# BAB III
# LANDASAN TEORI

## 3.1 Stabilitas Lereng

Pada permukaan tanah yang tidak horisontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah. Jika komponen gravitasi sedemikian sar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikerahkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran lereng. Analisis stabilitas pada permukaan tanah yang miring ini, disebut analisis stabilitas lereng. Analisis ini sering digunakan dalam perancangan-perancangan bangunan seperti jalan kereta api, jalan raya, bandara,bendungan urugan tanah, saluran, dan lain-lainnya. Umumnya, analisis stabilitas dilakukan untuk mengecek keamanan dari lereng alam, lereng galian, dan lereng urugan tanah Hardiyatmo (2003). Komponen gravitasi sedemikian besar sehingga perlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan oleh tanahpada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi kelongsoran. Dengan kata lain, suatu lereng akan longsor apabila keseimbangan gaya yang bekerjaterganggu yaitu gaya pendorong melampaui gaya penahan. Hardiyatmo (2003) menambahkan analisis stabilitas lereng tidak mudah, karena terdapat banyak faktor yang sangat mempengaruhi hasil hitungan. Faktor-faktor tersebut misalnya, kondisi tanah yang berlapis-lapis, kuat geser tanah yang anisotropis, aliran rembesan air dalam tanah dan lain-lainnya.Terzaghi (1950) membagi penyebab longsoran lereng terdiri dari akibat pengaruh dalam(*internal effect*) dan pengaruh luar (*external effect*).Pengaruh luar yaitu pengaruh yang menyebabkan bertambahnya gaya geserdengan tanpa adanya perubahan kuat geser tanah. Contohnya, akibat perbuatan manusia mempertajam kemiringan tebing atau memperdalam galian tanah dan erosi sungai. Pengaruh dalam, yaitu longsoran yang terjadi dengan tanpa adanya perubahan kondisi luar atau gempa bumi. Contoh yang umum untuk kondisi ini adalah pengaruh bertambahnya tekanan air pori didalam lereng.

## 3.2 Lereng dan Longsoran

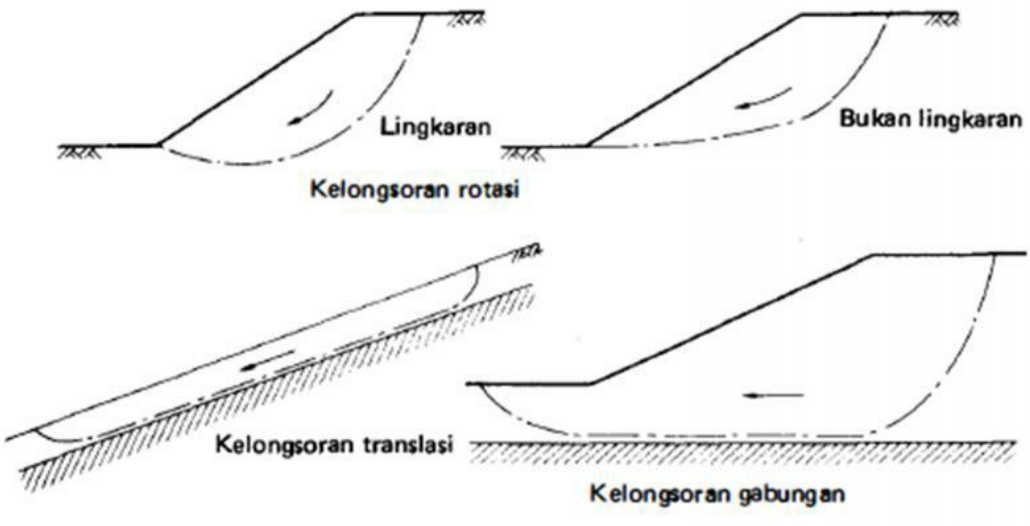
Lereng adalah suatu permukaan tanah yang miring dan membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak kearah bawah yang disebut dengan gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya longsor Kelongsoran dapat terjadi pada setiap macam lereng, akibat berat tanah sendiri, ditambah denganpengaruh yang besar dari rembesan air tanah, serta gaya lain dari luar lereng. (Wesley 1977) membagi lereng menjadi 3 macam ditinjau dari segi terbentuknya, yaitu sebagai berikut ini.

1. Lereng alam, yaitu lereng yang terbentuk akibat kegiatan alam, sepertierosi, gerakan tektonik dan sebagainya.
2. Lereng yang dibuat manusia, akibat penggalian atau pemotongan pada tanah asli.
3. Lereng timbunan tanah, seperti urugan untuk jalan raya.

Longsoran lereng adalah pergerakan massa tanah batuan dalam arah tegak, mendatar, atau miring dari kedudukan semula sebagai akibat ketidak mampuan lereng menahan gaya geser yang bekerja pada batas antara massa yang bergerak dan massa yang stabil.

Ada 3 tipe utama dari kelongsoran tanah seperti pada Gambar2, yaitu sebagai berikut ini.

1. Kelongsoran rotasi (*rotational slips*), yaitu kelongsoran yang bentuk permukaan runtuh pada potongannya dapat berupa busur lingkaran atau kurva bukan lingkaran.
2. Kelongsoran translasi (*translational slips*), cenderung terjadi bila lapisan tanah yang berbatasan berada pada kedalaman yang relatif dangkal dibawah permukaan lereng.
3. Kelongsoran gabungan (*compound slips*), terjadi bila lapisan tanah yangberbatasan berada pada kedalaman yang lebih dalam. Hal ini umumnya terjadi karena runtuhnya terdiri dari potongan kurva dan bidang.




**Gambar 3.1 Tipe-Tipe Keruntuhan Lereng**

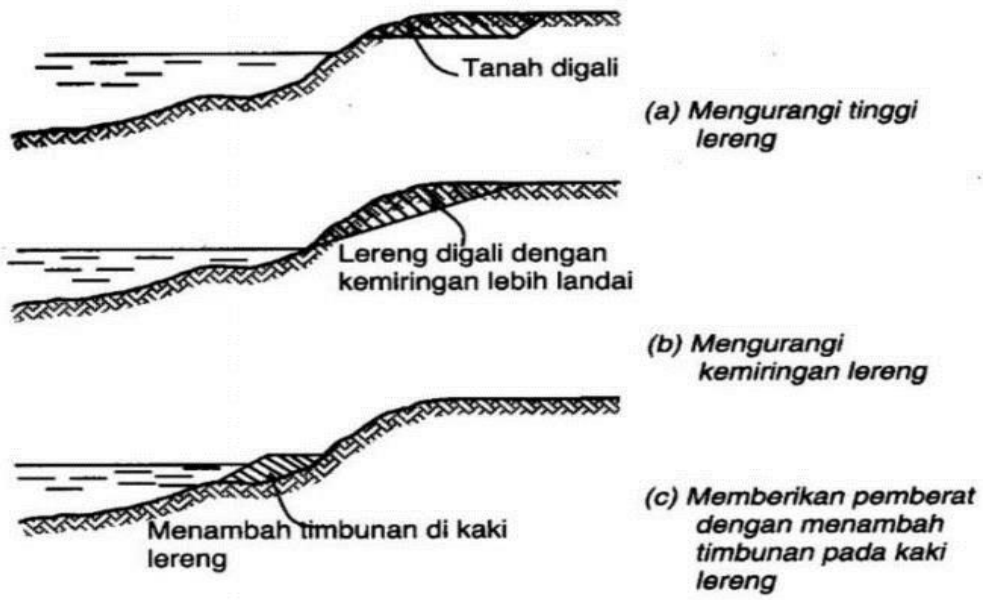
(Sumber: Budi, 1998)

### 3.3 Perbaikan Lereng

Metode untuk menangani lereng-lereng yang tak stabil terutama bergantung kepada sifat tanah yang dijumpai. Jenis tanah dan jenis formasi tanah yangberbahaya di atas merupakan lapisan-lapisan yang tersusun atas schist yang lapuk atau lempung lunak yang berupa serpihan, lempung kaku yang retak,lempung yang mengandung pasir atau lanau, dan massa tanah kohesif yang mengandung lapisan-lapisan atau kantung-kantung lanau atau pasir yang berair.(Terzaghi dan Peck.1967)

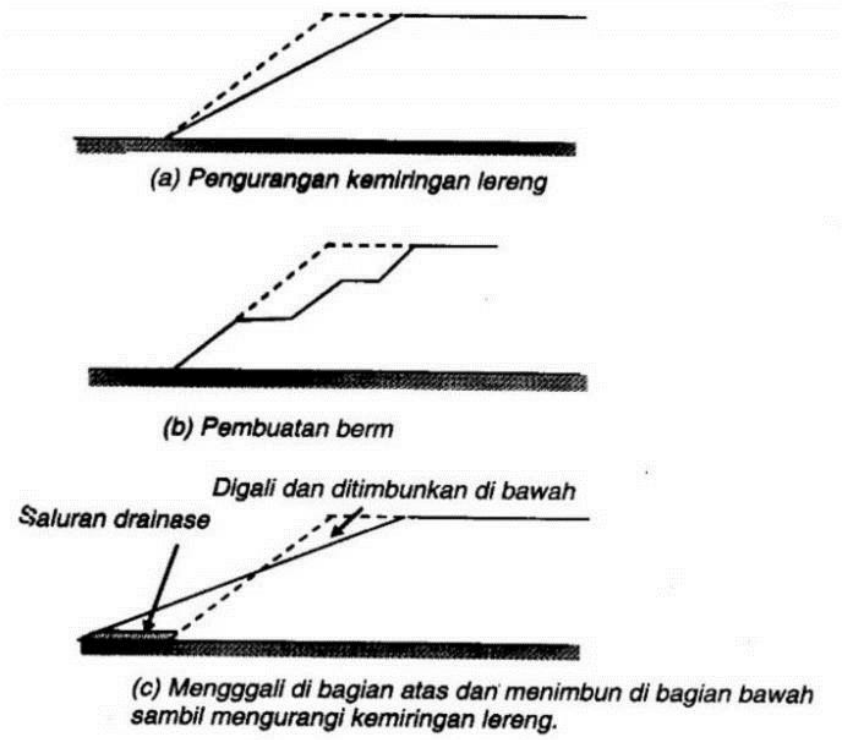
Banyak cara dapat dilakukan untuk menambah stabilitas lereng, antara lain: pemotongan lereng, pembuatan berm, menurunkan muka air tanah,pemasangan tiang-tiang dan lain-lainnya (Hardiyatmo, 2003). Menurut Hardiyatmo metode perbaikan stabilitas lereng dibagi tigakelompok, yaitu sebagai berikut ini.

1. Metode geometri yaitu perbaikan lereng dengan cara mengubah geometri lereng. Contoh dari apliaksi metode tersebut bisa dillihat pada Gambar 3.2 dan Gambar 3.3.




**Gambar 3.2 Perbaikan Stabilitas Lereng Metode Geometri**

(Sumber: Hardiyatmo, 2003)

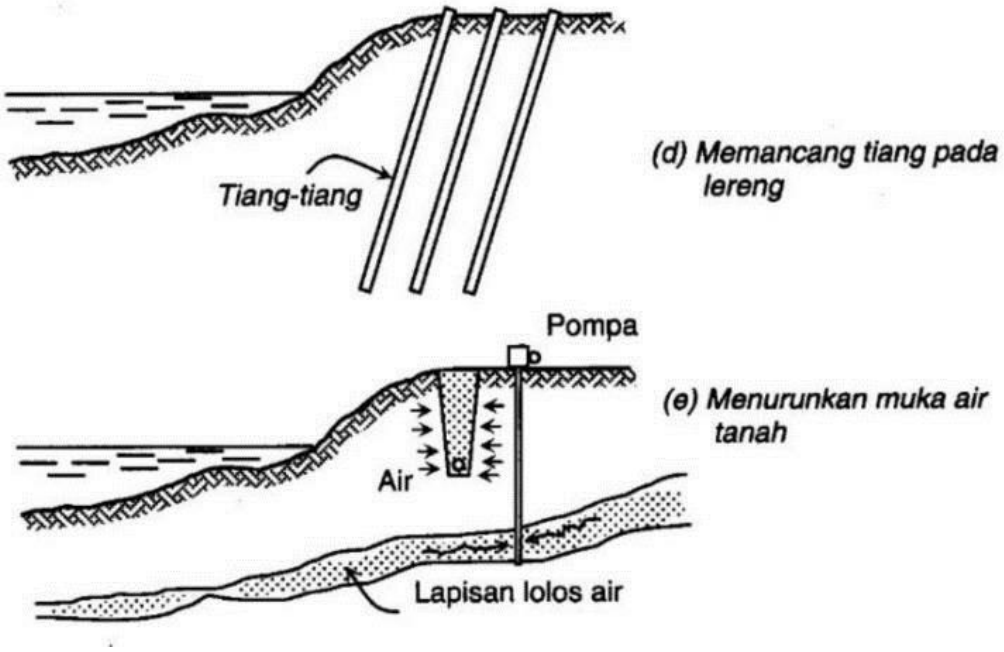



**Gambar 3.3 Perbaikan Stabilitas Lereng**

(Sumber: Hardiyatmo, 2003)

2. Metode hidrologi yaitu dengan cara menurunkan muka air tanah atau menurunkan kadar air tanah pada lereng. Contohnya bisa dillihat pada Gambar 3.4(e).

3. Metode-metode kimia dan mekanis yaitu dengan cara grouting semen untuk menambah kuat geser tanah atau memasang bahan tertentu (tiang) di dalam tanah. Contohnya pada Gambar 3.4(d).




**Gambar 3.4 Perbaikan Lereng**

(Sumber: Hardiyatm, 2003)

### 3.4 Tekanan Tanah Lateral

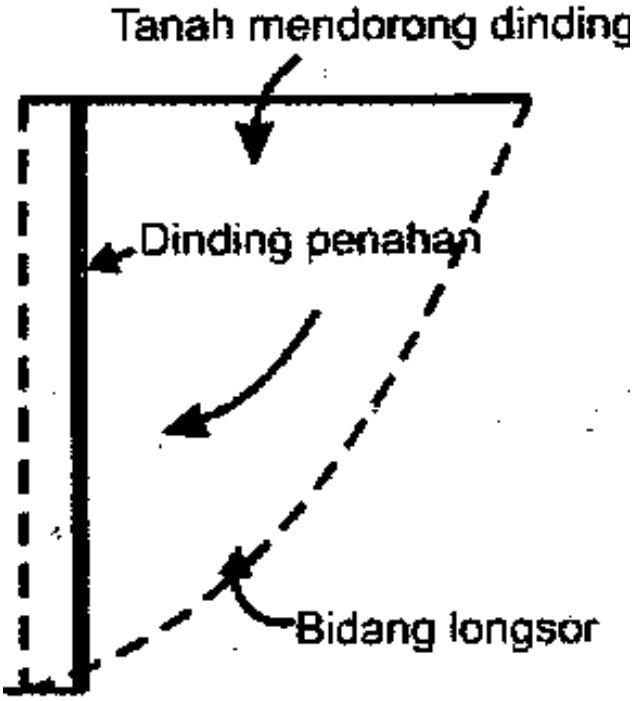
Tanah terbentuk dari pelapukan batuan dan proses pengendapan. Selamaproses pengendapan, tanah mengalami konsolidasi, karena pengaruh tekanan over burden (yaitu oleh akibat beban tanahnya sendiri). Untuk merencanakan bangunan penahan tanah sering didasarkan atas keadaan yang menyakinkan keruntuhan totalt idak akan terjadi. Gerakan beberapa sentimeter sering tidak begitu penting sepanjang ada jaminan bahwa gerakan-gerakan yang lebihbesar lagi tidak akan terjadi. Dalam perancangan dinding penahan, biasanya dilakukan dengan cara menganalisis kondisi-kondisi yang akan terjadi pada keadaan runtuh, kemudian memberikan faktor aman yang cukup yang dipertimbangkan terhadap keruntuhan tersebut.

Analisis tekanan tanah lateral ditinjau pada kondisi keseimbangan plastis,yaitu saat massa tanah pada kondisi tepat saat akan runtuh. Kedudukan keseimbangan plastis ini hanya dapat dicapai bila terjadi deformasi yang cukup pada massa tanahnya.

Besar dan distribusi tekanan tanah adalah fungsi dari perubahan letak (*displacement*) dan regangan (*strain*) (Hardiyatmo,2003).

3.4.1 Tekanan Tanah Aktif

Menurut Hardiyatmo (2003), tekanan tanah aktif adalah tekanan yang terjadi pada dinding penahan yang mengalami keluluhan atau bergerak ke arah luar dari tanah urugan di belakangnya, sehingga menyebabkan tanah urug akan bergerak longsor ke bawah dan menekan dinding penahannya (Gambar 3.5), sedangkan nilai banding tekanan horisontal dan tekanan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif atau Ka. Nilai tekanan aktif lebih kecil dari nilai tekanan saat diam. Gerakan dinding tanah menjauhi tanah urugan menghilangkan pertahanan di belakang dinding. Jadi tekanan tanah aktif adalah gaya yang cenderung mengurangi keseimbangan dinding penahan tanahnya.

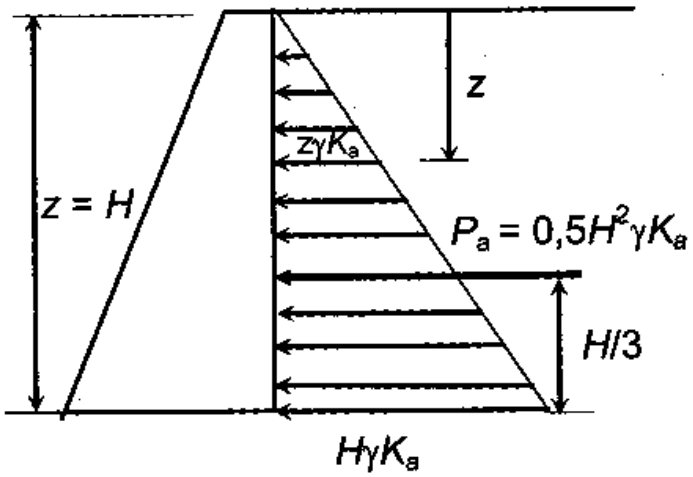



**Gambar 3.5 Tekanan Lateral Tanah Aktif**

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

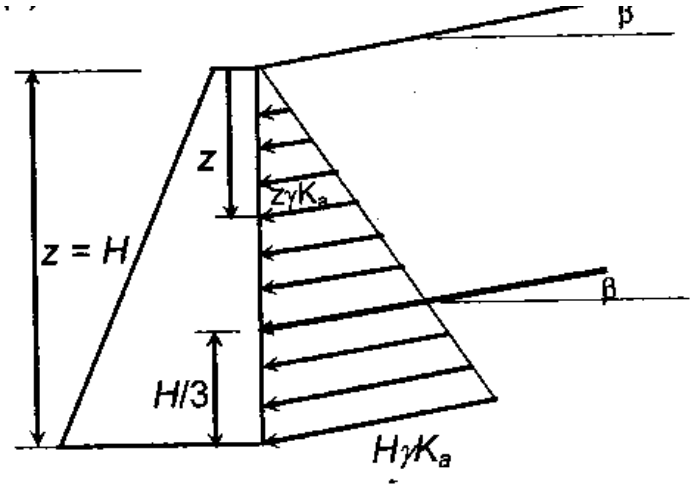
1. Gaya aktif yang bekerja pada dinding penahan tanah tak kohesif

   Perhitungan gaya aktif yang bekerja pada dinding penahan dapatdibuat dengan metode Rankine. Prosedur perhitungan metode Rankine untuk dinding penahan dengan urugan tanah di belakang dinding mempunyai permukaan yang rata ditunjukkan pada Gambar 3.6, sedangkan untuk dinding penahan dengan urugan tanah dibelakang dinding dengan kemiringan tertentu ditunjukkan pada Gambar 3.7.




**Gamabar 3.6 Dinding Penahan dengan Urugan Tanah Permukaan Rata**

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)




**Gamabar 3.7 Dinding Penahan dengan Urugan Tanah Permukaan Miring**

(Sumber: Hardiyatmo, 2002)

Tekanan tanah aktif menggunakan Persamaan 3.1

Pa= Ka. γ .z (3.1)

Dengan :

Pa= Tekanan tanah aktif (kN/m),

Ka= Koefisien aktif,

γ= Berat volume tanah (kN/m3), dan

z= Kedalamantanah dihitung dari pucak dinding penahan(m).

Harga Ka Untuk tanah datar menggunakan Persamaan 3.2

$$Ka = \frac{1-sin\emptyset}{1+sin\emptyset} = tan^2(45 - \frac{\emptyset}{2}) \quad (3.2)$$

Dengan :

Ka= Koefisien Aktif, dan

Ø= sudut gesertanah (°).

Harga Ka tanah untuk tanah miring menggunakan Persamaan 3.3

$$Ka = cos\beta \frac{cos\beta - \sqrt{cos^2\beta - cos^2\emptyset}}{cos\beta + \sqrt{cos^2\beta - cos^2\emptyset}} \quad (3.3)$$

Dengan :

Ka= Koefisien Aktif, dan

Ø= sudut gesertanah (°).

2. Gaya aktif yang bekerja pada dinding penahan tanah kohesif

Tekanan tanah aktif menggunakan Persamaan 3.4

$$Pa = \gamma \ z \ Ka - 2c \quad (3.4)$$

Dengan :

Pa= Tekanan tanah aktif (kN/m),

γ= Berat volume tanah(kN/m3),

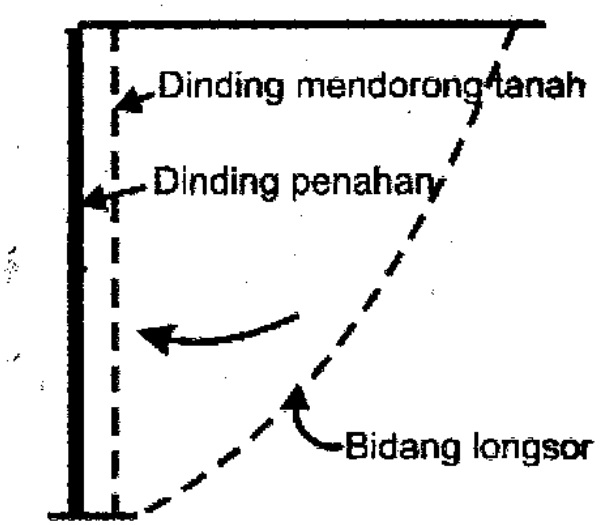
z= Kedalaman tanah dihitung dari pucak dinding penahan(m),

Ka= Koefisien aktif, dan

c= Kohesi (kN/m2).

### 3.4.2 Tekanan Tanah Pasif

Menurut Hardiyatmo (2003), tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah kearah tanah urugannya (Gambar 3.8), sedangkan nilai banding tekan horisontal dan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif atau kp. nilai tekanan pasif lebih besar dari nilai tekanan tanah saat diam dan nilai tekanan aktif. Tekanan tanah pasif menunjukkan nilai maksimum dari gaya yang dapat dikembangkan oleh tanah pada gerakan struktur penahan terhadap tanah urugannya,yaitu dimana tanah harus menahan gerakan dinding penahan tanah sebelum mengalami keruntuhan.




**Gambar 3.8 Tenakan Lateral Tanah Pasif**

(Sumber: Hardiyatmo, 2003)

1. Gaya pasif yang bekerja pada dinding penahan tanah tak kohesif

   Tekanan tanah aktif menggunakan Persamaan 3.5

   Pp= Kp γ z (3.5)

   Dengan :

   Pp= Tekanan tanah pasif (kN/m),

   Kp= Koefisien pasif,

   γ= Berat volume tanah (kN/m3), dan

   z= Kedalaman tanah dihitung dari pucak dinding penahan(m).

   Harga Kp Untuk tanah datar menggunakan persamaan 3.6

   $$Kp = \frac{1+sin\emptyset}{1-sin\emptyset} = tan^2(45 - \frac{\emptyset}{2}) \quad (3.6)$$

   Dengan :

   Kp= Koefisien pasif, dan

   Ø= sudut gesertanah (°).

Harga Kp untuk tanah miring menggunakan Persamaan 3.7

$$Ka = cos\beta \frac{cos\beta + \sqrt{cos^2\beta - cos^2\emptyset}}{cos\beta - \sqrt{cos^2\beta - cos^2\emptyset}} \quad (3.7)$$

β= kemiringan permukaan tanah urug (°)

Dengan :

Kp= Koefisien pasif, dan

Ø= sudut gesertanah (°).

2. Gaya pasif yang bekerja pada dinding penahan tanah kohesif

   Tekanan tanah pasif menggunakan Persamaan 3.8

   Pp= γ z Kp – 2 c Kp (3.8)

   Dengan :

   Pp= Tekanan tanah pasif (kN/m),

   γ= Berat volume tanah(kN/m3),

   z= Kedalaman tanah dihitung dari pucak dinding penahan(m),

   Kp= Koefisien pasif, dan

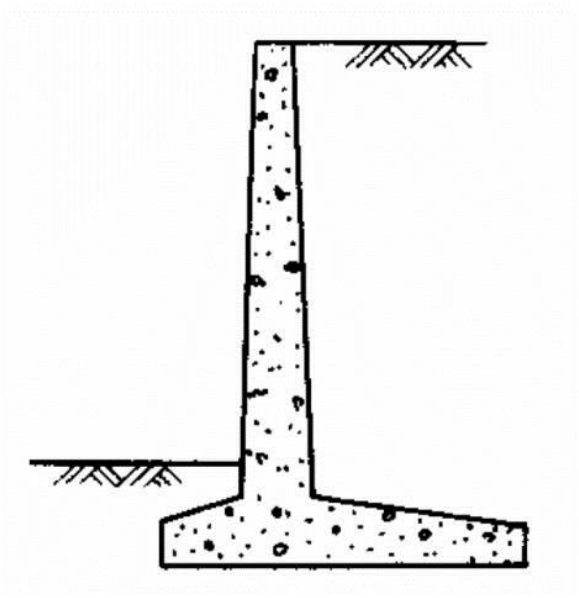
   c= Kohesi (kN/m2).

### 3.5 Dinding Penahan Tanah

Dinding atau dinding penahan tanah adalah suatu bangunan yang dibangun untuk mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun ditempat di mana kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri, dipengaruhi oleh kondisi gambaran topografi tempat itu. Bila jalan dibangun berbatasan dengan sungai atau danau tanah paya, dinding penahanitu dibangun untuk melindungi kemiringan tanahdan melengkapi kemiringan dengan pondasi yang kokoh.

### 3.5.1. Dinding Penahan Kantilever

Dinding penahan tipe kantilever dibuat dari beton bertulang yang tersusun dari suatu dinding vertical dan tapak lantai. Masing-masing berperan sebagai balok atau pelat kantilever. Stabilitas konstruksi diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atastumit tapak (hell). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertikal(steem), tumit tapak dan ujung kaki tapak (toe). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6-7meter, untuk ketinggian dinding lebih dari 7meter maka ada tambahan penyangga di belankangnya yg di sebut *counterfort*. Karena dinding penahan jenis ini relatif ekonomis dan juga relatif mudah dilaksanakan, maka jenis ini juga dipakai dalam jangkauan yang luas. Contohnya bisa dillihat pada Gambar 3.9 dan (Nakazawa, 2000)



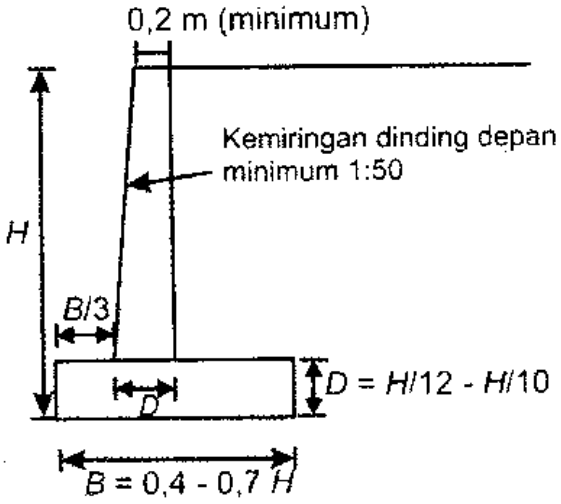
**Gambar 3.9 Dinding Penahan Tanah Katilever**

(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

### 3.5.2. Dimensi Dinding Penahan Tanah Kantilever

Pada waktu perancangan struktur beton bertulang, diperlukan dimensi pendahuluan dari masing-masing bagian dinding penahan. Dimensi atau ukuran ini hanya dipakai

sebagai arahan pada permulaan perhitungan.Ukuran yang lebih besar atau lebih kecil dari ukuran pendahuluan dapat dipergunakan asal memenuhi persyaratan stabilitas, kekuatan, dan kelayakan menurut ketentuan yang telah ditetapkan. Didasarkan padapengalaman perencanaan yang pernah dilakukan, dimensi sementara dinding penahan tanah sistem kantilever ditunjukkan pada Gambar 3.10.




**Gambar 3.10 Ukuran Sementara Dinding Kantilever**

(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

3.5.3. Stabilitas Dinding Penahan Tanah Kantilever

Analisis konstruksi dinding penahan tanah padaumunya untuk menentukan dimensi penahan tanah agar stabil terhadap gaya-gaya yang bekerja, meliputi dua hal yaitu analisis terhadap stabilitas gaya-gaya eksternal dan gaya-gaya internal.

1. Stabilitas eksternal

Dalam analisis stabilitas eksternal, konstruksi dianggap sebagai satu kesatuan yang massif dalam melawan gaya-gaya yang bekerja, tijauan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut.

a. Stabilitas terhadap guling

Konstruksi akan terguling apabila tidak mamu melawan momen yang bekerja. Stabilitas terhadap guling menggunakan Persamaan 3.9.

$$SFguling = \frac{\Sigma M\ pasif}{\Sigma M\ dorong} = \frac{\Sigma Mp}{\Sigma Ma - \Sigma Mp} \geq 1{,}5 \quad (3.9)$$

b. Stabilitas terhadap geser

Tinjauan ini perlu dilakukan karena konstruksi akan didorong oleh gaya horizontal yang bekerja. Kemampuan untuk menahan gaya horizontal sangat tergantung oleh gaya perlawanan yang terjadi pada bidang kontak antara konstruksi dengan tanah dasar pondasi.

Stabilitas terhadap geser menggunakan Persamaan 3.10

$$SFgeser = \frac{\Sigma V\ pasif}{\Sigma V\ dorong} = \frac{\Sigma V\ .\tan\varphi}{\Sigma Va - \Sigma Vp} \geq 1{,}5 \quad (3.10)$$

c. Stabilitas terhadap kuat dukung tanah

Tinjauian ini terjadi pada tanah dasar pondasi

Stabilitas terhadap kuat dukung tanah menggunakan Persamaan 3.11

σ Ultimit = c.Nc +Df .γ . Nq + 0,5 . B . γ . Nγ (3.11)

σ Ultimit Netto = σ Ultimit Bruto – Df . γ (3.12)

σ Ultimit Netto = σ Ultimit Netto/SF (3.13)

Jadi :

σ Terjadi ≤ σ Ijin

2. Stabilitas internal

Stabilitas internal berkaitan dengan bentuk, kulalitas material jenis hubungan antar bagian, dsb.

a. Tijauan terhadap tampang badan dinding penahan tanah.

Tegangan desak Persamaan 3.14.

$$\sigma\ desak = \frac{\Sigma V\ I-I}{bI-I.L} + \frac{\Sigma M\ I-I}{W} \leq \sigma\ desak\ bahan \quad (3.14)$$

Tegangan tarik Persamaan 3.15.

$$\sigma\ tarik = \frac{\Sigma V\ I-I}{bI-I.L} + \frac{\Sigma M\ I-I}{W} \leq \sigma\ tarik\ bahan \quad (3.15)$$

Tegangan geser Persamaan 3.16.

$$\sigma = \frac{3}{2} + \frac{D\ I-I}{b\ I-I\ .L} \leq \sigma\ bahan \quad (3.16)$$

b. Tinauan terhadap tampang pada kaki depan dan belakang.

Tegangan ekstrim (tarik/tekan) yang terjadi Persamaan 3.17.

$$\sigma\ ekstrim = \pm \frac{\Sigma M\ II-II}{w} \leq \sigma\ tarik\ bahan \quad (3.17)$$

Tegangan geser yang terjadi Persamaan 3.18.

$$\sigma = \frac{3}{2} + \frac{D\ II-II}{b\ II-II\ .L} \leq \sigma\ bahan \quad (3.18)$$

3.5.4. Turap / *Sheet Pile*

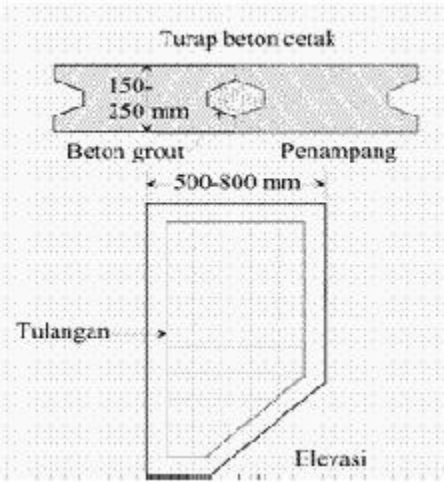
*Sheet pile* (turap) merupakan suatu perkuatan yang disusun menyerupai bentuk dinding yang berfungsi sebagai penahan tebing, penahan galian sementara bangunan-bangunan di pelabuhan, penahan tanah sekitar tepian sungai atau laut dan lain-lain. Material yang digunakan dalam *sheet pile* ada beberapa macam, yaitu *sheet pile* dari material kayu, sheet pile dari material beton, *sheet pile* dari bahan baja ( *steel* ). *Sheet pile* disusun dengan bentuk khusus agar dapat tersusun dan saling mengikat satu sama lainnya sesuai dengan kebutuhan perencana. Fungsi *sheet pile* sebagai penahan tanah, maka konstruksi ini digolongkan juga sebagai jenis lain dari dinding penahan tanah (*retaining walls*). Perbedaan mendasar antara dinding turap dan dinding penahan tanah terletak pada keuntungan penggunaan dinding turap pada kondisi tidak diperlukannya pengeringan air (*dewatering*). Sheet pile dalam berbagai variasi sifat kekuatan dapat diperoleh dengan pengaturan yang sesuai dari perbandingan jumlah material pembentuknya serta jenis material yang digunakan. Material *sheet pile* yang biasa diguakan dalam kosntruksi adalah sebagai berikut.

1. *sheet pile* dari material beton

*Sheet pile* dari material beton merupakan balok-balok beton bertulang yang dicetak dengan bentuk khusus sebelum dipasang yang bertujuan agar balok-balok

tersebut dapat saling mengikat satu sama lain pada saat penyusunannya. Sambungan *sheet pile* beton sering diberi tambahan pda celah-celah sambungan agar dinding turap kedap air.

Tiang turap beton pracetak adalah untuk konstruksi berat yang dirancang dengan tulangan untuk menahan beban permanen setelah konstruksi dan juga untuk menangani tegangan yang dihasilkan selama konstruksi. Penampang tiang-tiang ini adalah sekitar 500 hingga 800 mm lebar dan tebal 150 hingga 250 mm. Gambar 3.11 memperlihatkan diagram skematik ketinggian dan penampang tiang turap beton bertulang.



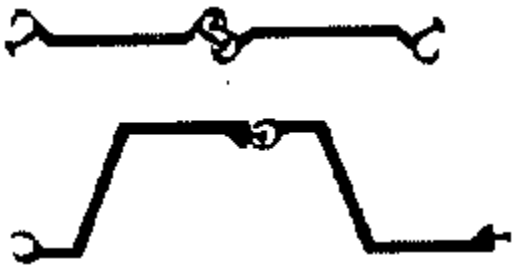

**Gambar 3.11 *Sheet Pile* dari Material Beton**

(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

2. *sheet pile* dari material baja

*Sheet pile* dengan material ini paling sering dipakai karena memiliki kekuatan merata, berat sendiri yang relatif ringan dan waktu penggunaan yang relatif tahan lama. Sheet pile jenis ini memiliki sifat korosif, oleh karena itu penggunaannya perlu dipertimbangkan dengan baik. Interlok pada tiang turap dibentuk seperti jempol-telunjuk atau bola-keranjang untuk hubungan yang ketat untuk menahan air.

Gambar 3.14 (a) memperlihatkan diagram skematik untuk hubungan interlok jempol-telunjuk untuk penampang sayap lurus, sedangkan tipe interlok bola-keranjang untuk penampang Z diberikan pada Gambar 3.14 (b)



**Gambar 3.12 Hubungan Tiang Turap (*Sheet Pile*)**
**(a) Jenis Jempol-Telunjuk (b) Jenis Bola-Keranjang**
(Sumber : Hardiyatmo, 2010)

Turap baja sangat umum digunakan, karena lebih menguntungkan dan mudah penanganannya.

Tipe-tipe turap (*Sheet pile*) pemaparannya sebagai berikut.

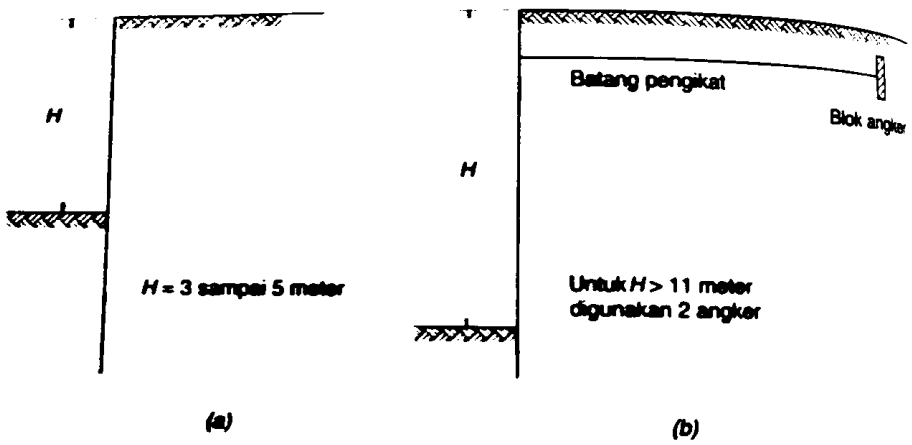
1. Dinding turap kantilever

Dinding turap kantilever merupakan turap yang dalam menahan beban lateral mengandalkan tahanan tanah di depan dinding. Defleksi lateral yang terjadi relatif besar pada pemakaian turap kantilever.karena luas tampang bahan turap yang dibutuhkan bertambah besar dengan ketinggian tanah yang ditahan, turap katilever hanya cocok untuk menahan tanah dengan ketinggian/kedalaman sedang.

2.Dinding turap kantilever diangker

Dinding turap diangker cocok untuk menahan tebing galian yang dalam, tetapi masih juga bergantung pada kondisi tanah. Dinding turap ini menahan beban lateral dengan mengandalkan tahanan tanah pada bagian turap yang terpancang ke dalam tanah dengan dibantu angker yang dipasang pada bagian atasnya. Kedalaman turap menembus tanah bergantung pada besarnya tekanan tanah. Untuk dinding turap yang tinggi, diperlukan turap baja dengan kekuatan tinggi. Stabilitas dan tegangan-tegangan

pada turap yang diangker bergantung pada banyak faktor, misalnya: kekuatan relatif bahan turap, kedalaman penetrasi turap, kemudah-mampatan tanah, kuat geser tanah, keluluhan geser angker dan lain-lainnya. Untuk ketinggian tanah yang ditahan H > 11 m, maka diperlukan turap dengan 2 angker.



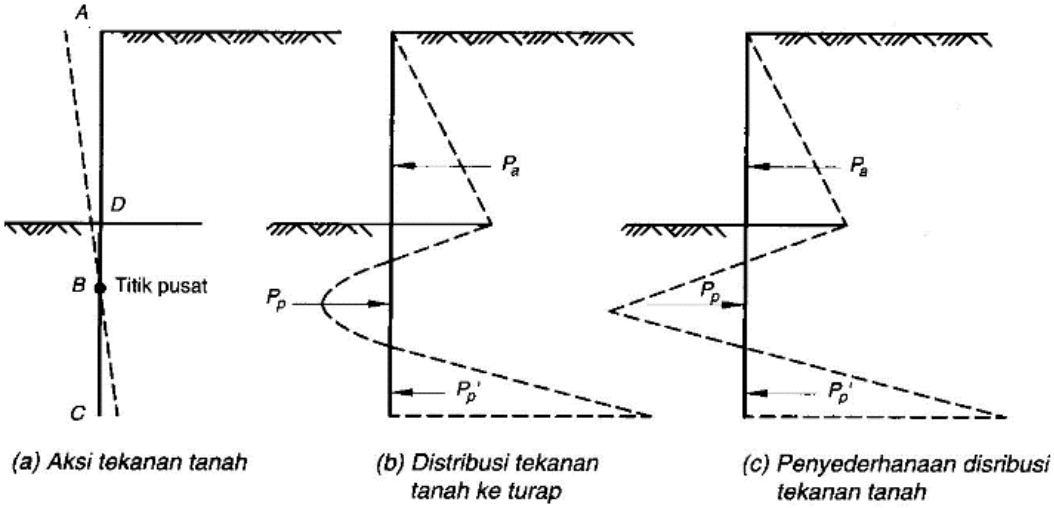

**Gambar 3.13 (a) Dinding Turap Kantilever dan (b) Dinding Turap Diangker**

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

3.5.5. Perancangan Dinding Turap

1. Prinsip umum perancangan turap kantilever

Perilaku dinding turap kaku sempurna akibat tekanan tanah lateral dibelakangnya dijelaskan dalam Gambar 3.14. Tekanan aktif tanah dibelakang turap mengakibatkan turap bergerak ke kiri dan berputar pada titik pusat. Kondisi ini tekanan tanah yang terjadi pada bagian bawah garis galian akan berupa tekanan tanah pasif dan tekanan tanah aktif. Titik pusat yaitu titik rotasi tanah tidak bergerak, maka titik ini akan mendapatkan tekanan tanah yang sama dari depan dan belakang (yaitu tekanan tanah lateral saat diam). Tekanan tanah lateral pada titik pusat tersebut akan sama dengan nol. Distribusi tekanan tanah lateral pada dinding turap tidak sama, bergantung pada jenis tanah, yaitu tanah kohesif atau granuler.




**Gambar 3.14 Tekanan pada Turap Kantilever**

(Sumber: Teng, 1962)

2. Turap kantilever pada tanah granuler

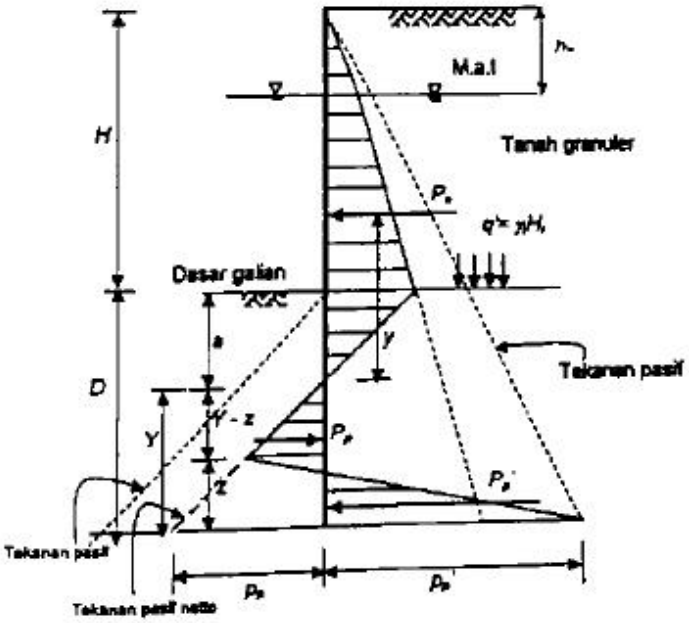
Distribusi tekanan tanah pada turap yang terletak pada tanah granuler homogen, karena turap terletak dalam tanah granuler (permeabilitas tinggi atau lolos air) maka dapat diasumsikan muka air akan mempunyai ketinggian yang sama dibagian depan dan belakang turap. Distribusi tekanan tanah aktif dan pasif (termasuk pengaruh beban terbagi rata dan lain-lainnya) dapat ditentukan dengan memperhatikan nilai Kα dan Kp. Faktor aman diperhitungkan dengan memilih salah satu dari kedua kemungkinan:

a) mereduksi Kp (sampai 30% hingga 50%)

b)menambah kedalaman penetrasi antara 20% hingga 40%. Penambahan kedalaman penetrasi ini, bila dihitung ulang akan memberikan faktor aman (F) sebesar ± 1,5 hingga 2,0.

Cara menghitung kedalaman penetrasi turap dapat dilakukan dengan beberapa cara salah satunya ditunjukkan dalam Gambar 3.15, bagian diarsir adalah tekanan tanah neto dari penjumlahan tekanan aktif dan pasif yang bekerja pada turap. Distribusi

tekanan dalam Gambar 3.15, lokasi dimana tekanan sama dengan nol akan terdapat pada jarak α dari permukaan galian.




**Gambar 3.15 Distribusi Tekanan Tanah pada Turap pada Tanah Granular Homogen**

(Sumber: Teng, 1962)

Perkiraan awal nilai penetrasi D ditunjukan dalam tabbel 3.1 berikut.

**Tabel 3.1 Estimasi kedalaman turap dalam tanah granuler**

| Kerapatan relatif ($D_r$) | Nilai N-SPT | Kedalaman penetrasi turap (D) |
|---|---|---|
| Sangat Padat | >50 | 0,75 H |
| Padat | 31-50 | 1,00 H |
| Sedang | 11-30 | 1,25 H |
| Tidak padat | 5-10 | 1,50 H |
| Sangat tidak padat | 0-4 | 2,00 H |

Sumber: Teng, 1962

3.5.6. Stabilitas Dinding penahan Turap / *Sheet Pile*

Pada sebuah konstruksi turap, gaya-gaya yang bekerja dapat digolongkan menjadi dua, yaitu :

1. tekanan tanah aktif (Pa)

Menurut Hardiyatmo (2003), yang dimaksud dengan tekanan tanah aktif adalah tekanan tanah lateral minimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menjauhi tanah dibelakangnya.

2. tekanan tanah pasif (Pp)

Menurut Hardiyatmo (1996), yang dimaksud dengan tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah urug.

Sepeti sudah dijelaskan sebelumnya bahwa turap mengalami gaya-gaya, yaitu tekanan aktif dan tekanan pasif. Gaya-gaya ini yang selalu bekerja pada sebuah konstruksi turap. Koefisien tekanan tanah dapa dilihat pada Persamaan 3.17 dan 3.18.

$$Ka = tan^2(45 - \frac{\varphi}{2}) \quad (3.17)$$

$$Kp = tan^2(45 + \frac{\varphi}{2}) \quad (3.18)$$

Dengan :

Ka adalah koefisien tanah aktif,

Kp adalah koefisien tanah pasif, dan

Φ adalah sudut geser dalam.

Semetara itu tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif merupakan luasan dari diagram tekana tanah yang terjadi dikalikan dengan koefisen tekanan tanahnya.

Bila diagram tekanan tanahnya berbentuk segiempat dapat dilihat pada Persamaan 3.19.

$$Pa = \gamma \,.\, H^2 . Ka \quad (3.19)$$

Bila diagram tekanan tanahnya berbentuk segitiga dapat dilihat pada Persamaan 3.20.

$$Pa = 0{,}5\,.\gamma\,.H^2.Ka \qquad (3.20)$$

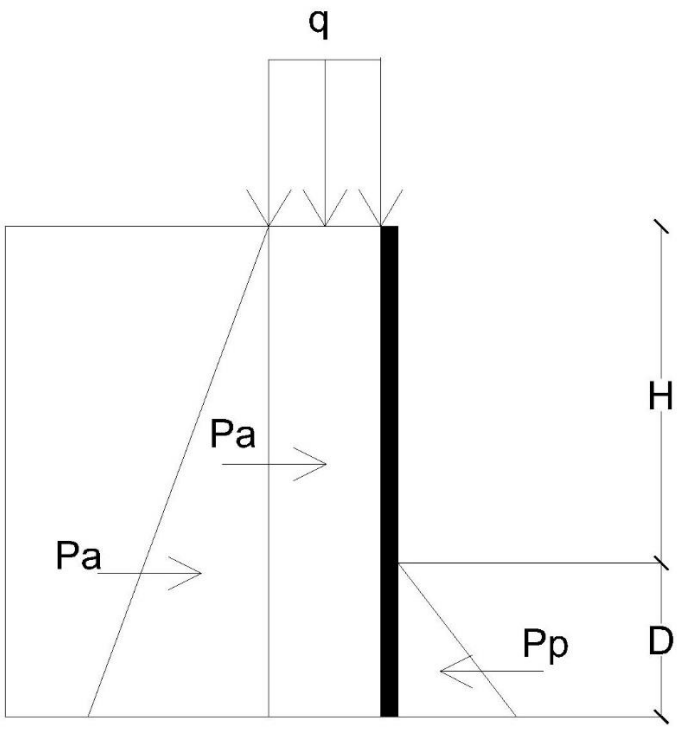
Dengan :

γ adalah berat volume tanah,

H adalah kedalaman titik yang ditinjau dari permukaan tanah, dan

Ka adalah koefisisen tekanan tanah aktif.

Begitu juga dengan rumus untuk menghitung tekanan tanah pasif. Analogi dengan rumus tekanan tanah pasif. Berikut adalah gambar 3.16 contoh diagram tekanan tanah yang terjadi pada sebuah konstruksi turap.




**Gambar 3.16 Diagram Tekanan Tanah Yang Terjadi Pada Konstruksi Turap**

### 3.5.7. Profil Turap / *Sheet Pile* Beton Precast

Sheet pile adalah dinding vertikal yang terbuat dari beton bertulang yang relatif tipis dan berfungsi untuk menahan tanah secara lateral sehingga dapat mempertahankan dua level tanah yang berbeda ketinggiannya agar tidak terjadi kelongsoran tanah. Dengan kata lain produk ini adalah dinding turap yang terbuat dari beton bertulang yang berfungsi sebagai penahan tanah agar tidak longsor. Produk ini dibuat per panel atau per balok dan saling mengait sehingga memudahkan pemindahannya dan berujung meruncing untuk memudahkan pemancangannya ke tanah di lokasi proyek.

Karena untuk memasangnya dilakukan dengan cara dipancang ke tanah seperti tiang pancang maka produk ini kurang cocok jika digunakan pada tanah yang banyak mengandung batuan karena akan menyulitkan pemancangannya.

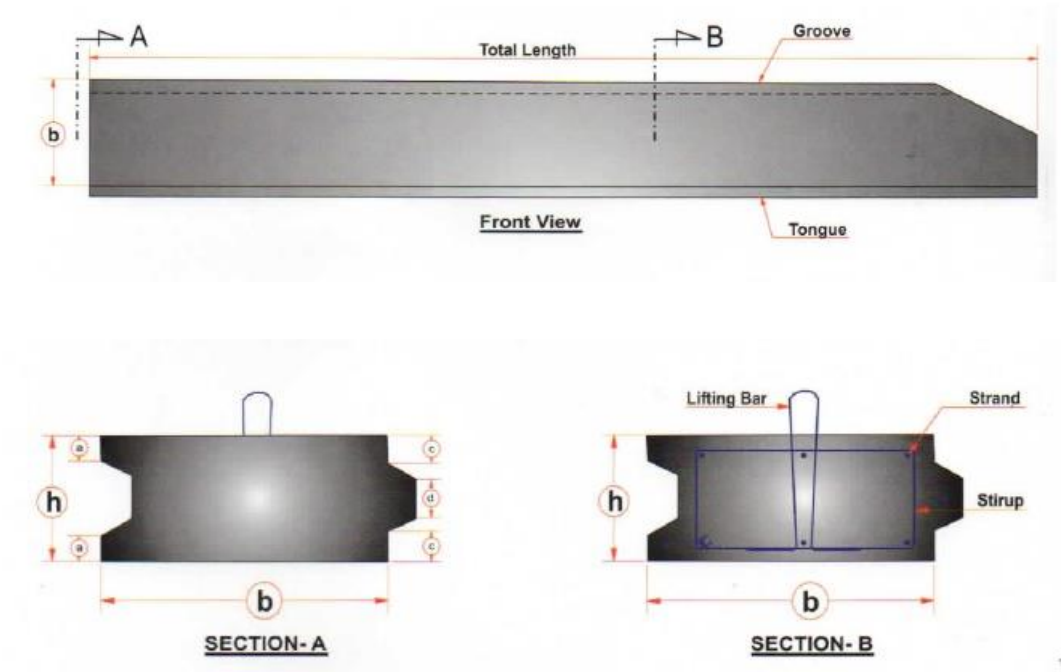
Profil turap / *Sheet pile* yang biasa digunakan ada 2 macam, yaitu :

1. *flat sheet pile* (berbentuk balok balok).
2. *corrugated sheet pile* (berbentuk seperti huruf W).

Keunggulan *flat sheet pile* :

1. dibuat dengan menggunakan beton readymix berkualitas & kuat tekan beton yang tinggi,
2. sangat ekonomis karena bermutu tinggi,
3. bebas korosi dan karat,
4. mudah dalam hal pemasangan dan pemindahan, dan
5. akurasi yang tinggi saat pemasangan.

Detail profil *flat sheet pile* dapat dilihat pada Gambar 3.17 dan Tabel 3.2 .




**Gambar 3.17 Profil *Flat Sheet Pile***

(Sumber: http://solusibetonreadymix.com)

**Tabel 3.2 Spesifikasi Dimensi Profil *Flat Sheet Pile***

| Ukuran (b x h) (cm) | a (cm) | b (cm) | c (cm) | d (cm) | h (cm) | Area (cm2) | Inertia (cm4) | Weight (kg/m) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 x 32 | 9.5 | 50 | 10 | 7 | 32 | 1600 | 136.53 | 400 |
| 50 x 22 | 5 | 50 | 5 | 7 | 22 | 1100 | 44.367 | 275 |

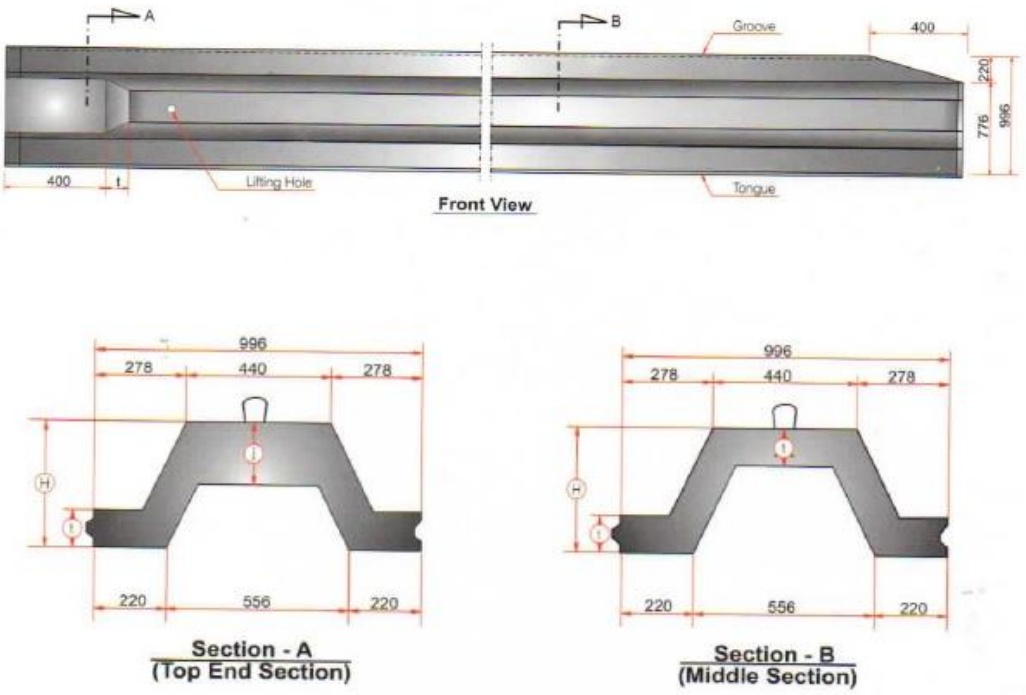
Sumber: http://solusibetonreadymix.com

Keunggulan *Corrugated Sheet Pile* :

1. dibuat dengan kualitas & kuat tekan beton yang tinggi,
2. sangat ekonomis karena bermutu tinggi,
3. dibuat di pabrik dengan pengawasan ketat,
4. bebas karat dan korosi sehingga banyak dipakai pada bangunan di tepi pantai,
5. bisa dibuat menjadi dinding yang kedap air,
6. mudah dalam pemasangan, dan

7. dibuat dengan akurasi ukuran yang presisi.

Untuk melihat detail profil flat sheet pile dapat dilihat pada Gambar 3.18 dan Tabel 3.3 .




**Gambar 3.18 Profil *Corrugated Sheet Pile***

(Sumber: http://solusibetonreadymix.com)

**Tabel 3.2 Spesifikasi Dimensi Profil *Corrugated Sheet Pile***

| No | Type | Height (mm) | Thickness (mm) | Width (mm) | Weight (ton/m) | Cracking Moment (ton.mtr) | Length (mtr) | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| 1 | W-325 A 1000 | 325 | 110 | 996 | 0.329 | 11.40 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| | W-325 B 1000 | | | | | 13.81 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| 2 | W-350 A 1000 | 350 | 120 | 996 | 0.367 | 16.46 | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| | W-350 B 1000 | | | | | 19.26 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| 3 | W-400 A 1000 | 400 | 120 | 996 | 0.400 | 21.63 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| | W-400 B 1000 | | | | | 23.35 | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| 4 | W-450 A 1000 | 450 | 120 | 996 | 0.459 | 26.69 | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | W-450 B 1000 | | | | | 31.91 | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| 5 | W-500 A 1000 | 500 | 120 | 996 | 0.455 | 34.66 | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| | W-500 B 1000 | | | | | 41.03 | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| 6 | W-600 A 1000 | 600 | 120 | 996 | 0.520 | 51.14 | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| | W-600 B 1000 | | | | | 58.83 | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

Sumber: http://solusibetonreadymix.com

### 3.6 Program Geostudio

Menurut *Geostudio International* yang terdapat didalam e-book *Stability Modeling With SLOPE/W* 2007, *Geoslope Office* adalah sebuah paket aplikasi untuk pemodelan geoteknik dan geo-lingkungan. Software ini melingkupi *SLOPE/ W, SEEP / W, SIGMA / W, QUAKE/ W, TEMP / W, dan CTRAN / W*. Yang sifatnya terintegrasi sehingga memungkinkan untuk menggunakan hasil dari satu produk ke dalam produk yang lain. Ini unik dan fitur yang kuat sangat memperluas jenis masalah yang dapat dianalisis dan memberikan fleksibilitas untuk memperoleh modul seperti yang dibutuhkan untuk proyek yang berbeda.

*SLOPE / W* merupakan produk perangkat lunak untuk menghitung faktor keamanan tanah dan kemiringan batuan. Dengan *SLOPE / W*, kita dapat menganalisis masalah baik secara sederhana maupun kompleks dengan menggunakan salah satu dari delapan metode kesetimbangan batas untuk berbagai permukaan yang miring, kondisi tekanan pori-air, sifat tanah dan beban terkonsentrasi. Kita dapat menggunakan elemen tekanan pori air yang terbatas, tegangan statis, atau tekanan dinamik pada analisis kestabilan lereng. Anda juga dapat melakukan analisis probabilistik.

*SEEP / W* adalah salah satu software yang digunakan untuk menganalisis rembesan air tanah, masalah kelebihan disipasi tekanan pori-air. Dengan *SEEP / W*, kita dapat mempertimbangkan analisis mulai dari masalah tingkat kejenuhan yang tetap sampai yang tidak jenuh, tergantung dari masalah itu terjadi.

*SIGMA / W* adalah salah satu software yang digunakan untuk menganalisis tekanan geoteknik dan masalah-masalah deformasi. Dengan *SIGMA / W*, kita dapat mempertimbangkan analisis mulai dari masalah deformasi sederhana hingga masalah tekanan-efektif lanjutan secara bertahap dengan menggunakan model konstitutif tanah seperti linier-elastis, anisotropik linier-elastis, nonlinier-elastis (hiperbolik), elastis-plastik atau Cam-clay.

*QUAKE / W* adalah salah stu software yang digunakan untuk menganalisis gerakan dinamis dari struktur bumi hingga menyebabkan gempa bumi. *QUAKE / W* sangat cocok sekali untuk menganalisis perilaku dinamis dari bendungan

timbunan tanah, tanah dan kemiringan batuan, daerah di sekitar tanah horizontal dengan potensi tekanan pori-air yang berlebih akibat gempa bumi.

*TEMP / W* adalah salah satu software yang digunakan untuk menganalisis masalah panas bumi. Software ini dapat menganalisis masalah konduksi tingkat panas yang tetap . Kita dapat mengontrol tingkat di mana panas diserap atau dibebaskan selama fase perubahan . Kondisi batas termal dapat ditentukan dari memasukkan data iklim, dan kondisi batas disediakan untuk thermosyphons dan pipa pembekuan.

*CTRAN / W* adalah salah satu software yang dalam penggunaannya berhubungan dengan *SEEP / W* untuk pemodelan transportasi kontaminasi. *CTRAN / W* dapat menganalisa masalah yang sederhana seperti pergerakan partikel dalam gerakan air atau serumit menganalisis proses yang melibatkan difusi, dispersi, adsorpsi, peluruhan radioaktif dan perbedaan massa jenis.

*VADOSE / W* adalah salah satu software yang berhubungan dengan lingkungan, permukaan tanah, zona *vadose* dan daerah air tanah lokal. Software ini dapat menganalisa masalah batas *fluks* seperti:

a. rancangan dan memonitor performa satu atau lebih lapisan yang menutupi tambang dan fasilitas limbah rumah,
b. menentukan iklim yang mengontrol distribusi tekanan pori-air pada lereng untuk digunakan dalam analisis stabilitas, dan
c. menentukan infiltrasi, evaporasi dan transpirasi dari proyek-proyek pertanian atau irigasi.

*Seep*3D digunakan untuk pemodelan 3D dari air tanah yang jenuh atau tidak jenuh. Dengan menggunakan *Seep*3D, kita dapat memperluas analisis aliran air tanah regional dengan menyertakan geometri struktur tertentu seperti waduk dan bendungan, hambatan arus *cut off*, rembesan saluran air atau sumur, gabungan aliran dari samping dan bawah lereng, dan infiltrasi dan aliran dalam sistem penghalang limbah.