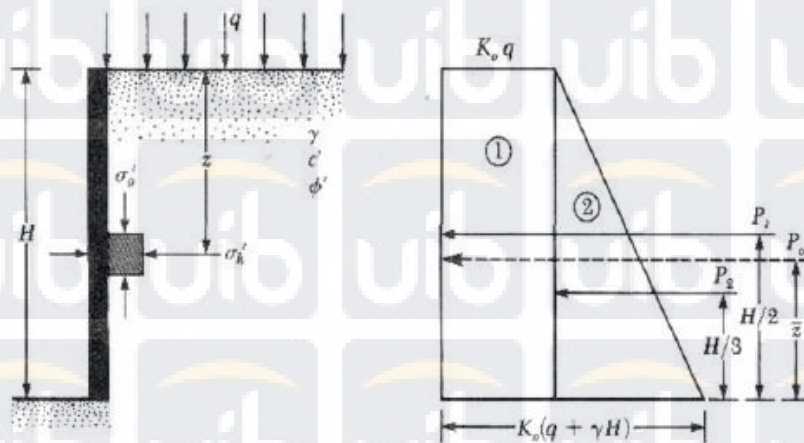
Tabel 2.3. Nilai tipikal  $K_0$

Jumlah total tegangan persatuan panjang dari dinding diperoleh dari daerah diagram tekanan yaitu :

$$P_o = P_1 + P_2 = qK_o H + \frac{1}{2} \gamma H^2 K_o$$

$$P_o = A_1 + A_2 = qK_o H + \frac{1}{2} \gamma H^2 K_o$$

Adapun lokasi gaya resultante dapat diperoleh dengan cara mengambil momen yang ada dibawah dinding.



Gambar 2.12. Momen pada dinding

$$\bar{z} = \frac{P_1 \left( \frac{H}{3} \right) + P_2 \left( \frac{H}{3} \right)}{P_o}$$

Dimana :  $\bar{z}$  = Kedalaman ( m )

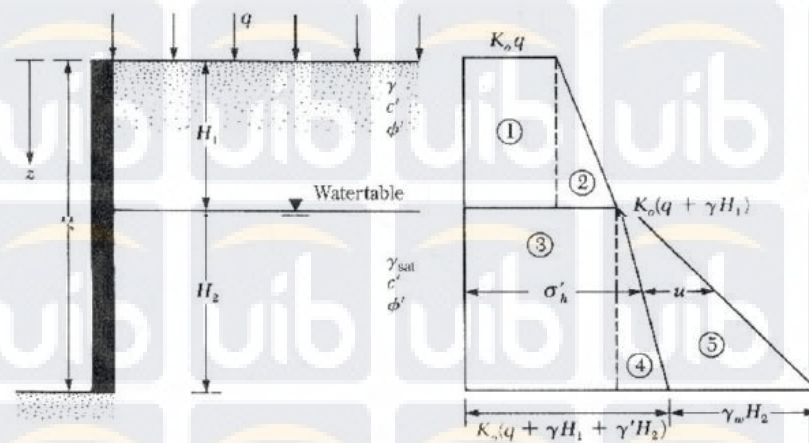
$P_1$  = Tekanan pada titik 1 ( kN/m )

$P_2$  = Tekanan pada titik 2 ( kN / m )

$P_o$  = Jumlah kekuatan total ( kN/ m )

Apabila air tanah berada pada kedalaman  $z < H$ , pada saat kondisi diam

maka akan terlihat seperti gambar dibawah ini :

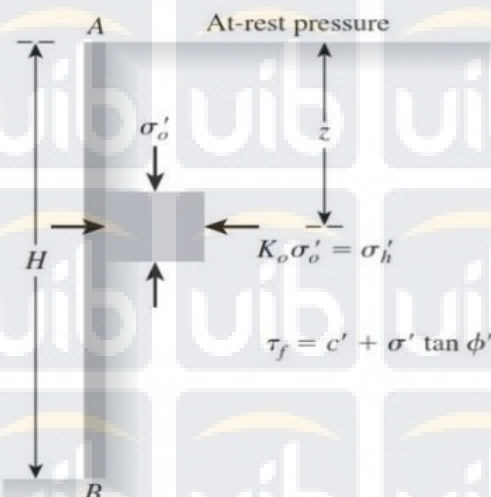


Gambar 2.13. Tekanan Tanah

Adapun persamaan umum untuk menghitung jumlah tegangan jika terdapat muka air tanah :

$$P_o = A_1 + A_2 + A_3 + A_4 + A_5$$

$$P_o = K_o q H_1 + \frac{1}{2} \gamma H_1^2 K_o + K_o (q + \gamma H_1) H_2 + \frac{1}{2} \gamma H_2^2 K_o + \frac{1}{2} \gamma_w H_2^2$$



Gambar 2.14. Tekanan tanah dalam keadaan diam.

Tekanan tanah tidak merubah posisi dari dinding penahan tanah akan tetapi tanah harus diperhitungkan agar tetap seimbang dan tidak mengalami konsolidasi akibat tekanan lateral maupun berat sendiri. Apabila tidak ada perubahan letak (displacement) maka tegangna geser arah horizontal dan vertikal dapat kita abaikan.

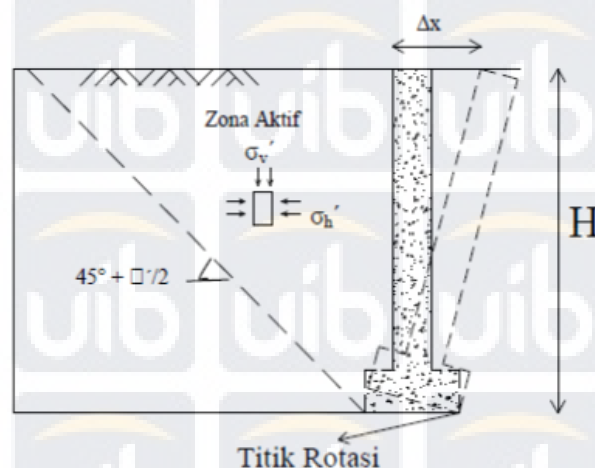


### 2.3.2. Tekanan tanah aktif (Active earth pressure)

Tekanan tanah aktif terjadi apabila tekanan yang bekerja mengakibatkan dinding menjauhi beban yang ditahan (Rankine). Tekanan lateral akan mendorong dinding menjauhi titik tumpunya yang menyebabkan timbulnya momen.

Adapun Teori Rankine (1857) mengenai tanah aktif dan tanah pasif menyatakan bahwa :

1. Antara Dinding dan tanah tidak memiliki gaya friksi dan adhesi ( Hal ini dikarenakan nilai dari friksi terlalu kecil sehingga dapat diabaikan )
2. Tekanan lateral yang boleh terjadi hanya pada dinding vertical dengan sudut  $90^\circ$
3. Kelongsoran yang terjadi ketika proses pengurangan tanah merupakan akibat dari adanya pergeseran tanah. Kondisi longsor sangat dipengaruhi oleh sudut kemiringan lahan yang ada.
4. Tekanan lateral selalu bervariasi linier terhadap kedalaman tekanan pada sepertiga dinding
5. Gaya bersifat variable pada permukaan tanah urugan.



Gambar 2.15. Tekanan tanah aktif

Berdasarkan teori lingkaran Mohr (Mohr-Coulumb) apabila ada sebuah pergerakan pada dinding yang membuat  $x$  menjadi semakin besar maka pada akhirnya lingkaran Mohr dapat menyentuh sudut keruntuhan sekitar  $(45 + \frac{\phi'}{2})$ , dan pada akhirnya tahanan geser tanah akan mengikuti persamaan :

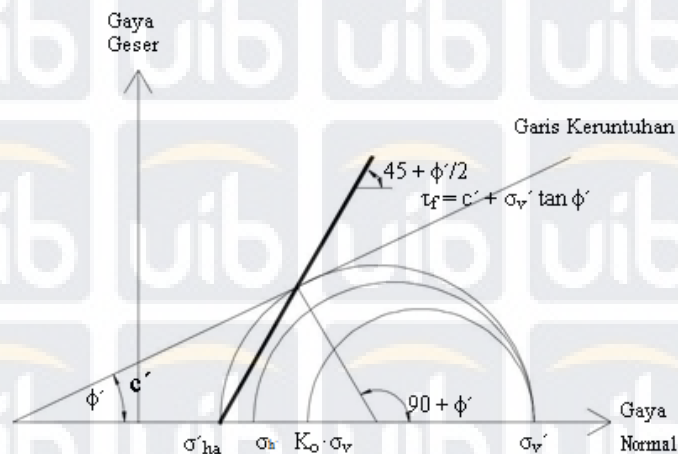
$$\tau_f = c' + \sigma_v' \tan \phi'$$

Dimana:  $\tau_f$  = Tahanan Geser Tanah

$\sigma_v'$  = Tahanan Efektif Tanah

$\phi'$  = Sudut Geser Tanah

$c'$  = Kohesi Tanah



Gambar 2.16. Lingkaran Mohr tekanan aktif.

Adapun besar gaya yang bekerja akan mengikuti persamaan sebagai berikut :

$$\sigma'_v = \sigma'_1$$

$$\sigma'_h = \sigma'_3$$

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2}\right) + 2c' \tan \left(45 - \frac{\phi'}{2}\right)$$

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2}\right) - 2c' \tan \left(45 - \frac{\phi'}{2}\right)$$

Dimana:  $\sigma'_h$  = Tekanan Lateral pada Tanah

$\sigma'_v$  = Tekanan Efektif pada Tanah

$K_a$  = Koefisien Tekanan Tanah kondisi Aktif,  $K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2}\right)$

$c'$  = Kohesi pada Tanah

$\phi$  = Sudut Geser pada Tanah

Apabila  $K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2}\right)$ , sehingga besar tekanan saat runtuh mengikuti

aturan pada persamaan yang disebut Bell's Equation yaitu :

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

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

Dimana:  $\sigma'_{ha}$  = Tekanan Lateral kondisi Aktif

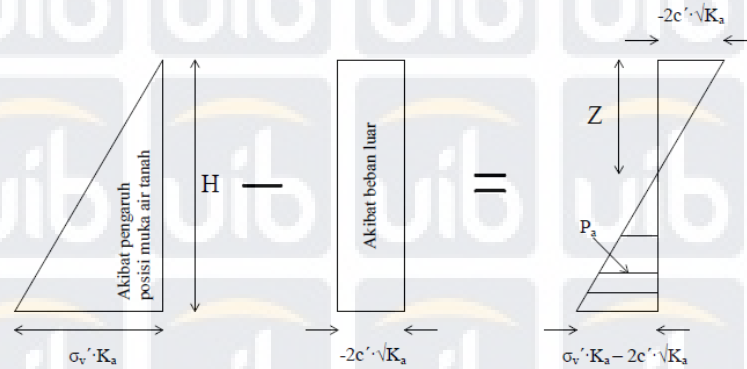
$\sigma'_v$  = Tekanan Efektif pada Tanah

$\phi$  = Sudut Geser pada Tanah

$c'$  = Kohesi pada Tanah

$K_a$  = Koefisien Tekanan Tanah saat kondisi Aktif,  $K_a = \tan^2 (45 - \frac{\phi'}{2})$

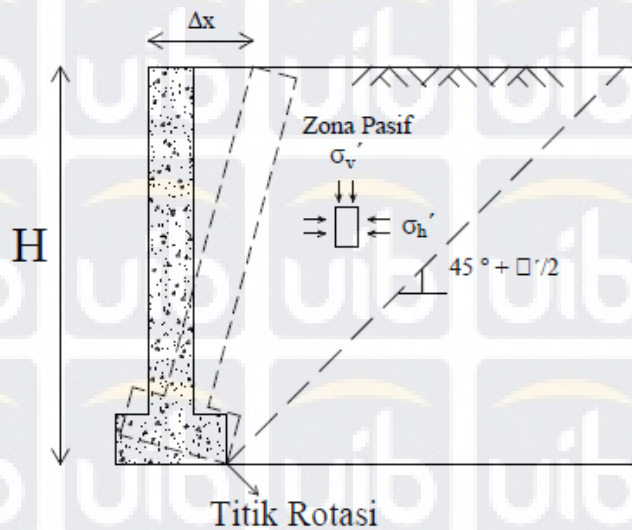
Resultan yang terjadi akibat tekanan aktif mendapatkan beban luar dan pengaruh dari adanya muka air tanah dapat dideskripsikan pada gambar berikut :



Gambar 2.17 Resultan tekanan tanah aktif

2.3.3. Tekanan tanah pasif (Passive earth pressure)

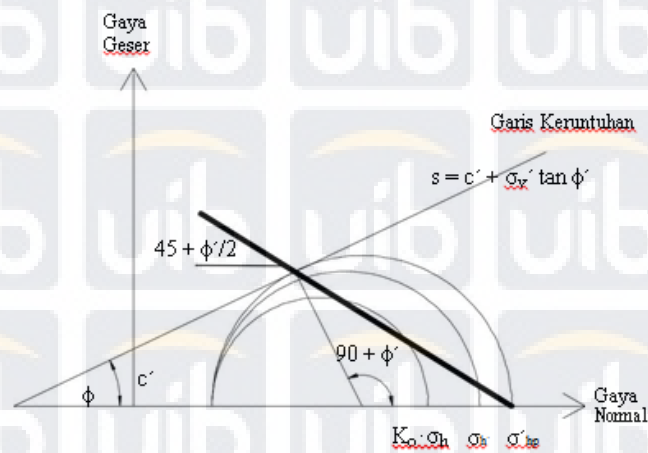
Tekanan tanah pasif terjadi apabila gaya dari tekanan lateral yang bekerja mengakibatkan dinding penahan tanah mendekati tanah yang ditahan (Rankine).



Gambar 2.18. Tekanan Tanah Pasif



Berdasarkan teori lingkaran Mohr (Mohr-Coulomb), apabila ada sebuah pergerakan yang membuat X menjadi semakin besar maka pada akhirnya lingkaran Mohr akan menyentuh titik keruntuhan. Sehingga tahanan geser harus mengikuti persamaan  $\tau_f = c' + \sigma_v' \tan \phi$ .



Gambar 2.19 Lingkaran Mohr saat gaya pasif

Besar gaya yang bekerja berdasarkan persamaan berikut ini yaitu :

$$\sigma_v' = \sigma_1$$

$$\sigma_h' = \sigma_3$$

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi'}{2} \right) + 2c' \tan \left( 45 - \frac{\phi'}{2} \right)$$

Dimana:  $\sigma_h'$  = Tekanan Lateral pada Tanah

$\sigma_v'$  = Tekanan Efektif pada Tanah

$\phi$  = Sudut Geser Tanah

$c'$  = Kohesi pada Tanah

$K_p$  = Koefisien Tekanan Tanah dalam kondisi Pasif,

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

Apabila  $K_p = \tan^2 (45 + \phi'/2)$ , besar dari tekanan lateral ketika keruntuhan terjadi sebagai berikut :

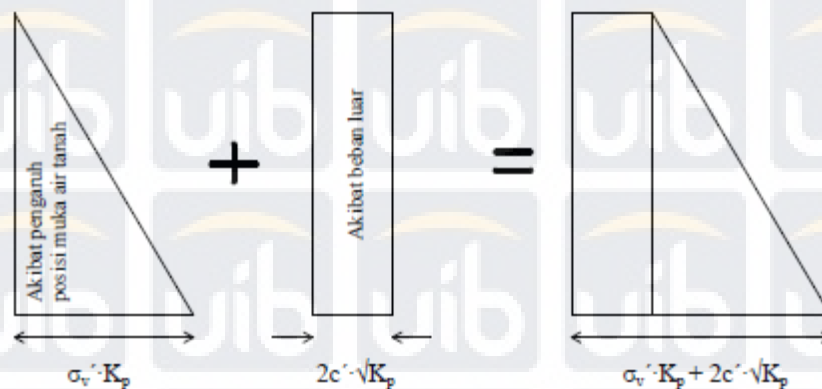
$$\sigma'_{hp} = \sigma'_v \tan^2 (45 - \frac{\phi'}{2}) - 2c' \tan (45 - \frac{\phi'}{2})$$

$$\sigma'_{hp} = \sigma'_v K_p - 2c' \cdot \sqrt{K_p}$$

Dimana:

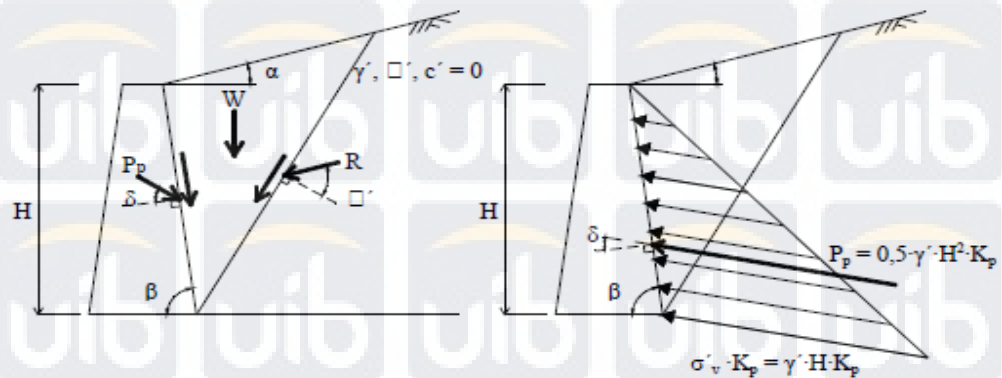
- $\sigma'_{hp}$  = Tekanan Lateral kondisi Pasif
- $\sigma'_v$  = Tekanan Efektif pada Tanah
- $\phi$  = Sudut Geser Tanah
- $c'$  = Kohesi pada Tanah
- $K_p$  = Koefisien Tekanan Tanah dalam kondisi Pasif ,
- $K_p = \tan^2 (45 + \frac{\phi'}{2})$

Resultan dari tekanan pasif akibat beban dari luar dan pengaruh tekanan air dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.20. Resultan akibat tekanan tanah pasif

Pada tekanan pasif menurut Teori Coloumb gaya yang bekerja pada dinding dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.21. Konsep gaya pada tekanan pasif (Teori Coloumb)

- Dimana :
- H = Tinggi dari Dinding Penahan Tanah
  - Kp = Koefisien Tekanan Tanah Pada Saat Kondisi Pasif,  

$$Kp = \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi'}{2} \right)$$
  - Pp = Total Tekanan Tanah Saat Kondisi Pasif
  - $\beta$  = Sudut Kemiringan dari Dinding Penahan Tanah
  - W = Berat Tanah di Baji Keruntuhan
  - R = Gaya Perlawanan Akibat Kelongsoran
  - $c'$  = Kohesi pada Tanah
  - $\phi$  = Sudut Geser Pada Tanah
  - $\delta$  = Sudut Dilatasi di Titik Pa

#### 2.4. Muka Air Tanah

Muka air tanah merupakan salah satu unsur yang dapat memengaruhi

Struktur dari dinding penahan tanah. Kadar air tanah menyebabkan berat isi tanah menjadi terendam dan harus diperhitungkan karena menambah beban yang harus ditahan oleh dinding.

$$\begin{aligned} \gamma &= \gamma_b = \gamma_{sub} \\ \gamma' &= \gamma - \gamma_w \end{aligned}$$

Dimana :  $\gamma = \gamma_t =$  berat isi dari tanah

$\gamma' = \gamma_b = j_{sub} =$  berat isi dari tanah terendam

$\gamma_w =$  berat isi dari air

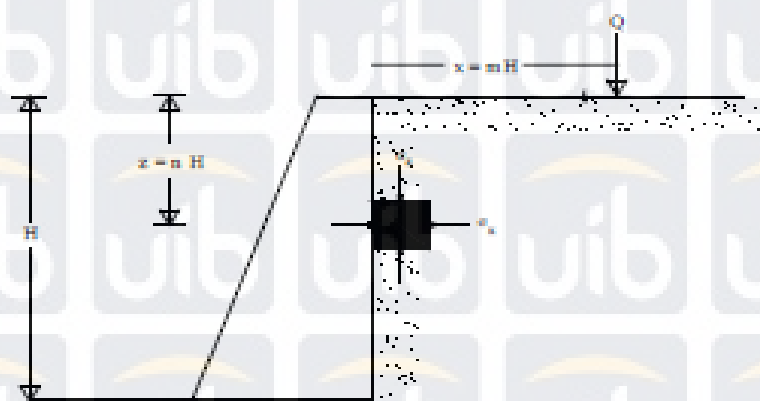
## 2.5. Tekanan Tanah Akibat Beban Diatasnya

Beban berdasarkan jenisnya dibagi menjadi 2 yaitu beban hidup dan beban mati. Beban hidup merupakan beban yang sifatnya sementara atau bisa berpindah seperti manusia, kendaraan dan lainnya. Beban mati merupakan beban struktur atau beban yang sifatnya menetap seperti jembatan, jalan raya dan lainnya. Beban yang bekerja pada tanah dapat bersifat merata maupun terpusat. Berikut beberapa jenis beban yang bekerja pada tanah :

1. Beban Titik ( *Point Load* )
2. Beban Strip ( *Strip Load* )
3. Beban Garis ( *Line Load* )

Berdasarkan jenis beban tersebut dapat kita gambarkan diagram tegangannya (Teori Elastic). Persamaan diagram ini merupakan turunan dari persamaan Boussineq, Spangler, Terzaghi Miche.

### 2.5.1. Beban Titik (Point Load)



Gambar 2.22. Beban Titik



$$\Delta p_x = \sigma_x = \frac{Q}{2\pi} = \left( \frac{3x^2z}{L^5} \right)$$

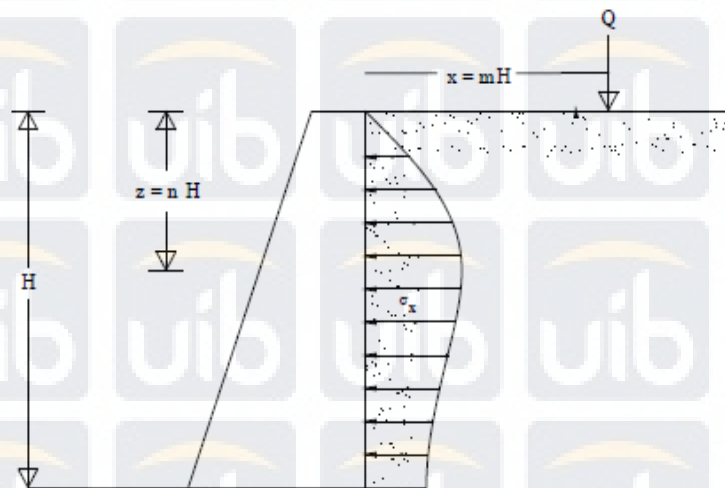
$$L = \sqrt{x^2 + z^2}$$

$$\sigma_x = \frac{3Q}{2\pi H^2} \frac{m^2 n}{(m^2 + n^2)^{5/2}}$$

Tegangan dari persamaan tersebut tidak mencakup perlawanan dari dinding. Berdasarkan Teori Spangler (1938) dan Gerber (1929) yaitu melakukan uji coba dalam skala yang besar. Setelah itu hasil temuan akan diperbarui sehingga menyesuaikan keadaan sebenarnya.

#### 2.5.2. Beban Garis (Line Load)

Distribusi beban bersifat horizontal pada dinding yang terletak sejajar dengan dinding penahan. Distribusi pembebanan dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 2.23. Distribusi beban garis

Jika  $m > 0,4$  maka :

$$\sigma_x = \frac{4Q}{\pi H^2} \frac{m^2 n}{(m^2 + n^2)^2}$$

Apabila  $m \leq 0,4$  maka :

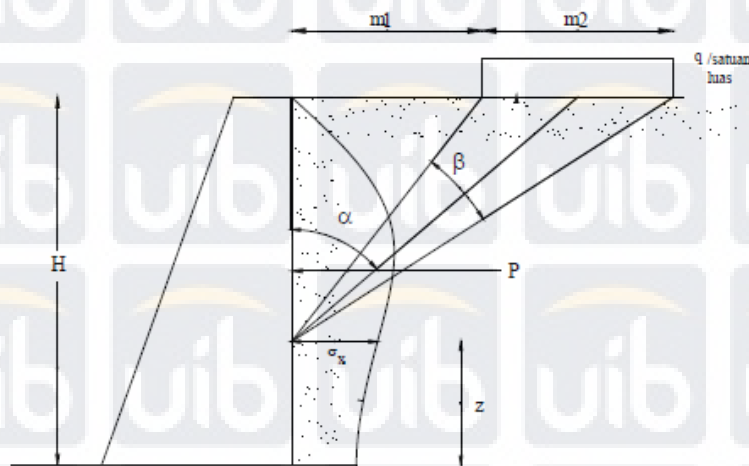
$$\sigma_x = \frac{0,28Q}{H^2} \frac{n^2}{(0,16 + n^2)^3}$$

### 2.5.3. Beban Strip (Strip Load)

Beban strip merupakan pembebanan yang mempunyai ketinggian tertentu.

Menurut teori elastisitas tegangan horizontal ( $\sigma_x$ ) di kedalaman ( $z$ ) pada dinding penahan tanah dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sigma_x = \frac{q}{H} (\beta - \sin\beta \cos 2\alpha)$$



Gambar 2.24. Grafik beban strip

Dapat kita lihat distribusi tegangan pada kedalaman ( $P$ ) per luasan lebar

dinding yang terjadi akibat dari beban strip bisa kita hitung menggunakan cara integrasi ( $\sigma_x$ ) dengan batas dari kedalaman ( $z$ ) setara dengan nol sampai ketinggian dinding ( $H$ ).

Berdasarkan Teori Jarquio (1981) besar  $P$  dapat dinyatakan dengan rumus sebagai berikut :

$$P = \frac{q}{90} [H (\theta_2 - \theta_1)]$$

$$\theta_1(\text{derajat}) = \tan^{-1} \left( \frac{m_1}{H} \right)$$

$$\theta_2(\text{derajat}) = \tan^{-1} \left( \frac{m_1 + m_2}{H} \right)$$