

# BAB I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Dinding penahan tanah (Retaining Wall) adalah bangunan yang berfungsi menstabilkan tanah pada kondisi tanah tertentu khususnya untuk areal lereng alam dan lereng buatan serta lereng akibat urugan tanah. Ketika kondisi tanah terganggu akibat beberapa hal tertentu, seperti beban gempa, mesin yang menghasilkan getaran, peledakan, air tanah dan lain-lain yang dapat menurunkan sifat fisik dan sifat mekanik dari parameter tanah, akan terjadi kerusakan struktur dan membahayakan jiwa manusia. Untuk meminimalisir kondisi tersebut, kita harus mendesain kestabilan dari struktur dinding penahan tanah tersebut agar mampu menahan beban dari tanah dan pengaruh beban luar.

Besaran tekanan lateral menjadi salah satu faktor utama yang diperhitungkan untuk merencanakan dinding penahan tanah. Tekanan lateral yang terjadi dapat menyebabkan terjadinya geser dan guling. Selain itu hal penting yang harus diperhatikan adalah bentuk struktur dan pelaksanaan konstruksi di lapangan.

Oleh karena itu, kestabilan dinding penahan tanah yang harus diperhitungkan antara lain :

1. Kestabilan tanah terhadap bahaya guling,  
Stabilitas terhadap guling merupakan stabilitas yang ditinjau berdasarkan kondisi tanah yang terguling yang diakibatkan oleh tekanan tanah lateral dari tanah urug di belakang dinding penahan tanah.
2. Kestabilan tanah terhadap bahaya geser,  
Stabilitas terhadap geser yaitu perbandingan gaya-gaya yang menahan dan mendorong dinding penahan tanah. Gaya-gaya yang menahan bahaya geser adalah gesekantara tanah dengan dasar pondasi serta tekanan tanah pasif di depan dinding penahan tanah akibat tanah timbunan.
3. Kapasitas/daya dukung tanah (*bearing capacity*)  
Kapasitas/daya dukung tanah (*bearing capacity*) adalah kekuatan tanah untuk menahan suatu beban yang bekerja padanya yang biasanya

disalurkan melalui pondasi. Daya dukung tanah batas ( $q_u = q_{ult} = \textit{ultimate bearing capacity}$ ) adalah tekanan maksimum yang dapat diterima oleh tanah akibat beban yang bekerja tanpa menimbulkan kelongsoran geser pada tanah pendukung tepat di bawah dan sekeliling pondasi.

Terdapat hal-hal mendasar yang berkaitan dengan tekanan tanah lateral pada dinding penahan tanah, dimana pada umumnya dinding berada di dalam keadaan di bawah ini:

1. Tekanan tanah aktif adalah Tekanan yang berusaha untuk mendorong dinding penahan tersebut untuk bergerak ke depan
2. Tekanan tanah pasif adalah Tekanan yang berusaha mengimbangi atau menahan tekanan tanah aktif

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang masalah tersebut, maka perumusan masalahnya adalah bagaimana merancang dan membangun dinding penahan tanah pada proyek pembangunan turap di Kabupaten Simalungun.

1. Berapa besar nilai dari gaya guling, geser, dan kapasitas daya dukung tanah?
2. Berapa besar pengaruh tekanan tanah aktif dan pasif?
3. Berapa besar pengaruh tekanan turap?

## **1.3 Maksud Dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis tingkat kinerja dinding penahan tanah di daerah Jalan Tanah Jawa Pematang Siantar.

Tujuan penulisan ini adalah:

1. Untuk menganalisa dinding penahan tanah yang ada di daerah proyek pembangunan turap
2. Untuk mengetahui seberapa besar stabilitas dinding penahan tanah terhadap guling, geser, daya dukung tanah, tekanan aktif dan tekanan tanah pasif.

## **1.4 Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat antara lain:

1. Manfaat yang diharapkan dari penulisan ini yaitu agar dapat dijadikan salahsatu referensi bagi penulis skripsi berikutnya supaya mempermudah dalam penulisan Skripsi dinding penahan tanah berikutnya
2. Memberikan pemahaman tentang perhitungan stabilitas konstruksi dinding penahan tanah dan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan
3. Memberikan pemahaman tentang faktor aman terhadap gaya-gaya yang bekerja pada konstruksi dinding penahan
4. Wilayah studi, data tanah yang digunakan dinding penahan tanah

### **1.5 Metode Penulisan**

Metodologi yang dilakukan dalam penulisan skripsi ini berupa studi kasus, yaitu :

1. Bab I Pendahuluan, yang dimana bab ini terdiri dari latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, rumusan masalah, manfaat penelitian, dan metodologi penulisan.
2. Bab II Tinjauan pustaka, yang dimana bab ini terdiri dari landasan teori yang berisi tentang pembahasan dari dinding penahan tanah, pengertian tanah, turap.
3. Bab III Metodologi Penelitian, yang dimana dalam bab ini terdiri dari peta lokasi pelaksanaan proyek, data teknis dinding penahan tanah, metode pengumpulan data, data sondir, tahap permasalahan, dan juga alur skema diagram penulisan.
4. Bab IV Hasil analisis dan pembahasan, di bab ini terdiri dari dimensi dan pembebanan yang bekerja pada dinding penahan tanah.
5. Bab V Kesimpulan dan saran, yang dimana dalam bab ini berisi kesimpulan dan saran dari seluruh penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan dapat dikemukakan masalah yang ada pada penelitian tersebut. Sedangkan saran berisi mencantumkan jalan keluar untuk mengatasi masalah tersebut.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

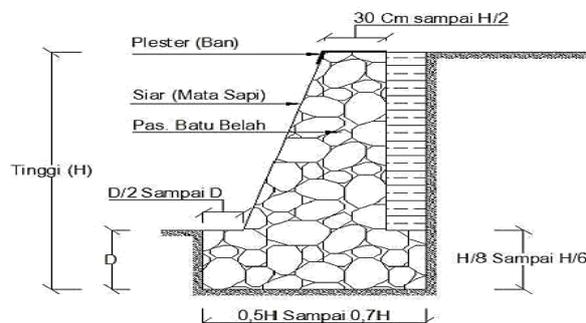
#### 2.1 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi yang berfungsi untuk menahan tanah lepas atau alami dan mencegah keruntuhan tanah yang miring atau lereng yang kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri. Tanah yang tertahan memberikan dorongan secara aktif pada struktur dinding sehingga struktur cenderung akan terguling atau akan tergeser (Tanjung, 2016). Dinding penahan tanah berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya (Tanjung, 2016).

Dinding penahan tanah berfungsi untuk menyokong tanah serta mencegahnya dari bahaya kelongsoran. Baik akibat beban air hujan, berat tanah itu sendiri maupun akibat beban yang bekerja di atasnya (Tanjung, 2016). Terdapat beberapa dinding penahan tanah yang akan dijelaskan yaitu :

1. Dinding penahan tanah tipe gravitasi (*gravity wall*)

Dinding ini dibuat dari beton tidak bertulang atau pasangan batu, terkadang pada dinding jenis ini dipasang tulangan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan akibat perubahan *temperature* (Tanjung, 2016). Dapat dilihat pada Gambar 2.1.

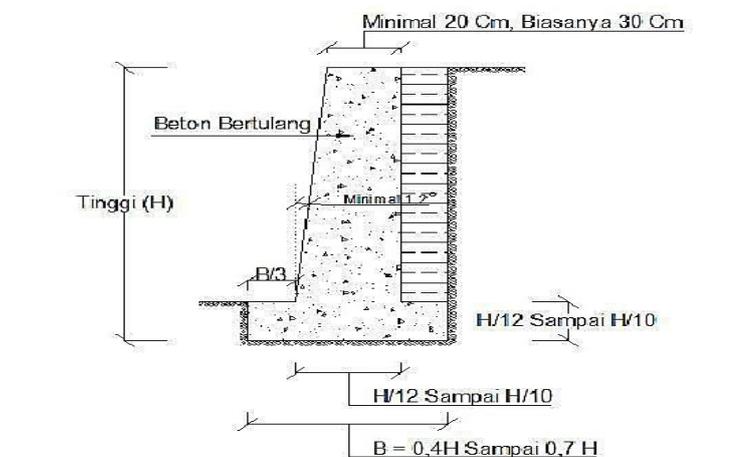


Gambar 2.1 Dinding penahan tanah tipe gravitasi (*gravity wall*)

Sumber: Tanjung, 2016

2. Dinding penahan tipe kantilever (*cantilever retaining wall*)

Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak (*heel*). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertikal (*stem*), tumit tapak dan ujung kaki tapak (*toe*). Biasanya ketinggian dinding ini tidak lebih dari 6 – 7 meter (Tanjung, 2016), dapat dilihat pada Gambar 2.2.

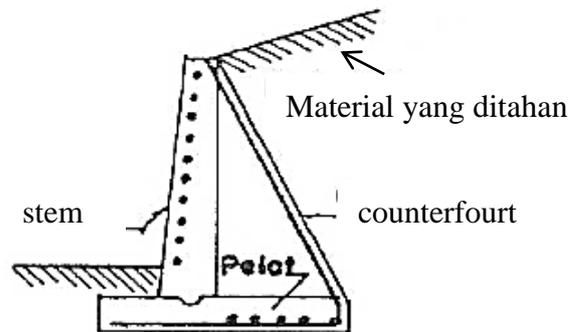


Gambar 2.2 Dinding penahan tanah tipe kantilever (*cantilever retaining wall*)

Sumber: Tanjung 2016

3. Dinding penahan tipe *counterfort*

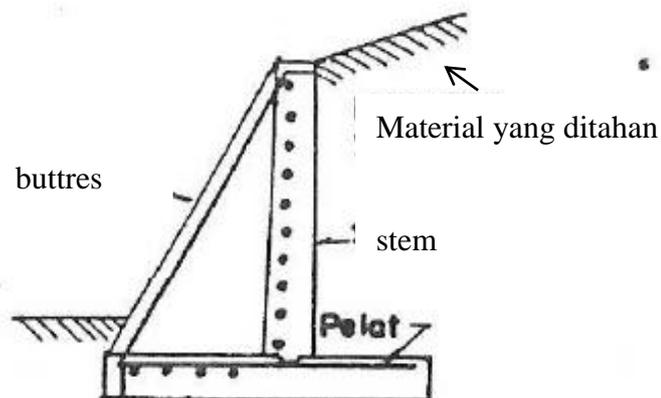
Dinding ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang di bagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertikal yang disebut *counterfort* (dinding penguat). Ruang di atas pelat pondasi diisi dengan tanah urug. Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertikal cukup besar, maka bagian dinding vertikal dan tumit perlu disatukan. *Counterfort* berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertikal dan ditempatkan pada bagian timbunan dengan interval jarak tertentu. Dinding *counterfort* akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter (Tanjung, 2016). Dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Dinding penahan tipe *counterfort*  
 Sumber: Tanjung 2016

4. Dinding penahan tipe *buttress*

Dinding *buttress* hampir sama dengan dinding *counterfort*, hanya bedanya bagian *counterfort* diletakkan di depan dinding. Dalam hal ini, struktur *counterfort* berfungsi memikul tegangan tekan. Pada dinding ini, bagian tumit 10 lebih pendek dari pada bagian kaki. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak. Dinding ini dibangun pada sisi dinding di bawah tertekan untuk memperkecil gaya irisan yang bekerja pada dinding memanjang dan pelat lantai. Dinding ini lebih ekonomis untuk ketinggian lebih dari 7 meter. Kelemahan dari dinding ini adalah penahannya yang lebih sulit daripada jenis lainnya dan pemadatan dengan cara *rolling* pada tanah di bagian belakang adalah jauh lebih sulit (Tanjung, 2016). dapat dilihat pada Gambar 2.4.



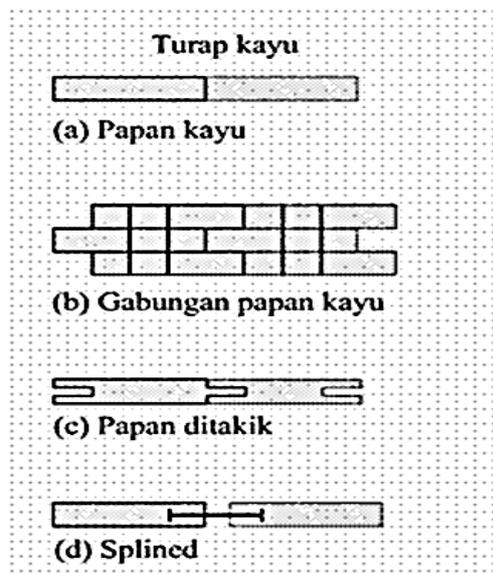
Gambar 2.4 Dinding penahan tipe *buttress*  
 Sumber: Tanjung 2016

## 2.2 Jenis-jenis Turap

Turap sangat penting dalam menjaga longsoran atau gerusan akibat air. Turap juga menahan beban terbesar yg sering digunakan sebagai penahan longsoran, terdapat beberapa jenis jenis turap dan penjelasannya yaitu :

### 1. Turap kayu

Turap kayu digunakan untuk dinding penahan tanah yang tidak begitu tinggi, karena tidak kuat menahan beban-beban lateral yang besar. Turap ini tidak cocok digunakan pada tanah berkerikil, karena turap cenderung pecah bila dipancang. Bila turap kayu digunakan untuk bangunan permanen yang berada di atas muka air, maka perlu diberikan lapisan pelindung agar tidak mudah lapuk. Turap kayu banyak digunakan pada pekerjaan-pekerjaan sementara, misalnya untuk penahan tebing galian. Bentuk-bentuk susunan turap kayu, dapat dilihat pada Gambar 2.5.

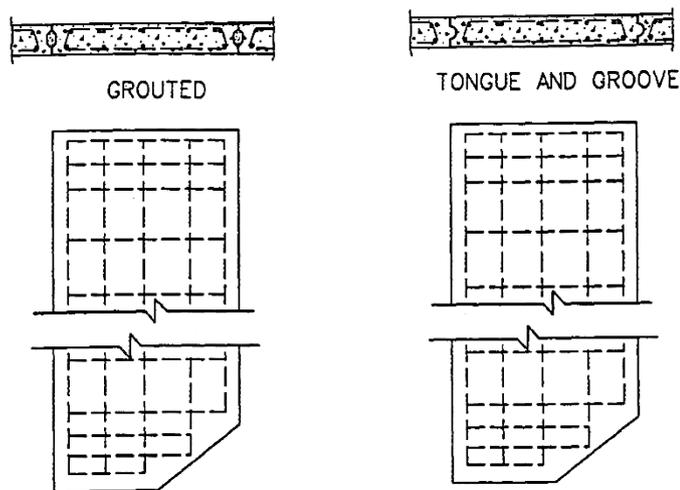


Gambar 2.5 Turap kayu  
Sumber: Braja M.Das 1991

### 2. Turap beton

Turap beton merupakan balok-balok yang telah di cetak sebelum dipasang dengan bentuk tertentu. Balok-balok turap dibuat salingmengkait satu sama

lain. Masing-masing balok, kecuali dirancang kuatmenahan beban-beban yang bekerja pada turap, juga terhadap beban-bebanyang akan bekerja pada waktu pengangkatannya.Ujung bawahturap biasanya dibentuk meruncing untuk memudahkan pemancangan.Turap beton biasa digunakan pada bangunan permanen, dapat dilihat pada Gambar 2.6.



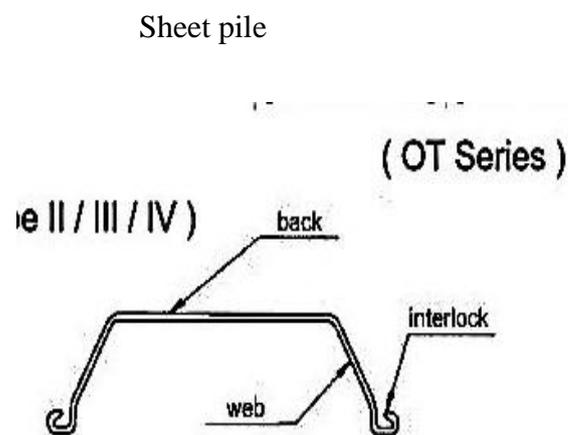
Gambar 2.6 Turap beton  
Sumber: Braja M. Das 1991

### 3. Turap baja

Turap baja adalah jenis paling umum yang digunakan, baik digunakan untuk bangunan permanen atau sementara karena beberapa sifat-sifat sebagai berikut:

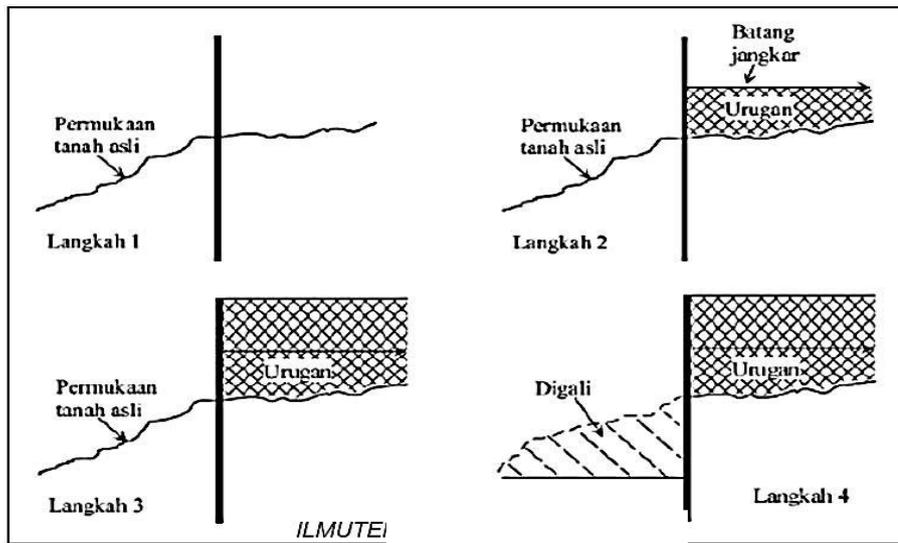
1. Tahan terhadap tegangan dorong tinggi yang dikembangkan di dalam bahan keras
2. Mempunyai berat relatif yang tinggi
3. Dapat dipakai berulang-ulang
4. Umur pemakaiannya cukup panjang baik di atas maupun di bawah air dengan perlindungan sederhana menurut NBS (1962) yang meringkaskan data tentang sejumlah tiang pancang yang diperiksa setelah pemakaian yang berlangsung lama

5. Mudah menambah panjang tiang pancang dengan mengelas maupun dengan memasang baut
6. Sambungan-sambungan sangat sedikit mengalami deformasi bila didesak penuh dengan tanah dan batuan selama pemancangan., dapat dilihat pada Gambar 2.7



Gambar 2.7 Turap Baja  
Sumber: Braja M.Das 1991

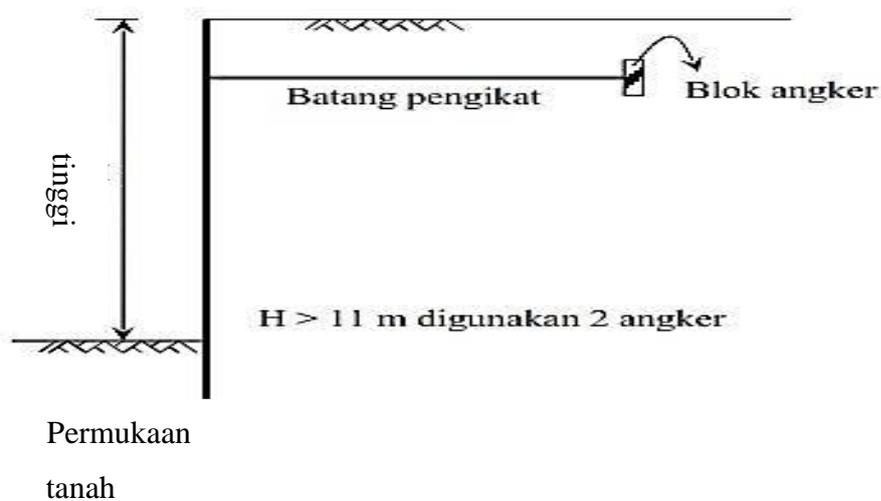
4. Turap kantilever  
Turap kantilever merupakan turap yang dalam menahan beban lateral mengandalkan tahanan tanah didepan dinding. Defleksi lateral yang terjadi relatif besar pada pemakaian turap kantilever. Karena luas tampang bahan turap yang dibutuhkan bertambah besardengan ketinggian tanah yang ditahan (akibat momen lentur yang timbul). Turap kantilever hanya cocok untuk menahan tanah dengan ketinggian / kedalaman yang sedang, dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8 Turap kantilever  
 Sumber: Braja M DAS 1991

5. Turap diangker

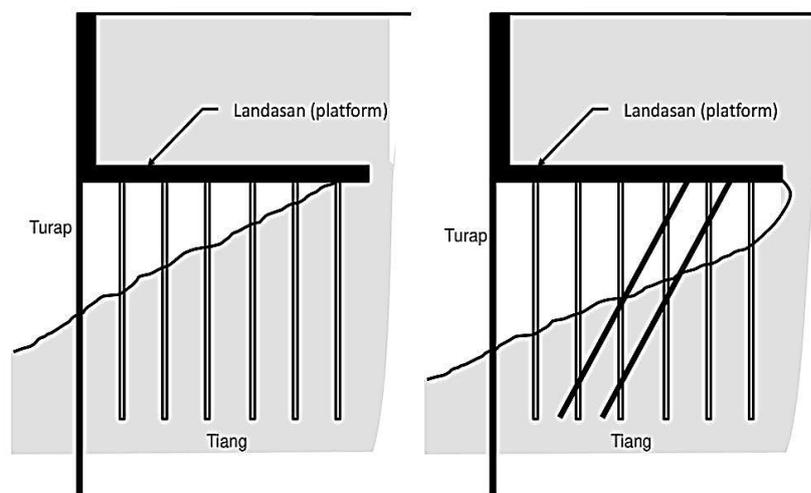
Turap diangker cocok untuk menahan tebing galian yang dalam, tetapi masih juga bergantung pada kondisi tanah. Dinding turap ini menahan beban lateral dengan mengandalkan tahanan tanah pada bagian turap yang terpancang ke dalam tanah dengan dibantu oleh angker yang dipasang pada bagian atasnya, dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Turap diangker  
 Sumber: Braja M DAS 2007

## 6. Turap dengan *platform*

Turap dengan *Platform* dalam menahan tekanan tanah lateral dibantu oleh tiang - tiang, dimana diatas tiang-tiang tersebut dibuat landasan untuk meletakkan bangunan tertentu. Tiang - tiang pendukung landasan juga berfungsi untuk mengurangi beban lateral pada turap. Dinding turap ini dibuat bila di dekat lokasi dinding turap direncanakan akan dibangun jalan kereta api, mesin derek atau bangunan - bangunan berat lainnya, dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Turap dengan platform

Sumber: Braja M DAS 2007

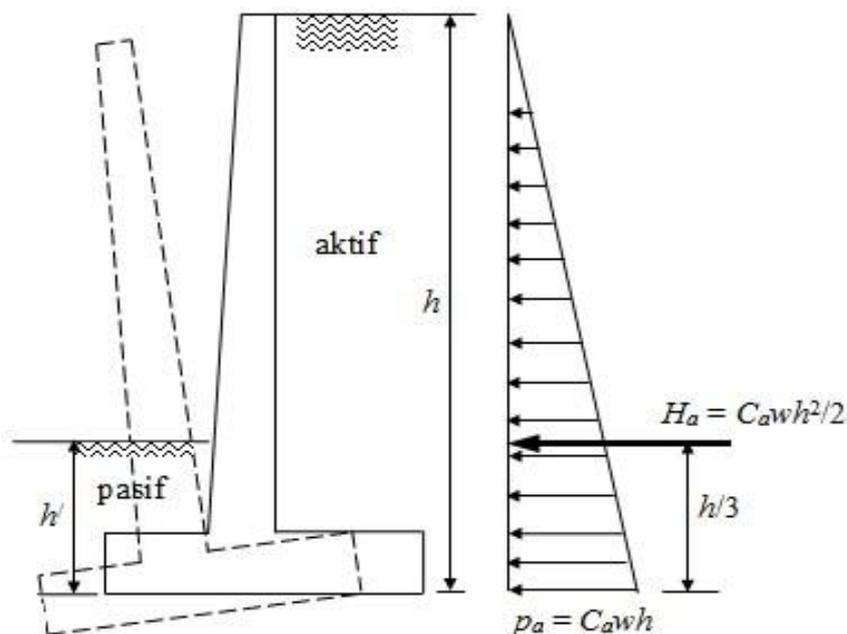
## 2.3 Tanah

Menurut Das (1995), dalam pengertian teknik secara umum, tanah didefinisikan 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 melapuk (yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruangruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut). Tanah berasal dari pelapukan batuan yang prosesnya dapat secara fisik atau kimia. Sifat-sifat teknis tanah kecuali dipengaruhi oleh sifat dari induk bantuannya juga dipengaruhi oleh unsur-unsur luar yang menjadi penyebab terjadinya pelapukan batuan tersebut (Hardiyatmo, 2003)

Terdapat 2 jenis tekanan yang terjadi pada tanah yaitu:

### 2.3.1 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, sedangkan nilai banding tekanan horisontal dan tekanan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif atau  $K_a$ . 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 seperti gambar 2.11 dibawah ini.



Gambar 2.11 Diagram Tekanan Tanah aktif

Sumber: Hardiyatmo, 2003

Nilai tekanan tanah aktif untuk tanah lateral dihitung dengan menggunakan teori Rankine yang dibagi menjadi nilai tekanan tanah aktif untuk tanah datar dan nilai tekanan tanah aktif untuk tanah miring. Untuk menghitung nilai koefisien tanah datar dan tanah miring pada tanah aktif digunakan rumus

seperti dibawah ini. Nilai  $K_a$  untuk tanah datar dinyatakan dalam Persamaan sebagai berikut

$$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 (45^\circ - \phi/2)$$

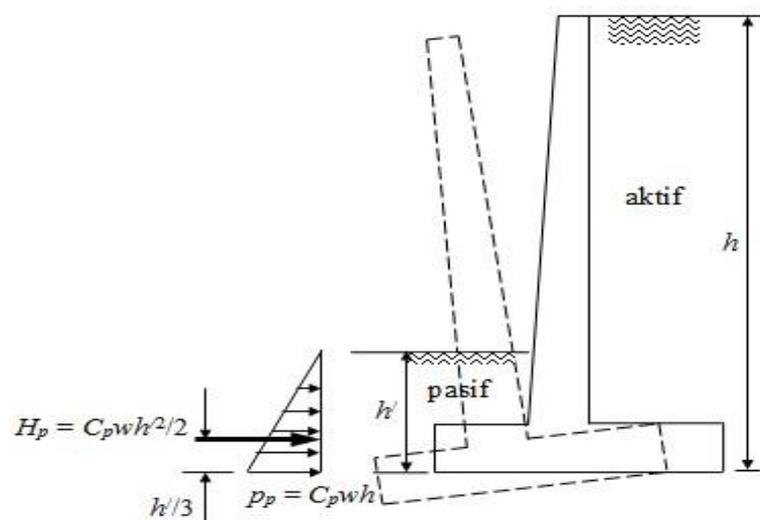
Keterangan:

$\phi$  = Sudut geser tanah ( $^\circ$ )

$K_a$  = Koefisien tanah aktif

### 2.3.1 Tekanan Tanah Pasif

Menurut Hardiyatmo (2003), tekanan tanah pasif adalah tekanan tanah yang terjadi saat gaya mendorong dinding penahan tanah ke arah tanah urugannya, sedangkan nilai banding tekan horisontal dan vertikal yang terjadi didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah pasif atau  $k_p$ . 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 tanah harus menahan gerakan dinding penahan tanah sebelum mengalami keruntuhan seperti gambar 2.12 dibawah ini.



Gambar 2.12 Diagram Tekanan Tanah Pasif

Sumber: Hardiyatmo, 2003

Untuk nilai tekanan tanah pasif untuk tanah lateral dihitung dengan cara yang sama pada tekanan tanah aktif menggunakan teori Rankine yang dibagi menjadi nilai tekanan tanah pasif untuk tanah datar dan nilai tekanan tanah pasif untuk tanah miring. Prosedur perhitungannya digunakan metode Rankine seperti rumus dibawah ini.

Nilai  $K_p$  untuk tanah datar dinyatakan dalam Persamaan sebagai berikut

$$K_p = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \tan^2 (45^\circ - \phi/2)$$

Keterangan:

$\phi$  = Sudut geser tanah ( $^\circ$ )

$K_p$  = Koefisien tanah aktif

Perhitungan untuk tekanan tanah pasif dihitung menggunakan Persamaan dibawah ini

1. Menghitung tekanan tanah pasif untuk tanah non kohesif

Nilai  $P_p$  untuk tanah non kohesif dinyatakan dalam Persamaan berikut ini

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_p$$

2. Menghitung tekanan tanah pasif untuk tanah kohesif

Nilai  $P_a$  untuk tanah kohesif dinyatakan dalam Persamaan berikut ini.

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma \cdot H^2 \cdot K_p - 2c\sqrt{K_p}$$

Keterangan :

$P_p$  = Tekanan tanah pasif (KN/m) $\gamma$

= Berat isi tanah (KN/m<sup>3</sup>)

H = Tinggi dinding (m) c

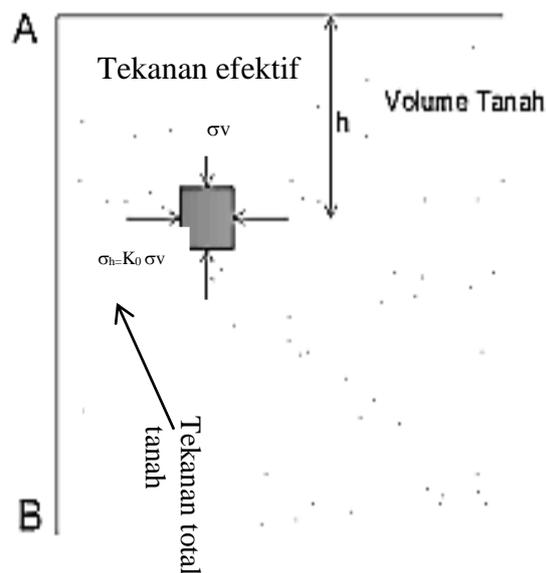
= Kohesi (KN/m<sup>2</sup>)

$K_p$  = Koefisien tanah pasif

Terdapat 3 jenis tekanan tanah lateral yaitu:

1. Tekanan tanah lateral saat diam

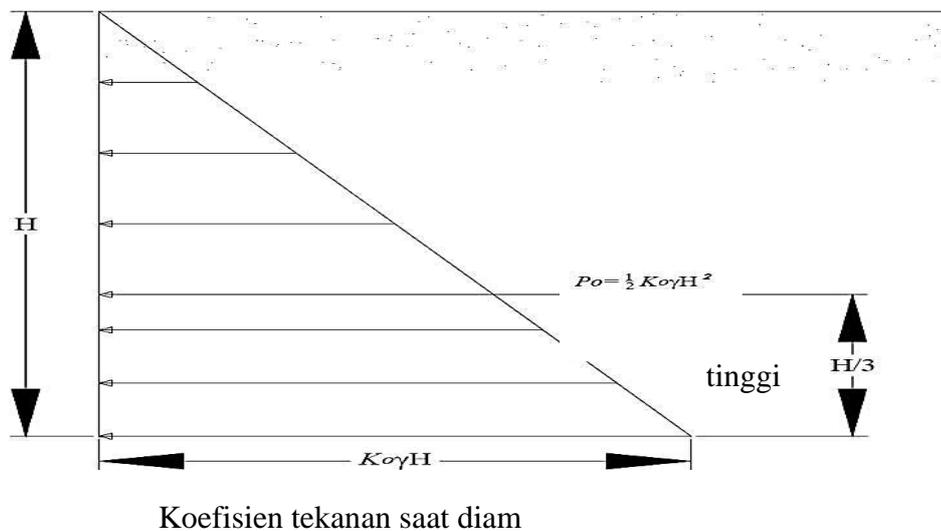
Menurut Hardiyatmo, 2003 tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah dibelakang struktur penahan tanah. Besar tekanan lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanah asli. Pada Gambar 2.11 tanah dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin (*frictionless wall*) AB yang dipasang sampai kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman  $z$  akan mendapatkan tekanan ke arah vertikal  $\sigma_v$  dan horisontal  $\sigma_h$ , dimana  $\sigma_v$  dan  $\sigma_h$  merupakan tekanan efektif dan tekanan total tanah. Tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*) apabila dinding dalam keadaan diam. Koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*coefficient of earth pressure at rest*)  $K_0$  yaitu tekanan arah *horizontal* dan *vertical*, dapat dilihat pada Gambar 2.11.



Gambar 2.13 Tekanan Tanah Dalam Kondisi Diam (*at rest*).

Sumber: Hardiyatmo 2003

Nilai gaya total per satuan lebar dinding sama dengan luas dari diagram tekanan tanah. Diagram tekanan tanah dalam keadaan diam yang bekerja pada dinding setinggi H, seperti Gambar 2.12 akan dijelaskan bagaimana distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam.



Gambar 2.14 Distribusi tekanan tanah dalam keadaan diam (at rest).

Sumber: Hardiyatmo 2003

Hardiyatmo, 2003 mengatakan pada posisi ini tekanan tanah pada dinding akan berupa tekanan tanah saat diam (*earth pressure at rest*) dan tekanan tanah lateral (*horizontal*) pada dinding, pada kedalaman tertentu ( $z$ ),

dengan :

$\sigma_h$  = Tegangan horisontal efektif ( $\text{kN/m}^3$ )

$\sigma_v$  = Tegangan vertikal efektif ( $\text{kN/m}^3$ )

$K_o$  = Koefisien tekanan tanah saat diam

$h$  = Kedalaman dari muka air (m)

## 2. Tekanan Tanah Lateral pada Dinding dengan Permukaan Horisontal

Pada Gambar 2.13 menunjukkan dinding penahan dengan tanah urug tak berkoheesi seperti pasir ( $c = 0$ ), dengan berat volume  $\gamma$  dan sudut gesek dalam

$\phi$ , dan tidak terdapat air tanah. Untuk kedudukan aktif Rankine, tekanan tanah aktif ( $P_a$ ) pada dinding penahan tanah di sembarang kedalaman dapat dilihat pada persamaan 2.2. Pada kedudukan pasif, tekanan tanah aktif ( $P_a$ ) pada kedalaman  $h$  dari puncak dinding penahan dinyatakan oleh:

$$P_a = h \gamma K_a; \text{ untuk } c = 0 \quad (2.1)$$

Tekanan tanah aktif total ( $P_a$ ) untuk dinding penahan tanah setinggi  $H$  dengan luas diagram tekanannya Gambar 2.13 dinyatakan dengan persamaan:

$$P_a = 0.5 H^2 \gamma K_a \quad (2.2)$$

dengan:

$P_a$  = Tekanan tanah aktif (kN/m)

$\gamma$  = Berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)

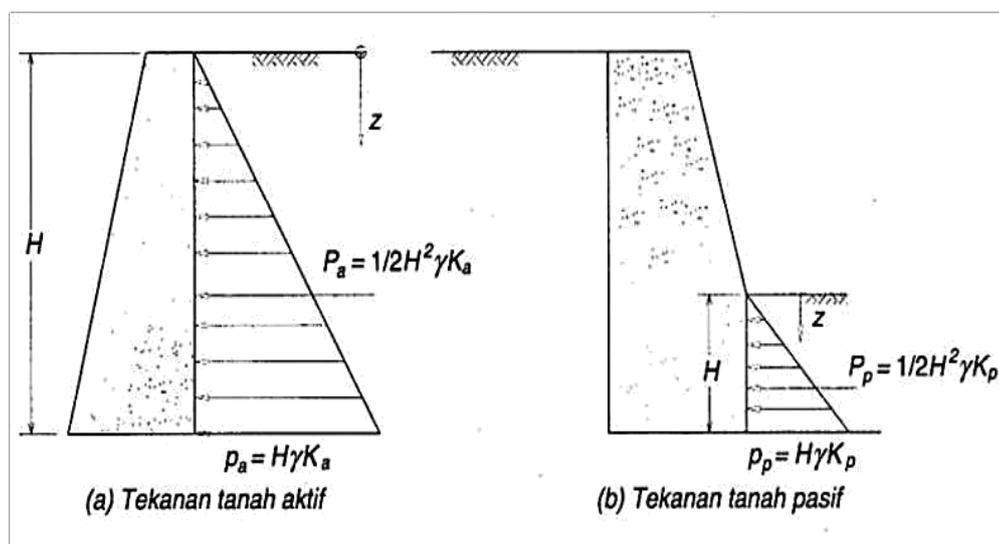
$K_a$  = Koefisien tekanan aktif

$H$  = Tinggi dinding penahan (m)

Distribusi tekanan tanah lateral terhadap dinding penahan untuk kedudukan pasif Rankine, ditunjukkan dalam Gambar 2.13b. Tekanan tanah pasif ( $P_p$ ) pada sembarang kedalaman dinding penahan dinyatakan dalam persamaan:

$$P_p = z \gamma K_p; c = 0$$

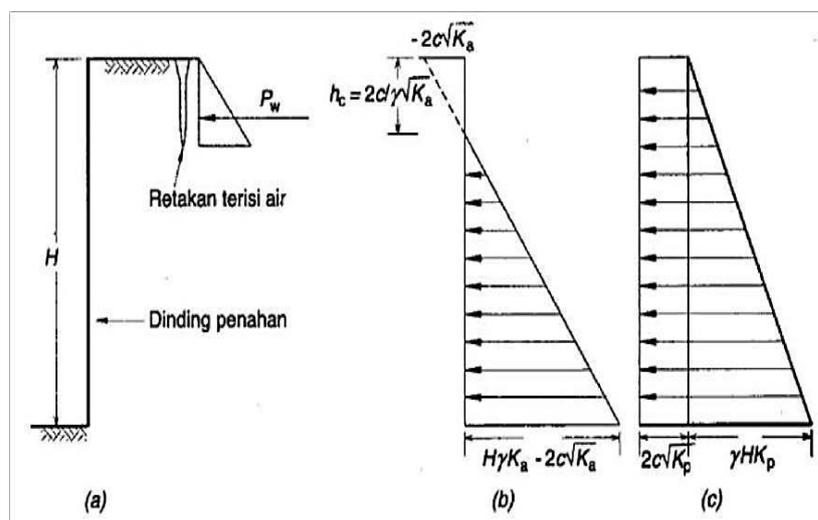
Dapat dilihat pada Gambar 2.13



Gambar 2.15 Distribusi tekanan tanah untuk permukaan tanah horizontal.  
Sumber: Hardiyatmo, 2003

### 3. Tekanan tanah lateral untuk tanah kohesif

Kondisi tanah urugan kembali yang berupa tanah kohesif seperti tanah lempung, besarnya tekanan tanah aktif menjadi berkurang, suatu penyelesaian hitungan tekanan tanah lateral pada dinding penahan dengan tanah urugan kembali untuk tanah berlempung, seperti ditunjukkan dalam Gambar 2.14. Hitungan didasarkan pada persamaan Rankine dan Coulomb dengan mempertimbangkan kondisi – kondisi tegangan pada lingkaran Mohr. Dapat dilihat pada Gambar 2.14.



(a) Pengaruh retakan yang terisi air (b) Diagram tekanan aktif (c) Diagram tekanan pasif

Gambar 2.16 Galian pada tanah kohesif  
Sumber: Hardiyatmo 2003

## 2.4 Beban yang Bekerja pada Dinding Penahan Tanah

Beban adalah sebuah gaya yang dipikul oleh struktur bangunan, termasuk beban hidup dan beban mati pada sebuah bangunan. Jenis-jenis beban yang bekerja pada bangunan struktur serta penjelasannya antara lain:

### 1. Beban mati

Beban mati adalah beban dengan besar yang konstan dan berada pada posisi yang sama setiap saat. Beban ini terdiri dari berat sendiri struktur dan beban lain yang melekat pada struktur secara permanen. Atau beban mati disebut

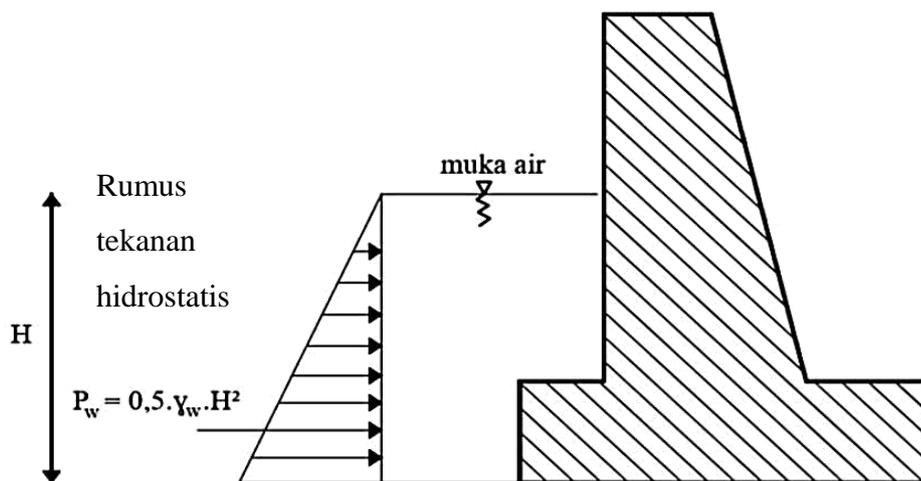
juga dengan berat dari seluruh konstruksi bersifat tetap dan berfungsi untuk menahan tekanan aktif lateral suatu tanah dan air.

2. Beban hidup

Beban hidup adalah seluruh beban tidak tetap yang dapat mempengaruhi berat bangunan dan atau unsur bangunan. Jenis beban hidup lain adalah angin, tekanan tanah, tekanan air, beban lumpur, dan beban yang disebabkan oleh pelaksanaan konstruksi.

3. Tekanan hidrostatik

Gaya tekan air atau gaya hidrostatik adalah gaya horisontal akibat air di hulu dan hilir bendung. Tekanan hidrostatik adalah fungsi kedalaman di bawah permukaan air, dan bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan. Dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.17 Tekanan Air pada Dinding Penahan Tanah

Sumber: Hardyatmo 2003

Pada konstruksi-konstruksi di daerah yang tergenang air atau muka air tanah yang tinggi, maka akan terjadi adanya tekanan hidrostatik yang mengurangi besarnya angka keamanan (SF). Tekanan air akan mempengaruhi gaya vertikal dan menyebabkan tahanan terhadap guling semakin kecil, sehingga kemungkinan terjadinya guling semakin tinggi.

4. Beban gempa

Berdasarkan Pedoman Teknik Penentuan Beban Gempa Pada Bangunan Pengairan Bagian konstruksi Perencanaan Teknik Pengairan Direktorat Jenderal Pengairan, percepatan gempa di lokasi Bendung Kamijoro ditentukan berdasarkan; Lokasi Bendung Kamijoro bertumpu pada batuan maka faktor koreksi  $v = 1,20$ . Dari persamaan tersebut di atas, percepatan gempa di lokasi Bendung Kamijoro memiliki koefisien gempa (E) berkisar antara 0,0661–0,0991 untuk periode 10 tahunan (Balai Besar Wilayah Sungai Serayu Opak, 2014). Dapat kita lihat pada Tabel 2.1 periode ulang dan percepatan.

Tabel 2.1 Periode ulang dan percepatan dasar gempa,  $a_c$

Periode ulang tahun	$a_c$ (gal = cm /dt <sup>2</sup> )
10	90
20	120
100	190
200	220
500	250
1000	280
5000	330

Sumber: KP-06, 2009

## 2.5 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Besaran tekanan lateral menjadi salah satu faktor utama yang diperhitungkan untuk merencanakan dinding penahan tanah. Tekanan lateral yang terjadi dapat menyebabkan terjadinya geser dan guling. Selain itu hal penting yang harus diperhatikan adalah bentuk struktur dan pelaksanaan konstruksi di lapangan. Oleh karena itu, kestabilan dinding penahan tanah yang harus diperhitungkan antara

lain kestabilan tanah terhadap bahaya guling, bahaya geser, serta kapasitas daya dukung. Sehingga konstruksi dinding penahan menjadi aman, dan tidak terjadi keruntuhan.

### 2.5.1 Stabilitas Terhadap Guling

Menurut Hardiyatmo (2002), stabilitas terhadap guling merupakan stabilitas yang ditinjau berdasarkan kondisi tanah yang terguling yang diakibatkan oleh tekanan tanah lateral dari tanah urug di belakang dinding penahan tanah. Penyebab utama bahaya guling ini adalah akibat terjadinya momen, momen ini memiliki kecenderungan menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pelat pondasi. Gaya yang menahan guling adalah momen gaya yang ditimbulkan karena adanya berat sendiri dinding penahan serta momen akibat berat tanah yang ada di atas pelat pondasi.

Faktor keamanan terhadap bahaya penggulingan. Para *engineer* desain biasanya akan memakai FS setidaknya sebesar 1,5 untuk kegagalan guling dinding penahan bertulang. Jumlah momen penahan (*Resisting Moment*) dibagi dengan jumlah momen penyebab guling (*Driving Moment*), nilainya harus lebih besar dari FS.

Menurut Hardiyatmo faktor aman terhadap guling metode terzaghi adalah

$$SF_{\text{guling}} = \frac{\Sigma MR}{\Sigma Mo} > 1,5 \text{ aman} \quad (2.4)$$

### 2.5.2 Stabilitas Terhadap Geser

Menurut Hardiyatmo (2002), stabilitas terhadap geser yaitu perbandingan gaya-gaya yang menahan dan mendorong dinding penahan tanah. Gaya-gaya yang menahan bahaya geser adalah gesekan antara tanah dengan dasar pondasi serta tekanan tanah pasif di depan dinding penahan tanah akibat tanah timbunan. Gerusan akibat air juga mengakibatkan pergeseran tanah

Faktor keamanan terhadap bahaya penggeseran. Kuat geser material timbunan dan tanah pondasi harus cukup lebih besar untuk menahan tegangan horizontal akibat beban hidup yang dikenakan pada massa tanah bertulang. Faktor keamanan untuk dinding penahan agar dapat menahan kegagalan geser biasanya

diambil sebesar 1,5 bagi sebagian besar perancang dinding penahan tanah. Jika ada beban *surchage* sebesar  $q$  bekerja di atasnya, tanah timbunan berupa tanah berbutir ( $c = 0$ ), tekanan tanah aktif total yang ditimbun oleh tanah di belakang struktur dinding penahan bertulang.

Untuk menghitung faktor aman gaya geser adalah

$$FS_{\text{geser}} = \frac{(\Sigma v) \tan\left(\frac{2}{3}\phi\right) + \left(\frac{2}{3}c\right) + Pp}{Pa} > 1,5 \text{ aman.} \quad (2.5)$$

### 2.5.3 Stabilitas Terhadap Kapasitas Daya Dukung

Menurut Hardiyatmo (2002), persamaan kapasitas daya dukung untuk menghitung stabilitas dinding penahan tanah antara lain adalah menggunakan kapasitas dukung Terzaghi, Meyerhof dan Hansen. Menurut Hardiyatmo (2002), persamaan Terzaghi hanya berlaku untuk pondasi yang dibebani secara vertikal dan sentris. Faktor aman dalam memperhitungkan stabilitas terhadap kuat dukung tanah dasar dirumuskan dalam persamaan berikut ini.

$$FS_{\text{Daya Dukung}} = \frac{q_u}{q} > 2 \text{ aman.}$$

Kapasitas dukung ultimit ( $q_u$ ) untuk pondasi memanjang didefinisikan sebagai berikut:

$$q_u = c N_c + D_f \gamma N_q + 0,5 B_\gamma N_\gamma \quad (2.6)$$

Dimana

$c$  = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>)

$D_f$  = kedalaman pondasi (m)

$\gamma$  = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)

$B_\gamma$  = lebar kaki dinding penahan (m)

$N_c, N_q,$  dan  $N_\gamma$  = faktor-faktor kapasitas dukung Terzaghi

Nilai dan faktor daya dukung terzaghi berpengaruh dalam menghitung stabilitas terhadap kapasitas daya dukung tanah, nilai dan faktor daya dukung terzaghi dapat kita lihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Nilai faktor daya dukung Terzaghi

$\Phi$	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$	$N_c'$	$N_q'$	$N_\gamma'$
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1	0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8	1,9	0,5
15	12,9	4,4	2,5	9,7	2,7	0,9
20	17,7	7,4	5,0	11,8	3,9	1,7
25	25,1	12,7	9,7	14,8	5,6	3,2
30	37,2	22,5	19,7	19	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,7	81,3	100,4	34,9	20,5	18,8
45	172,3	173,3	297,5	51,2	35,1	37,7
48	258,3	287,9	780,1	66,8	50,5	60,4
50	347,6	415,1	1153,2	81,3	65,6	87,1

Sumber: Braja M DAS 2011

Nilai  $Nc'$ ,  $Nq'$ , dan  $N\gamma'$  adalah faktor kapasitas dukung tanah pada kondisi keruntuhan geser lokal. Menurut Hardiyatmo, 2007 dalam analisis kapasitas dukung tanah, istilah-istilah berikut ini penting diketahui:

1. Tekanan overburden total (*total overburden pressure*) ( $p$ ) adalah intensitas tekanan total yang terdiri dari berat material di atas dasar fondasi total, yaitu berat tanah dan air sebelum fondasi dibangun.
2. Kapasitas dukung ultimit (*ultimit bearing capacity*) ( $q_u$ ) adalah bagian maksimum persatuan luas yang masih dapat didukung oleh fondasi, dengan tidak terjadi kegagalan geser pada tanah yang mendukungnya. Besarnya beban yang didukung, termasuk beban struktur, beban pelat fondasi, dan tanah urug di atasnya.
3. Kapasitas dukung ultimit neto (*net ultimate bearing capacity*) ( $q_{un}$ ) adalah nilai intensitas beban fondasi neto di mana tanah akan mengalami keruntuhan geser, dengan :

$$D \quad q_{un} = q_u - \gamma \cdot D_f \quad (2.7)$$

dengan:

$$q_{un} = \text{Kapasitas dukung ultimit neto (t/m}^2\text{)}$$

$$q_u = \text{Kapasitas dukung ultimit (t/m}^2\text{)}$$

4. Tekanan fondasi total (*total foundation pressure*) atau intensitas pembebanan kotor (*gross loading intensity*) ( $q$ ) adalah intensitas tekanan total pada tanah didasar fondasi, sesudah struktur selesai dibangun dengan pembebanan penuh. Beban-bebannya termasuk berat kotor fondasi, berat struktur atas, dan berat kotor tanah urug termasuk air di atas dasar fondasi.
5. Tekanan fondasi neto (*net foundation pressure*) ( $q_n$ ) untuk suatu fondasi tertentu adalah tamabahan tekanan pada dasar fondasi, akibat beban mati dan beban hidup dari struktur. Bila dinyatakan dalam persamaan, maka :

$$q_n = q - \gamma \cdot D_f \quad (2.8)$$

dengan :

$$q_n = \text{Tekanan fondasi neto (t/m}^2\text{)}$$

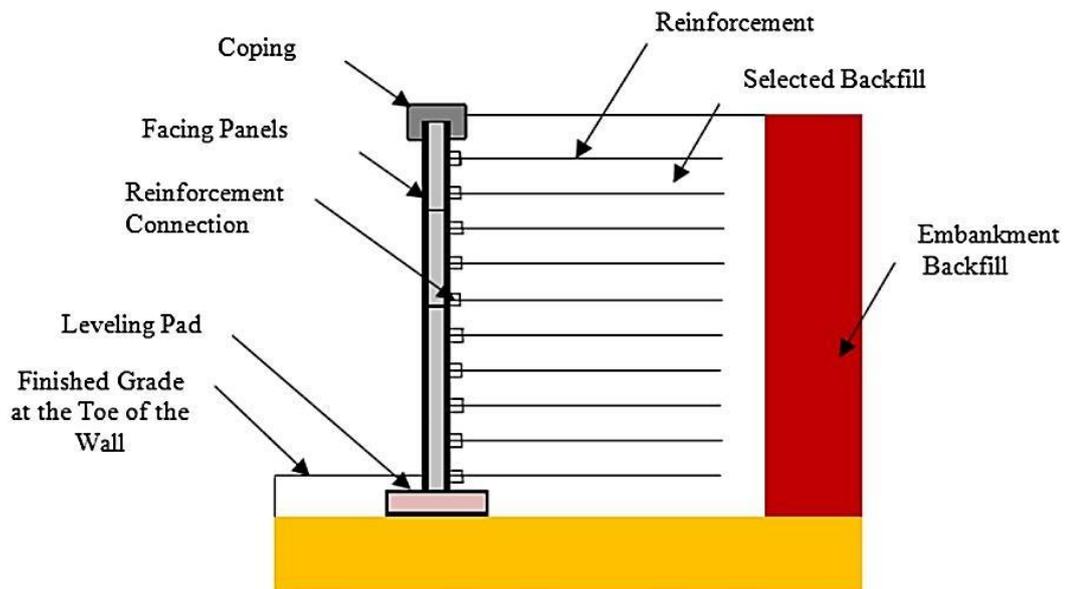
6. Kapasitas dukung perkiraan (*presumed bearing capacity*) adalah intensitas beban neto yang dipandang memenuhi syarat untuk jenis tanah tertentu untuk maksud perancangan awal. Nilai tertentu tersebut didasarkan pada pengalaman *local*, atau dengan hitungan yang diperoleh dari pengujian kekuatan ataupun pengujian pembebanan dilapangan, dengan memperhatikan faktor aman terhadap keruntuhan geser.
7. Kapasitas dukung ijin (*allowable bearing capacity*) ( $q_a$ ) adalah besarnya intensitas beban neto maksimum dengan mempertimbangkan besarnya kapasitas dukung, penurunan dan kemampuan struktur untuk menyesuaikan terhadap pengaruh penurunan tersebut.

#### **2.5.4 Faktor Keamanan Terhadap Kegagalan Stabilitas Global**

Baik lereng *in-situ* dengan tulangan maupun dinding penahan bertulang harus memenuhi syarat stabilitas lereng global. Tanah bertulang dianggap struktur dinding penahan gravitasi. Faktor keamanan terhadap keruntuhan lereng global yang tanahnya telah diperkuat dengan tulangan geogrid (FS tulangan) diambil sebesar 2. Faktor keamanan terhadap kegagalan stabilitas lereng global tanah non-tulangan (FS non-tulangan) biasanya diambil 1,3 sampai 1,5. Dimana faktor aman dari hasil analisis tanah non-tulangan dijumlahkan dengan pembagian stabilitas momen gaya tarik tulangan geogrid dengan momen pengguling.

#### **2.5.5 Sistem Stabilisasi Internal**

Sistem stabilisasi internal merupakan sistem yang memperkuat tanah untuk mencapai kestabilan yang dibutuhkan. Sistem ini berkembang semenjak tahun 1960 dan dibagi menjadi dua kategori yaitu *Reinforced Soils* dan *In Situ Reinforcement*. *Reinforced Soil* merupakan sistem yang menambah material perkuatan saat tanah diurug, sedangkan *In Situ Reinforcement* merupakan sistem yang menambah material perkuatan dengan cara dimasukkan ke dalam tanah. dapat dilihat pada Gambar 2.16.



Gambar 2.18 *Mechanically stabilized earth*

Sumber: *Earth retaining structures manual, 2010*

Massa tanah bertulang dibagi menjadi dua daerah, zona aktif dan zona penahan. Zona aktif berada tepat di belakang muka dinding. Pada daerah ini, tanah cenderung bergerak menjauh dari tanah di belakangnya. Tegangan yang berasal dari gerakan ini diarahkan keluar dari dinding, dan harus ditahan oleh tulangan. Gaya-gaya pada tulangan dipindahkan ke zona penahan dimana tegangan geser tanah dikerahkan di arah yang berlawanan untuk mencegah tercabutnya tulangan.

### 2.5.6 Kuat Geser Tanah

Kuat geser tanah adalah kemampuan tanah melawan tegangan geser yang terjadi pada saat terbebani. Keruntuhan geser (*shear failure*) tanah terjadi bukan disebabkan karena hancurnya butir-butir tanah tersebut tetapi karena adanya gerak relatif antara butir-butir tanah tersebut (Budi Santosa, dkk., 1998). Parameter kuat geser tanah diperlukan untuk analisis kapasitas dukung tanah, stabilitas lereng, dan gaya dorong pada dinding penahan tanah. Menurut teori Mohr (1910, dalam Hardiyatmo, 2002) kondisi keruntuhan suatu bahan terjadi akibat adanya kombinasi keadaan kritis dan tegangan normal dan

tegangan geser. Kuat geser tanah menurut (Hardiyatmo, 2002), adalah gaya perlawanan yang dilakukan oleh butir-butir tanah terhadap desakan atau tarikan. Dengan dasar pengertian ini, bila pembebanan akan ditahan oleh :

1. Kohesi tanah yang bergantung pada jenis tanah dan kepadatannya, tetapi tidak tergantung dari tegangan normal yang bekerja pada bidang geser
2. Gesekan antara butir tanah yang besarnya berbanding lurus dengan tegangan normal pada bidang gesernya

## **2.6 Metode Perhitungan Dinding Penahan Tanah**

Perhitungan stabilitas turap dilakukan dengan menggunakan metode perhitungan. Pemancangan Turap Kantilever dan Pemancangan Turap Diangker dengan memperhitungkan berbagai variasi elevasi muka air pada sisi aktif dan sisi pasif turap dan memperhitungkan panjang kedalaman pembenaman untuk kondisi pancang turap dari baja. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan momen lentur maksimum ( $M_{maks}$ ) dan momen bending yang timbul pada turap dan besarnya gaya angkur.

### **2.6.1 Metode Perhitungan Ujung bebas (*Free Earth Method*)**

Dalam metode ini diasumsikan bahwa kedalaman turap tidak mencapai tanah keras sehingga ujung bawah turap tidak cukup kaku dan dapat berotasi. Kedalaman turap dibawah dasar galian dianggap tidak cukup untuk menahan tekanan tanah yang terjadi pada bagian atas dinding turap. Anggapan dalam analisis stabilitas turap diangker dengan metode ujung bebas :

- a. Turap merupakan bahan yang sangat kaku dibandingkan dengan tanah disekitarnya.
- b. Kondisi tekanan tanah yang bekerja dianggap memenuhi syarat teori Rankie atau Coulomb.
- c. Turap dianggap berotasi dengan bebas diujung bawah dan tidak diizinkan bergerak secara lateral ditempat angker.

## 2.6.2 Metode Perhitungan Ujung Tetap ( *Fixed Earth Method* )

Dalam metode ini diasumsikan bahwa kedalaman turap sudah mencapai tanah keras sehingga ujung bawah tetap kaku. Kedalaman penembusan turap dibawah dasar galian dianggap sudah cukup dalam, sehingga tanah dibawah dasar galian mampu memberikan tahanan pasif yang cukup untuk mencegah ujung bawah turap berotasi. Anggapan dalam analisis stabilitas turap diangker dengan metode ujung tetap:

- Kondisi tekanan tanah yang bekerja dianggap memenuhi syarat teori Rankine atau Coulomb.
- Turap bebas berotasi, namun tidak diizinkan bergerak pada angkernya.
- Titik balik ditentukan dari teori elastisitas. Pada metode ujung tetap hanya cocok untuk turap yang secara keseluruhan terletak dalam tanah granuler.

Menurut Hary Christady Hardiyatmo (2002), untuk menghitung stabilitas turap dipakai persamaan teori tekanan tanah Rankine dengan rumus sebagai berikut :

$$P_a = P_a = \frac{\gamma h^2}{2} \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} = \frac{\gamma h^2}{2} \tan^2 \left( 45 - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.9)$$

$$P_p = P_p = \frac{\gamma h^2}{2} \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi} = \frac{\gamma h^2}{2} \tan^2 \left( 45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.10)$$

Dimana :

$P_a$  : Tekanan tanah aktif (t/m<sup>2</sup>)

$P_p$  : Tekanan tanah pasif (t/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  : Berat volume tanah dibawah air (t/m<sup>3</sup>)

$H$  : Jarak dari permukaan tanah (m)

$\phi$  : Sudut geser dalam untuk tanah (°)

Cara menghitung koefisien tekanan tanah berdasarkan persamaan Rankine yaitudengan cara sebagai berikut :

$$K_a = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.11)$$

$$K_p = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \quad (2.12)$$

Dapat kita lihat pada Tabel 2.3 mengenai standart dan ukuran sheet pile tipe U dan spesifikasi sheet pile tipe U

Tabel 2.3 Size and specification steel sheet pile type U type Standard JISA 5523/JISA 5528

t y p e	Size			Per piece				Per meter			
	Effective Width	Effective Height	Thick ness	Section Area	Moment of Inertia Lx	Section Modulus Zx	Weight	Section Area	Moment of Inertia Lx	Section Modulus Zx	Weight
	Mm	Mm	Mm	Cm <sup>2</sup>	Cm <sup>4</sup>	Cm <sup>3</sup>	kg/m	cm <sup>2</sup> /m	cm <sup>4</sup> /m	cm <sup>3</sup> /m	kg/m
FSPII	<b>400</b>	<b>125</b>	<b>13</b>	<b>76.42</b>	<b>2220</b>	<b>223</b>	<b>60</b>	<b>191</b>	<b>16800</b>	<b>1340</b>	<b>150</b>
FSPIV	<b>400</b>	<b>170</b>	<b>15.5</b>	<b>96.99</b>	<b>4670</b>	<b>362</b>	<b>76.1</b>	<b>242,5</b>	<b>38600</b>	<b>2270</b>	<b>190</b>
FSPVi	<b>500</b>	<b>200</b>	<b>24.3</b>	<b>133.8</b>	<b>7960</b>	<b>520</b>	<b>105</b>	<b>267.6</b>	<b>63000</b>	<b>3150</b>	<b>210</b>
FSPVii	<b>500</b>	<b>225</b>	<b>27.6</b>	<b>173</b>	<b>11400</b>	<b>680</b>	<b>120</b>	<b>306</b>	<b>86000</b>	<b>3820</b>	<b>240</b>
KSPIiw	<b>600</b>	<b>130</b>	<b>10.3</b>	<b>78.7</b>	<b>2110</b>	<b>203</b>	<b>61.8</b>	<b>131.2</b>	<b>13000</b>	<b>1000</b>	<b>103</b>
KSPIIiw	<b>600</b>	<b>180</b>	<b>13.4</b>	<b>103.9</b>	<b>5220</b>	<b>376</b>	<b>81.6</b>	<b>173.2</b>	<b>32400</b>	<b>1800</b>	<b>136</b>
KSPIvw	<b>600</b>	<b>210</b>	<b>18</b>	<b>135.3</b>	<b>8630</b>	<b>539</b>	<b>106</b>	<b>225.5</b>	<b>56700</b>	<b>2700</b>	<b>177</b>

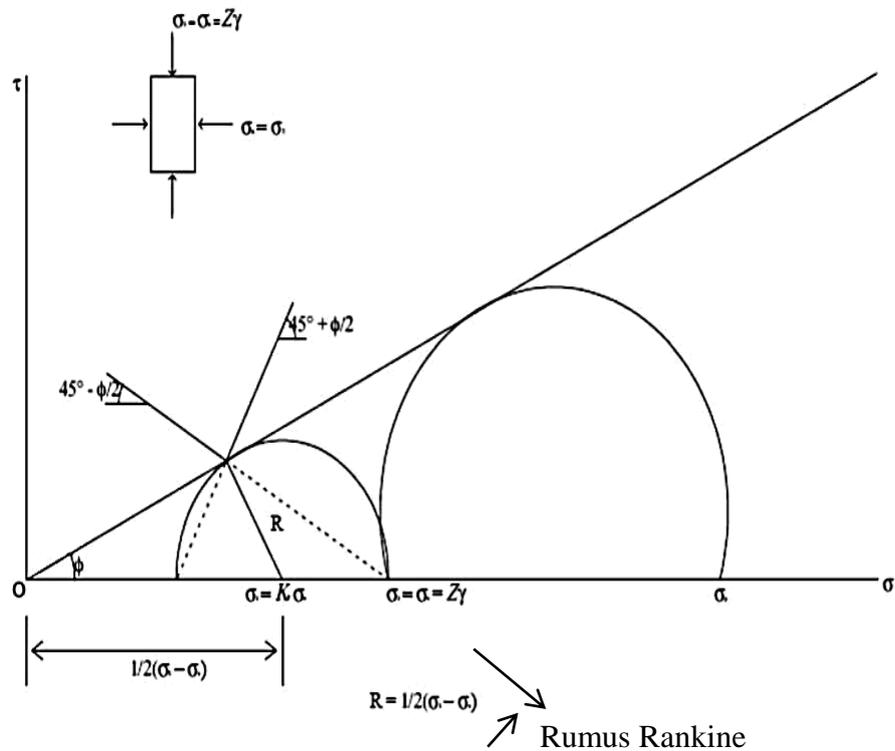
Sumber: Hardiyatmo 2003

### **2.6.3 Metode Perhitungan Elemen Plaxis**

Plaxis (*Finite Element Code for Soil and Rock Analysis*) merupakan suatangkaian program elemen hingga yang telah dikembangkan untuk menganalisis deformasi dan stabilisasi geoteknik dalam perencanaan-perencanaan sipil. Grafik prosedur-prosedur input data (*soil properties*) yang sederhana mampu menciptakan model-model elemen hingga yang kompleks dan menyediakan output tampilan secara detail berupa hasil-hasil perhitungan. Perhitungan program ini seluruhnya secara otomatis dan berdasarkan pada prosedur-prosedur penulisan angka yang tepat. Konsep ini dapat dikuasai oleh pengguna baru dalam waktu yang relatif singkat setelah melakukan beberapa latihan.

### **2.6.4 Metode Rankine**

Ditinjau suatu tanah tak berkohesi yang homogen dan isotropis yang terletak pada ruangan semi tak terhingga dengan permukaan horizontal, dan dinding penahan vertikal berupa dinding yang licin sempurna. Untuk mengevaluasi tekanan tanah aktif dan tahanan tanah pasif, ditinjau kondisi keseimbangan batas pada suatu elemen di dalam tanah, dengan kondisi permukaan yang horisontal dan tidakada tegangan geser pada kedua bidang vertikal maupun horizontalnya. Dianggap tanah ditahan dalam arah horisontal. Pada kondisi aktif sembarang elemen tanah akan sama seperti benda uji dalam alat triaksial yang diuji dengan penerapan tekanan sel yang dikurangi, sedangkan tekanan aksial tetap. Ketika tekanan horisontal dikurangi pada suatu nilai tertentu, kuat geser tanah pada suatu saat akan sepenuhnya berkembang dan tanah kemudian mengalami keruntuhan. Gaya horisontal yang menyebabkan keruntuhan ini merupakan tekanan tanah aktif dan nilai banding tekanan horisontal dan vertikal pada kondisi ini, merupakan koefisien tekanan aktif (*coefficient of active pressure*) tekanan tanah aktif dan pasif adalah tekanan yg bekerja untuk menekan tanah yg bekerja pada tanah yang ditopang.



Gambar 2.19 Tegangan Rankine dengan menggunakan lingkaran ,Mohr

Sumber: Hardiyatmo, 2003

## 2.7 Tiang Pancang

Menurut Anugrah Pamungkas dan Erny Hananti (2013), suatu pondasitiang terdiri lebih dari satu tiang atau disebut tiang kelompok. Tiang kelompok ini disatukan oleh kepala tiang yang disebut *pile cap* atau *poer*. *Pile cap* berfungsi untuk mengikat tiang-tiang menjadi satu kesatuan dan memindahkan beban kolom kepada tiang. *Pile cap* terbuat dari beton bertulang, dituangkan langsung padatanah kecuali jika tanah bersifat ekspansif. Perencanaan *pile cap* dilakukan dengan anggapan sebagai berikut :

1. *Pile cap* sangat kaku
2. Ujung atas tiang menggantung pada *pile cap*. Karena itu, tidak ada momen lentur yang diakibatkan oleh *pile cap* ke tiang

3. Tiang merupakan kolom pendek dan elastis. Karena itu, distribusi tegangan dan deformasi membentuk bidang rata.

• Cara Perhitungan Penulangan *Pile Cap* yaitu :

1. Menentukan syarat-syarat batas dan bentangnya

2. Menentukan tebal *pile cap*

3. Menghitung pembebanan ultimate

$$WU = WD + WL \quad (2.13)$$

WD = Jumlah beban mati

WL = Jumlah beban hidup

4. Menentukan momen-momen yang bekerja

5. Menghitung dan menggambar tulangan (*Istimawan Dipohusodo, 1994*)

- Menentukan tinggi efektif ( $d_{eff}$ )

$$d_{eff} = h - s - \text{\textcircled{t}ulangan sengkang} - \frac{1}{2} \text{\textcircled{t}ulangan utama} \quad (2.14)$$

Dimana,

$h$  = tebal *pile cap*

$s$  = tebal selimut beton

Sesuai dengan tabel perencanaan beton bertulang didapat nilai  $\rho$

Dimana  $\rho_{min} < \rho < \rho_{maks}$

$$A_s = \rho_{min} \times b \times d \quad (2.15)$$

- Menentukan nilai  $k$  perlu

$$K = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d_{eff}^2} \quad (2.16)$$

### 2.7.1 Penggolongan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang dapat di golongkan berdasarkan yaitu :

1. Material atau bahan yang digunakan :

a. Pondasi Tiang Kayu

Tiang pancang jenis ini biasanya digunakan sebagai penyangga rumah-rumah panggung seperti di Kalimantan dan Sumatera. Selain itu, Pancang Kayu juga biasa digunakan untuk rumah-rumah nelayan yang berada di pesisir laut atau sungai.

b. Pondasi Tiang Beton

Pada umumnya tiang pancang jenis ini yang sering digunakan adalah tiang pancang pipa. Namun ada juga tiang pancang baja yang berbentuk persegi panjang untuk keperluan konstruksi tertentu.

c. Pondasi Tiang Baja

Tiang pancang jenis ini bermaterikan beton dimana terdapat beberapa proses pembuatannya seperti, tiang pancang beton dengan cara cor ditempat (Cast in place) dan tiang pancang beton yang dibuat ditempat lain atau dibuat suatu pabrik tertentu (Precast pile)

d. Pondasi Tiang Komposit (Gabungan antara kayu dengan beton atau baja dengan beton)

Pondasi tiang pancang komposit adalah jenis pondasi tiang pancang yang memadukan berbagai macam jenis bahan lain seperti beton, kayu maupun baja

2. Teknik Pemasangan :

Pondasi tiang beton berdasarkan teknik pemasangan dibagi menjadi 2 macam, yaitu:

a) Pondasi tiang beton pra cetak (*pre-cast concrete pile*)

Pondasi tiang beton pra cetak disebut juga pondasi tiang pancang beton yaitu pondasi tiang beton yang dicetak terlebih dahulu di tempat lain atau dibuat dipabrik (*prefabricated pile*) dan baru dipancang sesuai umur beton setelah  $\pm 28$  hari (beton konvensional), sedang untuk beton dengan menggunakan bahan tambah (*additive*), waktu dapat lebih dipersingkat. Panjang tiang terbatas sesuai dengan alat transport yang ada (*trailer*), untuk kedalaman yang cukup besar biasanya jenis tiang ini diperlukan penyambungan. Kemudian dipancarkan ditempat yang telah ditentukan. Pondasi tiang pancang beton, ujungnya dapat dibuat runcing seperti ujung pensil ataupun rata.

Konstruksinya bias menggunakan beton konvensional maupun beton pra tegang (*prestress*). Jumlah tulangan ditentukan berdasarkan momen yang terjadi pada saat tiang akan diangkat dan perencanaan konstruksi tiang disesuaikan dengan Peraturan Beton Bertulang Indonesia.

Cara pengangkutan tiang beton bertulang dapat dilakukan sebagai berikut :

1. Satu tumpuan, bila ukuran tiang pendek.
2. Dua tumpuan, bila ukuran tiang panjang.

Dalam hal ini yang penting diusahakan besarnya momen positif sama dengan momen negatif dengan cara menggeser letak tumpuan. Kapasitas daya dukung pondasi tiang pancang beton yaitu berkisar antara 30-50 ton. Kelemahan dari pondasi tiang pancang beton adalah dalam hal pembuat maupun penanganan setelah selesai dibuat. Diperlukan tempat yang relatif luas untuk pencetakannya, memerlukan waktu siap dipancangkan, memerlukan peralatan berat untuk penanganan transportasi maupun pemancangannya.

b) Pondasi tiang beton cor di tempat (*cast-in place concrete pile*)

Pondasi tiang beton yang dalam pelaksanaannya dilakukan dengan pengeboran tanah terlebih dahulu. Keuntungan penggunaan pondasi ini antara lain:

1. Tidak menimbulkan kebisingan yang berarti
2. Tidak menimbulkan getaran yang kuat terhadap bangunan disekitarnya karena pembuatannya dengan sistem bor. Pondasi ini sangat cocok bila digunakan pada tempat-tempat yang padat oleh bangunan-bangunan, karena tidak terlalu bising dan getarannya tidak menimbulkan dampak negatif terhadap bangunan sekitarnya. Namun pembuatan pondasi ini memerlukan alat berat, sehingga hanya digunakan pada pekerjaan atau proyek yang besar-besar saja.

Contoh : Pondasi Tiang Franki, Pondasi Tiang Raymond, Pondasi Tiang Bor, Pondasi Tiang Strauss dan lain-lain.

3. Cara Penyaluran Bebannya :

- a. Pondasi Tiang dengan Daya Dukung Ujung (*End Bearing Pile*)

- b. Pondasi Tiang dengan Daya Dukung Gesek (*Friction Pile*)
- c. Pondasi Tiang dengan Daya Dukung Kombinasi Daya Dukung Ujung dan Daya Dukung Gesek

### 2.7.2 Kontrol Gaya yang Dipikul Terhadap Gaya Ijin Tiang

Kontrol gaya yang dipikul tiap tiang terhadap daya dukung ijin tiang harus memenuhi syarat sebagai berikut : Gaya yang dipikul tiap tiang < Daya Dukung Ijin Tiang. Gaya yang dipikul tiap tiang adalah total beban mati dan beban bergerak. Akibat beban mati-Akibat beban hidup. Kombinasi pembebanan (SK SNI T-15-1991-03 Pasal 3.2.2 hal 13).

Total beban = DD + DL. Apabila diasumsikan tiap tiang memikul beban yang sama, sehingga total beban dapat dibagi dengan jumlah tiang. Beban yang dipikul

$$\text{per tiang} = \frac{\text{Total Beban}}{\text{Jumlah Tiang Pancang}}$$

### 2.7.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

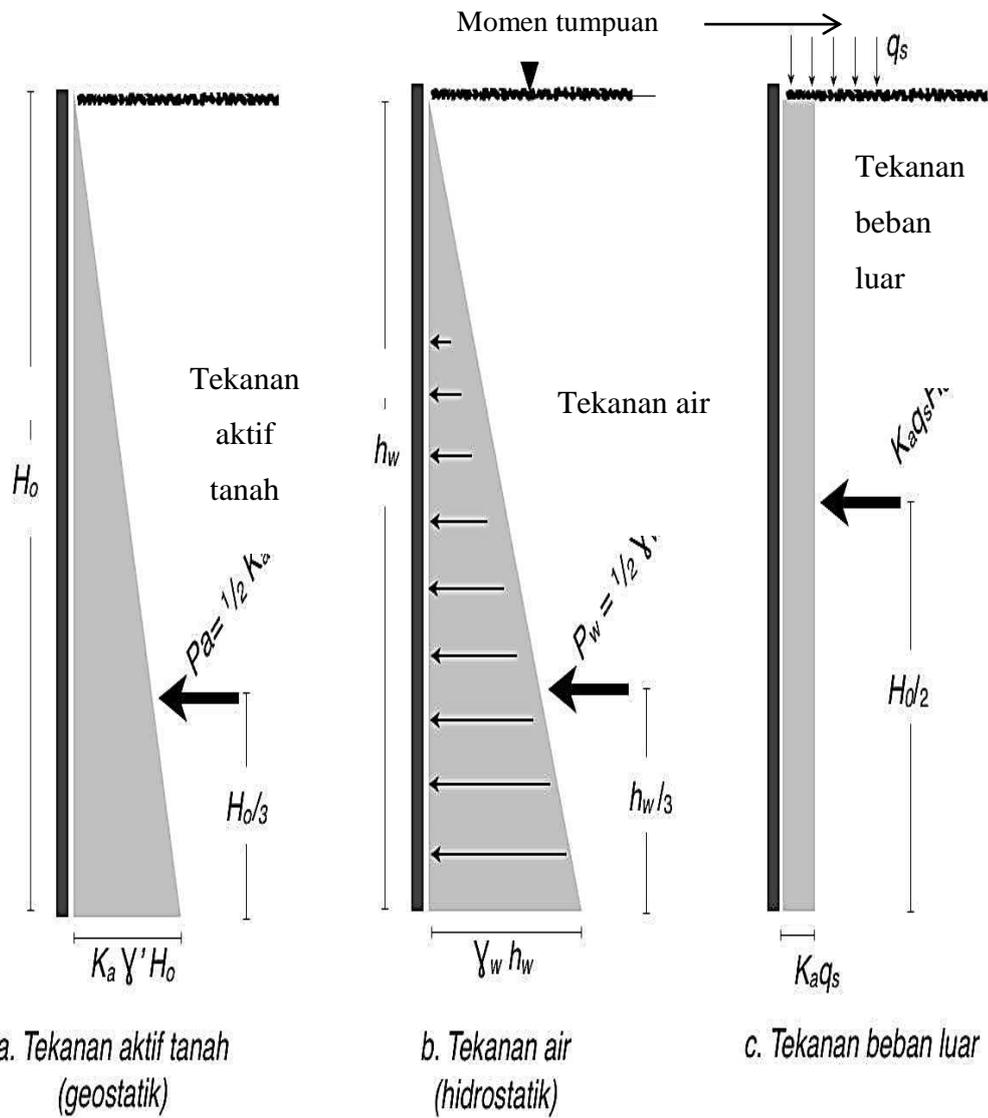
Kapasitas kelompok tiang tidak selalu sama dengan jumlah kapasitas tiang tunggal yang berada dalam kelompoknya. Hal ini disebabkan jika tiang pancang dalam lapisan pendukung yang mudah mampat atau dipancang pada lapisan tanah. Stabilitas kelompok tiang tergantung pada :

1. Kemampuan tanah disekitar tiang dan dibawahnya
2. Pengaruh konsolidasi tanah yang terletak dibawah kelompok tiang.

Untuk menentukan daya dukung tiang maka harus dihitung dulu faktor efisiensi dari tiang tersebut dalam kelompok.

### 2.7.4 Perhitungan Panjang Pemancangan

Untuk mendapatkan panjang turap yang diperlukan dengan memakai perhitungan Keseimbangan batas, dimana pemancangan dapat diperoleh dengan menyelidiki keseimbangan antara momen akibat tekanan tanah aktif dan akibat tekanan tanah pasif, diukur dari penopang yang paling bawah pada kedalaman tertentu. Keseimbangan diperoleh pada kedalaman dari dasar penggalian sampai ke kedudukan di mana sama besarnya, dapat dilihat pada Gambar 2.18.

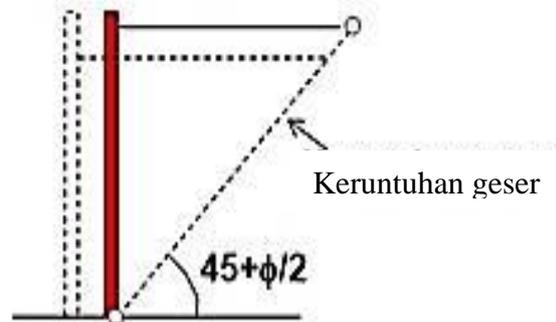


Gambar 2.20 Tekanan tanah pada dinding turap

Sumber: Braja M DAS 1991

Konsep Tekanan Tanah yaitu:tekanan tanah aktif dapat dilihat pada Gambar 2.19.

Dinding bergerak keluar

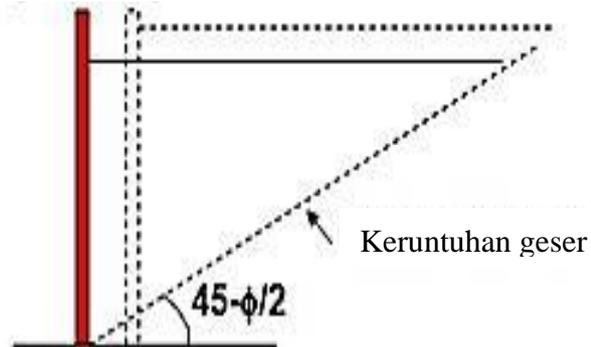


Gambar 2.21 Tekanan tanah aktif

Sumber: Braja M DAS 2011

Tekanan tanah pasif dapat di lihat pada Gambar 2.20 berikut:

Dinding terdorong ke arah tanah



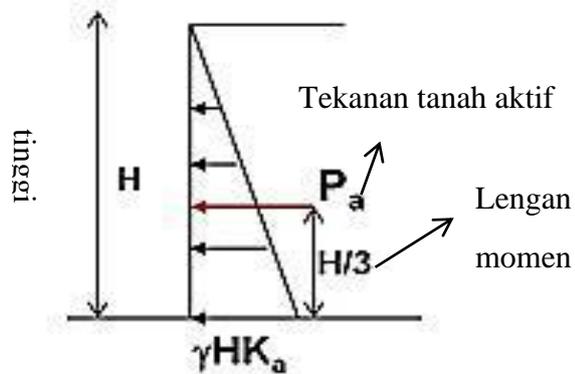
Gambar 2.22 Tekanan tanah pasif

Sumber: Braja M Das 1991

Besarnya tekanan tanah didapat dengan:

1. Tekanan tanah aktif :  $P_a = 0,5 H^2 \gamma K_a$
2. Tekanan tanah pasif :  $P_p = 0,5 H^2 \gamma K_p$

Tekanan tanah dan lengan momen dapat dilihat pada Gambar 2.21



Rumus tekanan tanah dan  
lengan momen =  $\gamma H K_a$

Gambar 2.23 Tekanan tanah dan lengan momen

Sumber: Braja M DAS 1991

Dimana:

$\gamma$  = Berat isi tanah ( $T/m^3$ )

H = Ketinggian lapisan tanah

$K_a$  = Koefisien tekanan tanah aktif

H/3 = Lengan momen

Untuk tanah dengan permukaan rata atau  $\beta = 0$

$$1. \quad K_a = \tan^2 (45 - \phi/2) \quad (2.17)$$

$$2. \quad K_p = \tan^2 (45 + \phi/2) \quad (2.18)$$

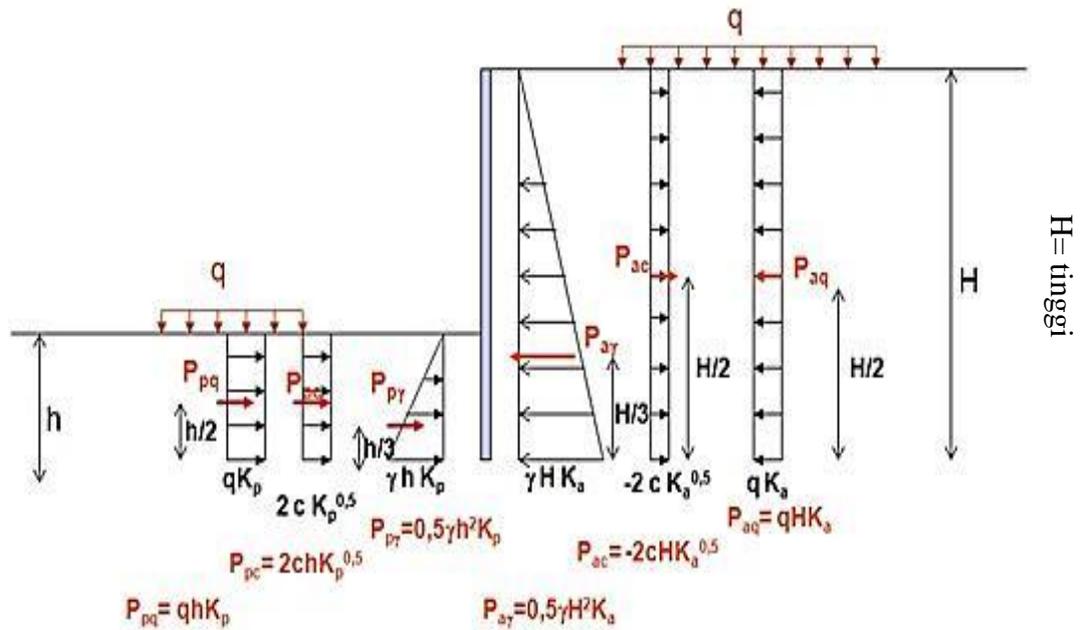
Dimana:

$K_a$  = Koefisien tekanan tanah aktif

$K_p$  = Koefisien tekanan tanah pasif

$\phi$  = Sudut gesek tanah ( $^\circ$ )

Kasus tekanan tanah pada turap dapat dilihat pada Gambar 2.22



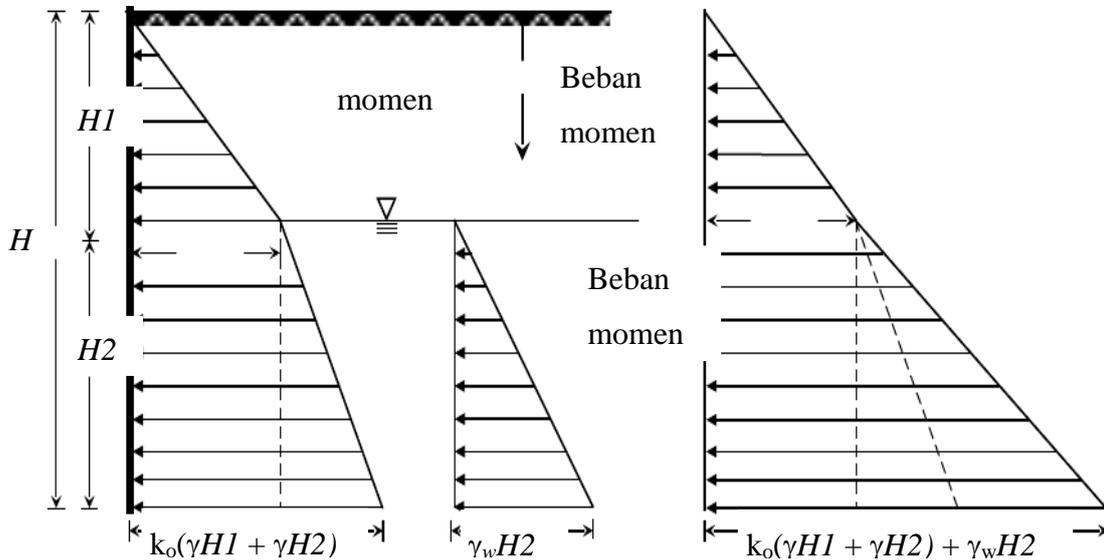
Gambar 2.24 Contoh kasus tekanan tanah pada turap.

Sumber: Braja M DAS 1991

Dengan metode penyederhanaan, analisis disederhanakan dengan mengambil asumsi sebagai berikut :

- 1 Titik rotasi (*inflection point*)  $O$  terletak pada dasar dinding turap.
- 2 Terdapat gaya pasif  $R$  pada ujung dasar dinding turap sebagai resultan dari tekanan aktif dan pasif yang bekerja pada bagian bawah dinding.

Kondisi sekarang dapat dilihat pada Gambar 2.23



Gambar 2.25 Tekanan tanah pada turap dengan metode penyederhanaan

Sumber: Braja M DAS 1991

### 2.7.5 Penampang Tiang Pancang

Panjang bentang untuk momen lentur dianggap sebagai jarak antara penopang terbawah. Bila jarak penopang sangat besar, panjang bentang sebaiknya juga diperiksa. Tiang dianggap tertumpu biasa pada kedua tumpuannya, dan titik tumpuan perkiraan ini dianggap sebagai titik kerja gaya resultante tekanan tanah pasif. Tahanan dinding tiang pada bagian tekanan tanah pasif bekerja bila dalamnya keseimbangan telah diperoleh dari perhitungan stabilitas untuk menentukan panjang pemancangan tiang.

### 2.8 Metode Pelaksanaan Pondasi Bored File

Metode pelaksanaan pondasi bore pile ada 3 macam, yaitu metode kering, metode basah, dan metode casing. Berikut penjelasan perbedaan metode yang digunakan pada pelaksanaan pondasi bored pile.

### **2.8.1 Metode Kering**

- a. Metode kering cocok digunakan pada tanah diatas muka air tanah yang ketika di bor dinding lubangnya tidak longsor, seperti lempung kaku homogen.
- b. Metode kering dapat dilakukan pada tanah dibawah muka air tanah, jika tanahnya mempunyai permeabilitas rendah, sehingga ketika dilakukan pengeboran, air tidak masuk ke dalam lubang bor saat lubang masih terbuka
- c. Pada metode kering, lubang dibuat menggunakan mesin bor tanpa pipa pelindung tanpa casing
- d. Dasar lubang bor yang kotor oleh rontokan tanah dibersihkan, tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor dan kemudian dicor

### **2.8.2 Metode Basah**

- a. Metode basah umumnya dilakukan bila pengeboran melewati muka air tanah, sehingga lubang bor selalu longsor bila dindingnya tidak ditahan
- b. Agar lubang tidak longsor, di dalam lubang bor diisi dengan larutan tanah lempung atau larutan polimer, jadi pengeboran dilakukan dalam larutan
- c. Jika kedalaman yang diinginkan telah tercapai, lubang bor dibersihkan dan tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam lubang bor yang masih berisi cairan bentonite (*Polymer*)
- d. Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang bor dengan pipa tremie, larutan bentonite akan terdesak dan terangkut ke atas oleh adukan beton
- e. Larutan yang keluar dari lubang bor, ditampung dan dapat digunakan lagi untuk pengeboran di lokasi selanjutnya

### **2.8.3 Metode Casing**

- a. Metode ini digunakan jika lubang bor sangat mudah longsor, misalnya tanah dilokasi adalah pasir bersih di bawah muka air tanah.
- b. Untuk menahan agar lubang bor tidak longsor digunakan pipa selubung baja (*Casing*)

- c. Pemasangan pipa selubung ke dalam lubang bor dilakukan dengan cara memancang, menggetarkan atau menekan pipa baja sampai kedalaman yang ditentukan
- d. Sebelum sampai menembus muka air tanah pipa selubung dimasukkan.
- e. Tanah di dalam pipa selubung dikeluarkan saat penggalian atau setelah pipa selubung sampai kedalaman yang diinginkan. Kemudian lubang bor dibersihkan kemudian tulangan yang telah dirangkai dimasukkan ke dalam pipa selubung
- f. Adukan beton dimasukkan ke dalam lubang (bila pembuatan lubang digunakan larutan, maka untuk pengecoran digunakan pipa tremie)
- g. Pipa selubung ditarik ke atas, namun kadang-kadang pipa selubung ditinggalkan di tempat

#### **2.8.4 Metode Pelaksanaan Tiang Bor Secara Umum**

Pekerjaan pondasi merupakan pekerjaan awal pada suatu proyek. Oleh karena itu langkah awal yang dilakukan adalah pemetaan terlebih dahulu, proses ini sebaiknya dilakukan sebelum alat-alat proyek masuk, agar tidak ada gangguan. Dari kegiatan pemetaan ini akan diperoleh suatu patokan yang tepat antara koordinat pada gambar kerja dengan kondisi lapangan yang sesungguhnya.

Paralel dengan kegiatan pemetaan maka pembuatan penulangan tiang bor sudah dapat dilakukan. Hal ini penting agar pada saat proses pengeboran selesai tulangan sudah siap untuk dipasang. Karena bila tertunda lama maka lubang bor bisa rusak oleh hujan atau lainnya. Saat semua alat berat sudah tersedia di lokasi maka pekerjaan pengeboran dapat dilakukan. Pengeboran merupakan proses awal dimulainya pengerjaan pondasi tiang bor, kedalaman dan diameter pengeboran merupakan parameter utama sebagai pemilihan alat-alat bor. Selain itu, batuan atau material yang ada di bawah permukaan tanah perlu diantisipasi sehingga bisa disediakan metode dan peralatan yang cocok.

## 2.9 Geogrid

Geogrid adalah bahan *Geosynthetic* yang digunakan untuk memperkuat tanah. Geogrid biasanya digunakan untuk memperkuat sebagai dinding penahan, serta *subbases* atau *subsoils* bawah jalan atau bangunan. Istilah *Geosynthetic* berasal dari kata *geo*, yang berarti bumi atau dalam dunia teknik sipil diartikan sebagai tanah pada umumnya, dan kata *synthetic* yang berarti bahan buatan, dalam hal ini adalah bahan polimer. Bahan dasar geosintetik merupakan hasil polimerisasi dari industri-industri kimia/minyak bumi (Suryolelono, 1988) dengan sifat-sifat yang tahan terhadap senyawa-senyawa kimia, pelapukan, keausan, sinar ultra violet dan mikro organisme. Polimer utama yang digunakan untuk pembuatan geosintetik adalah *Polyester* (PS), *Polyamide* (PM), *Polypropylen* dan *Polyethylene* (PE). Jadi istilah geosintetik secara umum didefinisikan sebagai bahan polimer yang diaplikasikan di tanah. Menurut struktur dan fungsinya, geosintetik diklasifikasikan atas :

- Geotekstil
- Geogrid
- Geonet
- Geosintetik *clay liner*
- Geokomposit

Teknologi Geosintetik telah berkembang menjadi salah satu pionir dalam hal perkuatan tanah maupun timbunan di belakang dinding penahan. Karena dalam prakteknya, dinding penahan tanah banyak mengalami kegagalan seperti rendahnya.