

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tanah merupakan aspek penting dalam perencanaan konstruksi, oleh karena itu daya dukung tanah merupakan faktor yang menentukan kestabilan, kelayakan dan umur suatu konstruksi. Kerusakan struktur tanah sebagai akibat langsung dari beban gempa adalah seperti menurunnya daya dukung tanah, keruntuhan tanah dan lain sebagainya. Sedangkan akibat tidak langsungnya adalah seperti kerusakan bangunan akibat getaran yang ditransmisikan dari tanah ke struktur. Oleh karena itu, struktur perlu direncanakan dan dianalisis terhadap gempa yang mungkin terjadi di masa yang akan datang. Kondisi di atas sama halnya dengan beban dinamis pada struktur yang berasal dari getaran mesin atau getaran lainnya yang sedang beroperasi. Getaran yang dihasilkan tersebut bisa merusak struktur, bahkan dapat membahayakan jiwa manusia. Agar hal ini tidak terjadi, maka kita perlu mengetahui stabilitas/faktor keamanan dari struktur tersebut untuk menahan beban statis maupun dinamis yang bekerja padanya.

Adapun beberapa teknik pengendalian tanah diantaranya perencanaan dinding penahan tanah, sehingga dapat meminimalisir terhadap dampak yang diakibatkan oleh beban statis maupun dinamis, ataupun faktor alam lainnya, terutama pada daerah dengan kondisi tanah yang berbeda ketinggian antara titik satu dengan yang lain.

Dinding penahan tanah adalah suatu konstruksi penahan agar tanah tidak longsor. Konstruksi ini digunakan untuk suatu tebing yang agak curam / tegak

dimana kemantapannya tidak dapat dijamin tanpa dinding penahan, tebing tersebut akan longsor. Dinding penahan tanah juga digunakan bila suatu jalan yang akan dibangun berbatasan dengan sungai, danau, atau kondisi curam lainnya.

Dari kondisi diatas diperlukan suatu analisa terhadap stabilitas/faktor keamanan bangunan dinding penahan tanah. Maka dari itu penulis tertarik terhadap judul “ANALISA FAKTOR KEAMANAN PADA PEMBANGUNAN RETAINING WALL JEMBATAN KA-BH 39 LINTAS TEBING TINGGI – PEMANTANG SIANTAR”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang masalah diatas, dapat dirumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimana pengecekan angka stabilitas terhadap geser dari dinding penahan tanah (*retaining wall*).
2. Bagaimana pengecekan angka stabilitas terhadap guling dari dinding penahan tanah (*retaining wall*).
3. Bagaimana pengecekan angka keamanan (*safety factor*) daya dukung tanah dari dinding penahan tanah (*retaining wall*).

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini lebih terarah, maka penulis membatasi masalah ini sebagai berikut :

1. Mengetahui kestabilan dinding penahan tanah terhadap faktor keamanan stabilitas geser.

2. Mengetahui kestabilan dinding penahan tanah terhadap faktor keamanan stabilitas guling.
3. Mengetahui kestabilan dinding penahan tanah terhadap faktor keamanan stabilitas daya dukung tanah.

1.4 Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai bahan untuk memberikan analisa terhadap faktor keamanan/stabilitas dinding penahan tanah tipe gravitasi (Retaining Wall Gravitation) dan mendisain dimensi yang aman terhadap beban statis dan dinamis.

1.5 Metodologi Penelitian

Data yang dijadikan bahan acuan dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini dapat diklasifikasikan dalam dua jenis data, yaitu :

1. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari lokasi survey yang dapat langsung dipergunakan sebagai sumber dalam analisis data.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung yang dipakai dalam proses pembuatan dan penyusunan laporan skripsi ini. Data sekunder yang didapat dari instansi yang terkait baik dari sekitar lokasi kegiatan maupun di tempat lain yang menunjang dengan kegiatan tersebut. Data sekunder yang digunakan adalah data studi literatur. Untuk studi literatur ini diperhatikan supaya kegiatan yang akan dilaksanakan berdasarkan teori yang sudah ada dan bagaimana tata cara pemecahan masalah dari

kegiatan tersebut. Langkah awal yang harus dilaksanakan adalah mengumpulkan data berupa buku catatan, buku hasil studi terdahulu sebagai referensi dalam pelaksanaannya

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanah

2.1.1 Pengertian Tanah

Tanah merupakan himpunan mineral, bahan organik dan endapan-endapan yang relatif lepas (*loose*) yang terletak di atas batu dasar (*bedrock*) (Hardiyatmo, H.C., 1997). Tanah merupakan material yang terdiri dari Agregat (butiran) padat yang tersementasi satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (*Braja M Das, 1988*). Tanah membagi bahan-bahan yang menyusun kerak bumi secara garis besar menjadi dua kategori: tanah (*soil*) dan batuan (*rock*), sedangkan batuan merupakan agregat mineral yang satu sama lainnya diikat oleh gaya-gaya kohesif yang permanen dan kuat (*Terzaghi dkk, 1996*).

Tanah selalu berperan pada setiap pekerjaan teknik sipil. Tanah adalah pondasi pendukung suatu bangunan, atau bahan konstruksi dari bangunan itu sendiri seperti tanggul atau bendung, atau terkadang sebagai sumber penyebab gaya luar pada bangunan seperti tembok atau dinding panahan tanah sehingga dalam perencanaan konstruksi kita harus memperhatikan struktur tanah yang ada dilapangan. Faktor-faktor yang mempengaruhi struktur dari tanah adalah bentuk, ukuran dan komposisi mineral dari butiran tanah serta sifat dan komposisi dari air tanah. Struktur tanah adalah suatu sifat yang menghasilkan respon terhadap perubahan eksternal didalam lingkungan seperti beban, air, temperatur dan faktor-

faktor lainya. Secara umum struktur tanah dapat dimasukkan dalam dua kelompok yaitu tanah tak kohesi (*cohesionless soil*) dan tanah kohesif (*cohesive soil*) (Das, 1995).

Wesley,1973) menekankan bahwa dari sudut pandang teknis,tanah-tanah itu dapat digolongkan kedalam macam pokok berikut ini :

1. Batu kerikil (*Gravel*)
2. Pasir (*Sand*)
3. Lanau (*Silt*)
4. Lempung Organik (*Clay*)

Tanah juga didefinisikan sebagai material yang terdiri dari *agregat* (butiran) mineral-mineral padat yang tersementasi (terikat secara kimia) satu samalain dan dari bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut (Das, 1991).

2.1.2 Klasifikasi Tanah

Sistem klasifikasi tanah merupakan suatu sistem pengaturan beberapa jenis tanah yang berbeda tetapi memiliki sifat serupa dalam kelompok-kelompok berdasarkan pemakaiannya. Sistem klasifikasi tanah mempermudah penjelasan secara singkat sifat-sifat umum tanah yang bervariasi tanpa penjelasan yang terinci (Das, 1995).

Sistem klasifikasi tanah tersebut memberikan informasi tentang sifat fisik dan karakteristik tanah serta pengelompokkan sesuai dengan perilaku umum tanah tersebut. Tujuan klasifikasi tanah adalah untuk memberikan informasi tentang

keadaan tanah dari suatu daerah kepada daerah-daerah lainnya berupa data dasar. Tanah-tanah akan dikelompokkan sesuai urutan berdasarkan kondisi fisik tertentu. Klasifikasi tanah juga bermanfaat sebagai studi yang lebih terinci tentang keadaan tanah tersebut dan kebutuhan pengujian untuk mengetahui sifat teknis tanah, seperti karakteristik pemadatan, berat isi, kekuatan tanah dan lain sebagainya (Bowles, 1989).

Menurut Soeprtohardjo (1976) terdapat beberapa macam / jenis - jenis tanah yang ada di wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia:

1. Tanah Humus adalah tanah yang sangat subur terbentuk dari lapukan daun dan batang pohon di hutan hujan tropis yang lebat.
2. Tanah Pasir adalah tanah yang bersifat kurang baik bagi pertanian yang terbentuk dari batuan beku serta batuan sedimen yang memiliki butir kasar dan berkerikil
3. Tanah organik dan anorganik. Tanah organik adalah campuran yang mengandung bagian yang cukup berarti berasal dari lapukan dan sisa tanaman dan kulit organisme. Sedangkan adalah tanah yang berasal dari pelapukan batuan secara kimia ataupun fisis
4. Tanah *Aluvial* / Endapan adalah tanah yang dibentuk dari lumpur sungai yang mengendap di dataran rendah yang memiliki sifat tanah yang subur dan cocok untuk lahan pertanian.
5. Tanah *podzolit* adalah tanah subur yang umumnya berada di pegunungan dengan curah hujan yang tinggi dan bersuhu rendah / dingin.

Pembentukan tanah dari batuan terjadi secara fisis atau kimiawi. Proses

fisis antara lain berupa erosi akibat tiupan angin, pengikisan oleh air dan *glaciers*, atau perpecahan akibat pembekuan dan pencairan es dalam batuan sedangkan proses kimiawi menghasilkan perubahan pada susunan mineral batuan asalnya. Salah satu penyebabnya adalah air yang mengandung asam *alkali*, *oksigen* dan *karbondioksida*. Pelapukan kimiawi menghasilkan pembentukan kelompok-kelompok partikel yang berukuran *koloid* (<0,0002 mm) yang dikenal sebagai mineral lempung.

Semua macam tanah secara umum terdiri dari tiga bahan, yaitu butiran tanahnya sendiri, serta air dan udara yang terdapat dalam ruangan antara butir-butir tersebut. Ruangan ini disebut pori (*voids*). Air hanya dapat dihilangkan sama sekali dari tanah apabila kita ambil tindakan khusus untuk maksud itu, misalnya dengan memanaskan di dalam oven (*Wesley, L.D. 1977*).

(*Bowles, 1986*) dalam bukunya mengklasifikasikan tanah berdasarkan ukuran butiran penyusun atau jenis dari batuan tanah tertentu menjadi :

1. Batuan dasar (*bedrock*)

Batuan pada tempat asalnya ,biasanya terbentang secara meluas dalam arah horizontal dan arah vertikal. Bahan ini umumnya tertutup oleh tanah dengan berbagai kedalaman, jika terbuka mungkin bagian luar menjadi lapuk.

2. Berangkal

Potongan bahan lebih kecil yang telah terpisah dari batuan dasar dan berukuran 250 mm sampai 300 mm atau lebih.

3. Kerikil (*gravel*)

Istilah umum yang digunakan untuk potongan-potongan batuan yang berukuran maksimum 150 mm sampai kurang dari 5 mm. Bisa berupa batu pecah / split bila terbuat dari pabrik , berupa kerikil alamiah bila digali dari deposit yang terdapat secara alami , atau berupa kerikil ayakan jika kerikil tersebut telah disaring hingga ukuran 3 mm sampai 5 mm. Kerikil adalah bahan tak berkohesi, yaitu kerikil tidak mempunyai adhesi atau tarikan antar partikel.

4. Pasir

Partikel-partikel mineral yang lebih kecil dari kerikil tetapi lebih besar dari sekitar 0,05 sampai 0,075. Bisa berbentuk halus, sedang, atau kasar tergantung pada ukuran partikel terbanyak.

2.1.3 Klasifikasi Tanah Menurut AASHTO

Sistem klasifikasi AASHTO (*American Association of State Highway and Transportation Officials Classification*) berguna untuk menentukan kualitas tanah dalam perencanaan timbunan jalan, *subbase*, dan *subgrade*. Sistem klasifikasi AASHTO membagi tanah ke dalam 8 kelompok, A-1 sampai A-7 termasuk sub-sub kelompok. Tanah-tanah dalam tiap kelompoknya dievaluasi terhadap indeks kelompoknya yang dihitung dengan rumus-rumus empiris. Pengujian yang dilakukan adalah analisis saringan dan batas-batas *Atterberg*. Sistem ini didasarkan pada kriteria sebagai berikut :

1. Ukuran butir dibagi menjadi kerikil, pasir, lanau, dan lempung. Kerikil adalah bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 75 dan tertahan pada ayakan diameter 2 mm. Pasir adalah bagian tanah yang lolos ayakan

dengan diameter 2mm dan tertahan pada ayakan diameter 0,0075 mm. Lanau & Lempung adalah bagian tanah yang lolos ayakan dengan diameter 0,0075 mm.

2. Plastisitas, nama berlanau dipakai apabila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas (IP) sebesar 10 atau kurang. Nama berlempung dipakai bila bagian-bagian yang halus dari tanah mempunyai indeks plastisitas sebesar 11 atau lebih.
3. Apabila batuan (ukuran lebih besar dari 75 mm) ditemukan dalam contoh tanah yang akan diuji maka batuan-batuan tersebut harus dikeluarkan terlebih dahulu, tetapi persentasi dari batuan yang dikeluarkan tersebut harus dicatat.

Pengujian yang dijadikan patokan untuk mengklasifikasi adalah sama dengan sistem klasifikasi tanah *Unified* yaitu analisis saringan dan batas-batas *Atterberg*. Bila indeks kelompok (GI) semakin tinggi, maka tanah semakin berkurang ketepatan penggunaannya.

2.1.4 Tekstur dan Struktur Partikel Tanah

Partikel-partikel pembentuk tanah tidak terikat secara kuat antara satu sama lainnya. Pergeseran antar partikel-partikel terjadi tidak linear dimana hal tersebut merupakan proses yang tidak dapat balik. Oleh karena itu, tanah disebut sebagai sistem partikulat (*particulate system*). *Deformasi* tanah terjadi sebagian karena pergeseran posisi antar partikel-partikel. Pada sistem partikulat, komponen tanah terdiri atas partikel tanah yang dimana pori antar partikel ini diisi oleh air dan udara. Tanah juga disebut material multi fasa yang terdiri dari partikel padat, air,

dan gas. Adanya *elektrolit* pada tanah dapat menyebabkan terjadinya muatan listrik negatif yang berperan besar dalam perilaku tanah.

1. Tekstur Tanah

Tekstur tanah ialah bentuk, ukuran partikel, dan distribusinya pada komposisi tanah. Lempung dan lanau bertekstur halus sedangkan pasir dan kerikil bertekstur kasar. Tanah pasir yang ukuran butirannya berkisar antara 0,006 dan 2 mm dapat berbentuk bulat (*rounded*), 5 semi bulat (*sub rounded*), bertepi tajam (*angular*), dan semi tajam (*sub angular*). Pada tanah berbutir kasar seperti pasir, gaya berat butiran jauh lebih besar dari gaya apung. Hubungan antar partikel-partikel pada pasir atau kerikil tersebut adalah tanpa ikatan, maka dari itu pasir atau kerikil disebut tanah non-kohefif.

2. Struktur Tanah

Terdapat empat struktur tanah yang dikenal, yaitu struktur tunggal (*single grain*), struktur sarang lebah (*honeycomb*), struktur *flocculent*, dan struktur *dispersed*.

- a. Struktur tunggal (*single grain*) Struktur tunggal memiliki ukuran butir lebih besar dari 0,02 mm yang biasanya terjadi pada pasir dan lanau. Struktur tunggal berbentuk lepas (*loose*) atau padat (*dense*) dan merupakan struktur yang *independen*.
- b. Struktur sarang lebah (*honeycomb*) Struktur sarang lebah memiliki ukuran antara 0,0002 dan 0,02 mm dan terjadi pada lanau dan debu. Butiran halus tersebut berlaku sebagai struktur tunggal (*single grain*)

yang kemudian membentuk suatu suspensi tetapi mempunyai gaya molekul pada bidang kontak sehingga terbentuknya kesetimbangan dan terhindar dari *rolling down* endapan yang sudah ada. Butiran-butiran halus yang lainnya akan terus mengikat diri dengan kontak sehingga terbentuklah struktur sarang lebah.

- c. Struktur *flocculent* ini terjadi pada tanah lempung, maka perlu diketahui mengenai terbentuknya mineral lempung. Mineral lempung paling umum adalah *kaolinit*, sebagian merupakan *mineral illit*, *montmorillonit*, dan *bentonit* sedangkan *mineral* lain seperti *bauksit*, *micas*, *pyrophyllite*, *attapulgate*, *halloysite*, dan *mineral* lainnya terkandung dalam jumlah yang sangat kecil. Kandungan-kandungan mineral tersebut memiliki ikatan sangat lemah diantara lapisan tipis, sehingga mudah terpecah yang berbentuk seperti jarum menjadi *platelet*. *Mineral platelet* tersebut mengandung elektromagnetik yang bermuatan negatif pada permukaannya dan akan menarik molekul air. Mineral lempung yang sangat halus bergerak saling menghindari antara satu partikel dengan partikel lainnya, tidak diam pada suatu *koloid* atau *suspensi* atau larutan. Gerak acak pada partikel-partikel tersebut sering disebut “*gerak brown*”. Gerak acak tersebut akan menahan partikel bergerak secara acak dan menahan partikel untuk mengendap. Jika ion garam terserap ke dalam suspensi dan ion positif larutan ditarik oleh permukaan negatif partikel tanah, maka partikel menjadi netral. pada kandungan air tawar akan menetralkan muatan

harus partikel. Proses *remolding* akan menarik masuknya air ke antara partikel lempung. Terjadinya tekanan osmosis akibat molekul negatif air saling mendorong dengan muatan negatif permukaan partikel lempung akan membentuk lapisan double 6 layer water di antara partikel lempung.

2.1.5 Sifat Mekanik Tanah

Sebelum menguraikan sifat mekanik dari tanah, maka diuraikan terlebih dahulu sifat-sifat umum tanah, dilihat dari besarnya nilai-nilai parameter pada tanah yang bersangkutan, maka terdapat beberapa sifat umum tanah sebagai berikut :

1. Berat volume tanah (berat per tanah satuan volume)
2. Berat volume kering
3. Berat volume butir (berat tanah lepas per satuan volume)
4. *Spesifik gravity* (berat spesifik setiap butiran tanah atau biasa disebut berat jenis)
5. Angka rongga (perbandingan volume rongga dengan total tanah)
6. *Porositas* (perbandingan volume air dengan volume pori)
7. Kadar air (jumlah air dalam tanah atau volume air dibanding dengan volume tanah)
8. Derajat kejenuhan dan lain sebagainya.

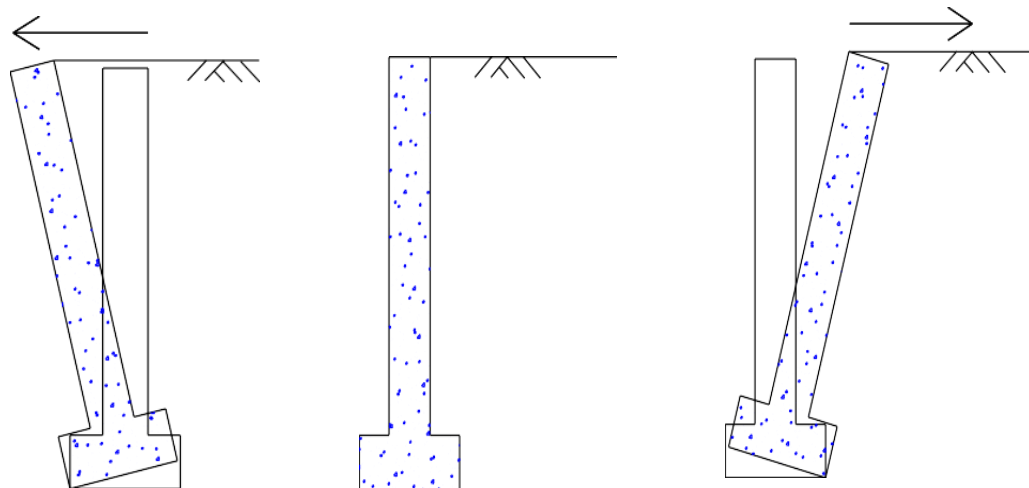
Sifat mekanik tanah adalah sifat-sifat tanah yang mengalami perubahan setelah diberikan gaya-gaya tambahan atau pembebanan dengan tujuan untuk memperbaiki sifat-sifat tanah.

2.2 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan lateral tanah adalah tekanan oleh tanah pada bidang horizontal. Contoh aplikasi teori tekanan lateral adalah untuk desain-desain seperti dinding penahan tanah, dinding basement, terowongan, dll. Tekanan lateral tanah dapat dibagi menjadi 3 kategori, yaitu:

1. Dinding tidak bergerak K menjadi koefisien tekanan tanah diam (K_0).
2. Jika dinding bergerak menekan ke arah tanah hingga runtuh, koefisien K mencapai nilai maksimum yang dinamakan tekanan tanah pasif (K_p).
3. Jika dinding menjauhi tanah, hingga terjadi keruntuhan, nilai K mencapai minimum yang dinamakan tekanan tanah aktif (K_a).

Gambar di bawah ini mendeskripsikan tentang arah pergerakan dinding menurut tekanan lateral yang bekerja.



Tekanan Tanah Aktif (K_a)
(Dinding menjauhi tanah)

Tekanan Tanah Pasif (K_0)

Tekanan Tanah Pasif (K_p)
(Dinding mendekati tanah)

Gambar 2.1 Jenis Tekanan Tanah Berdasarkan Arah Pergerakan Dinding,
(Sumber : Weber, 2010)

Jenis tanah, tinggi dinding dan tekanan lateral yang bekerja mempengaruhi besarnya perpindahan dinding penahan tanah. Tabel di bawah ini mendeskripsikan

tentang korelasi jenis tanah, tinggi dinding dan perpindahan dinding akibat tekanan lateral tanah yang bekerja.

Tabel 2.1 Hubungan Jenis Tanah, Tinggi Dinding & Perpindahan Dinding Untuk Tekanan Aktif.

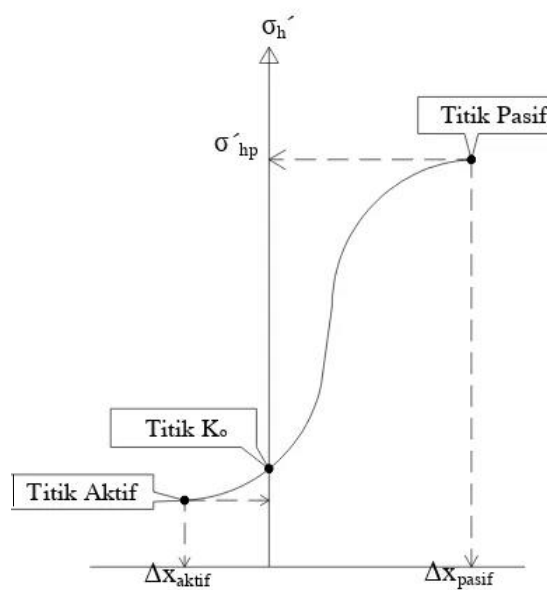
Jenis Tanah	Δx Aktif
Pasir Padat	0,001H – 0,002H
Pasir Lepas	0,002H – 0,004H
Lempung Keras	0,01H – 0,02H
Lempung Lunak	0,02H – 0,05H

(Sumber : Coduto, 2001)

Tabel 2.2 Hubungan Jenis Tanah, Tinggi Dinding & Perpindahan Dinding Untuk Tekanan Pasif.

Jenis Tanah	Δx Pasif
Pasir Padat	0,005H
Pasir Lepas	0,01H
Lempung Keras	0,01H
Lempung Lunak	0,05H

(Sumber : Coduto, 2001)



Gambar 2.2. Grafik Arah Perpindahan Dinding Terhadap Tekanan Yang Bekerja.
(Sumber: Gouw, 2009)

Beberapa teori tentang tekanan tanah aktif dan pasif, serta tanah diam adalah teori Rankine dan Coulomb. Adapun penjelasan mengenai teori-teori tersebut adalah sebagai berikut:

A. Teori Rankine (1857)

Teori Rankine berasumsi bahwa:

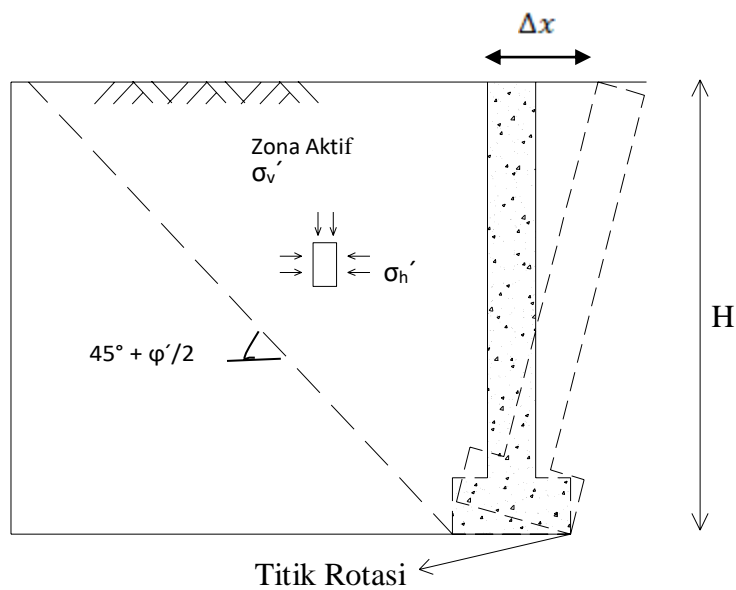
- Tidak ada adhesi atau friksi antara dinding dengan tanah (friksi sangat kecil sehingga diabaikan).
- Tekanan lateral terbatas hanya untuk dinding vertikal 90° .
- Kelongsoran (pada urugan) terjadi sebagai akibat dari pergeseran tanah yang ditentukan oleh sudut geser tanah (ϕ').
- Tekanan lateral bervariasi linier terhadap kedalaman dan resultan tekanan yang berada pada sepertiga tinggi dinding, diukur dari dasar

dinding.

- Resultan gaya bersifat paralel terhadap permukaan urugan.

Tekanan Tanah Aktif (Ka) Menurut Rankine

Disebut tekanan tanah aktif jika tekanan yang bekerja mengakibatkan dinding menjauhi tanah yang ditahan, seperti ditunjukkan oleh gambar di bawah ini:



Gambar 2.3 Tekanan Tanah Aktif.
(Sumber : Rankine)

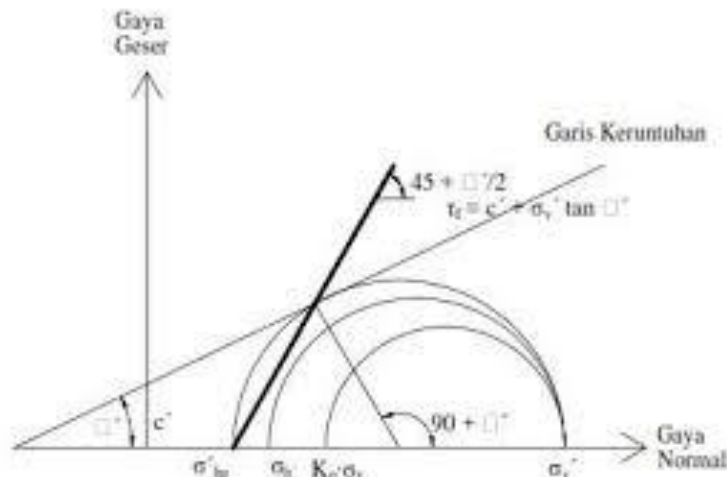
Keruntuhan tanah mengikuti prinsip lingkaran Mohr (Mohr-Coulomb). Jika pergerakan dinding membuat Δx semakin besar, maka pada akhirnya, lingkaran Mohr akan menyentuh garis keruntuhan (Menurut Rankine, sudut keruntuhan adalah sebesar $(45 + \frac{\phi'}{2})$, sehingga keruntuhan akan terjadi.

Tahanan geser tanah mengikuti persamaan:

$$\tau_f = c' + \sigma_v' \tan \phi' \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana:

- τ_f : tahanan geser tanah
- σ'_v : tekanan efektif tanah
- c' : kohesi tanah
- ϕ' : sudut geser tanah



Gambar 2.4 Lingkaran Mohr Tekanan Aktif
(Sumber : Rankine)

Besar gaya-gaya yang bekerja mengikuti persamaan sebagai berikut:

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

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

$$\sigma'_1 = \sigma'_3 \tan^2 \left[45 + \frac{\phi'}{2} \right] + 2c' \tan \left[45 + \frac{\phi'}{2} \right] \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\sigma'_3 = \sigma'_1 \tan^2 \left[45 - \frac{\phi'}{2} \right] + 2c' \tan \left[45 - \frac{\phi'}{2} \right] \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana:

- σ'_h : tekanan lateral tanah
- σ'_v : tekanan efektif tanah
- c' : kohesi tanah
- ϕ' : sudut geser tanah

K_a : koefisien tekanan tanah aktif, $K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right)$

Karena $K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right)$, maka besar tekanan saat terjadi keruntuhan menggunakan persamaan yang dikenal dengan nama *Bell's Equation*, yaitu:

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

$$\sigma'_{ha} = \sigma'_v K_a - 2c' \sqrt{K_a} \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana:

σ'_{ha} : tekanan lateral tanah

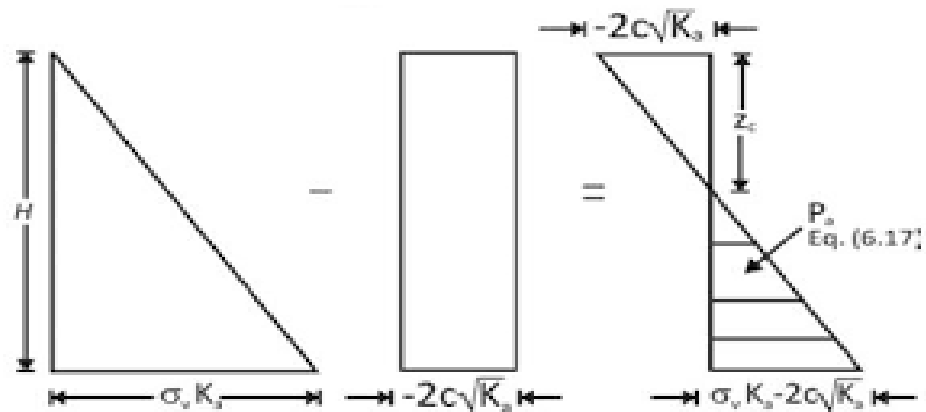
σ'_v : tekanan efektif tanah

c' : kohesi tanah

ϕ' : sudut geser tanah

K_a : koefisien tekanan tanah aktif, $K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right)$

Resultan tekanan aktif akibat beban luar dan pengaruh air dapat dideskripsikan oleh gambar berikut ini.



Gambar 2.5 Resultan Tekanan Tanah Aktif

(Sumber : Rankine)

Total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan mengikuti:

$$P_a = 0,5 \gamma' \cdot H \cdot K_a - 2c' \cdot \sqrt{K_a} \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana:

P_a : total tekanan tanah aktif

σ'_v : tekanan efektif tanah

c' : kohesi tanah

H : tinggi dinding penahan tanah

K_a : koefisien tekanan tanah aktif, $K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right)$

Jika permukaan tanah yang ditahan, pada permukaan atas elevasinya meningkat, maka rumus mencari K_a adalah sebagai berikut:

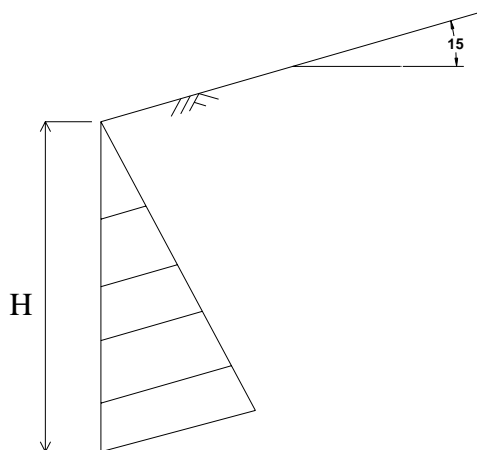
$$K_a = \cos \alpha \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi'}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi'}} \dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana:

ϕ' : sudut geser tanah

α : sudut elevasi tanah di permukaan atas dinding

K_a : koefisien tekanan tanah aktif, $K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right)$



Gambar 2.6 Contoh Dinding Penahan Tanah dengan Permukaan Atas Yang Meningkat Elevasinya.

(Sumber : Rankine)

Total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan mengikuti:

$$P_a = 0,5 \cdot \gamma \cdot H^2 \cdot K_a \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

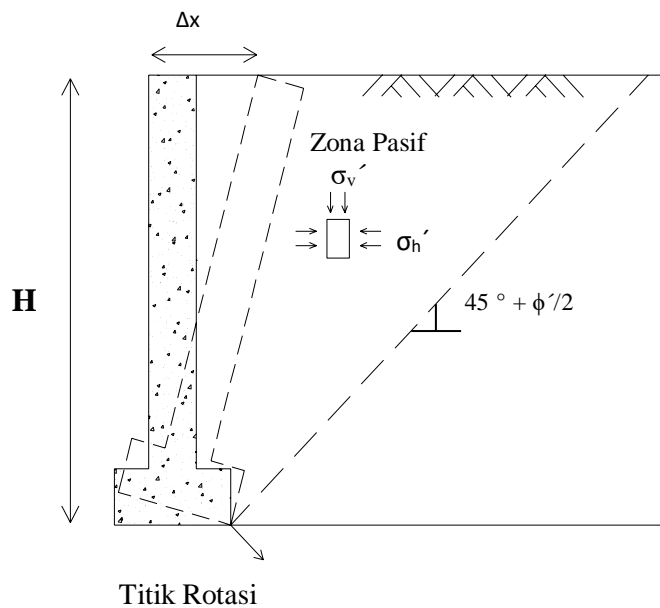
P_a : total tekanan tanah aktif

H : tinggi dinding penahan tanah

K_a : koefisien tekanan tanah aktif, $K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right)$

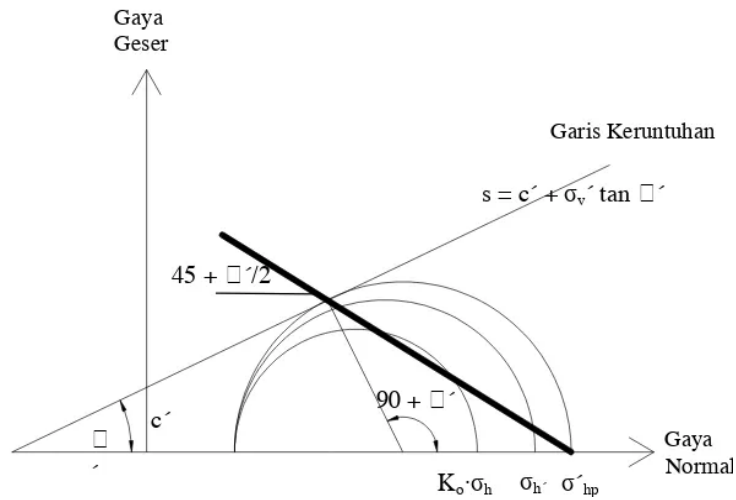
Tekanan Tanah Pasif (K_p) Menurut Rankine

Disebut tekanan tanah pasif jika tekanan yang bekerja mengakibatkan dinding mendekati tanah yang ditahan.



Gambar 2.7 Tekanan Tanah Pasif
(Sumber : Rankine)

Keruntuhan tanah mengikuti prinsip lingkaran Mohr (Mohr-Coulomb). Jika pergerakan dinding membuat Δx semakin besar, maka pada akhirnya, Δx $45^\circ + \phi'/2$ σ_h' σ_v' 17 lingkaran Mohr akan menyentuh garis keruntuhan. Tahanan geser tanah mengikuti persamaan 2.1.



Gambar 2.8 Lingkaran Mohr Tekanan Pasif
(Sumber : Rankine)

Besar gaya-gaya yang bekerja mengikuti persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_v' = \sigma_3'$$

$$\sigma_h' = \sigma_1'$$

$$\sigma_1' = \sigma_3' \tan^2 \left[45 + \frac{\phi'}{2} \right] + 2c' \tan \left[45 + \frac{\phi'}{2} \right] \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana:

σ_h' : tekanan lateral tanah

σ_v' : tekanan efektif tanah

c' : kohesi tanah

ϕ' : sudut geser tanah

K_p : koefisien tekanan tanah aktif, $K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right)$

Karena $K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right)$, maka besar tekanan lateral saat terjadi keruntuhan mengikuti persamaan :

$$\sigma_{hp}' = \sigma_v' \tan^2 \left[45 + \frac{\phi'}{2} \right] + 2c' \tan \left[45 + \frac{\phi'}{2} \right]$$

$$\sigma_{hp}' = \sigma_v' K_a + 2c' \sqrt{K_p} \dots \dots \dots (2.9)$$

Dimana:

σ_{ha}' : tekanan lateral tanah

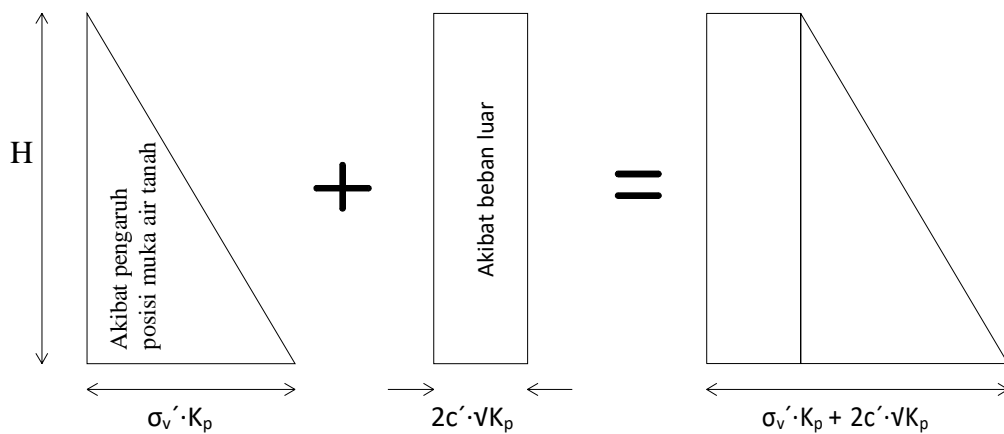
σ_{v}' : tekanan efektif tanah

c' : kohesi tanah

ϕ' : sudut geser tanah

K_a : koefisien tekanan tanah aktif, $K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right)$

Resultan tekanan pasif akibat beban luar dan pengaruh air dapat dideskripsikan oleh gambar berikut ini:



Gambar 2.9 Resultan Tekanan Tanah Pasif
(Sumber : Rankine)

Total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan mengikuti:

$$P_p = 0,5\gamma' \cdot H \cdot K_a + 2c' \cdot \sqrt{K_a} \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana:

P_p : total tekanan tanah aktif

σ_{v}' : tekanan efektif tanah

c' : kohesi tanah

H : tinggi dinding penahan tanah

K_a : koefisien tekanan tanah aktif, $K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right)$

Jika permukaan tanah yang ditahan, pada permukaan atas elevasinya meningkat, maka rumus mencari K_a adalah sebagai berikut:

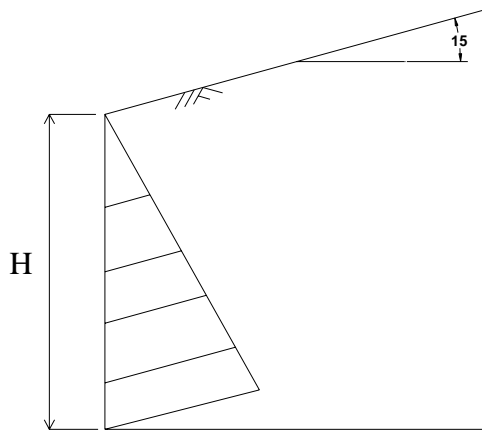
$$K_p = \cos \alpha \frac{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi'}}{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi'}} \dots \dots \dots (2.11)$$

Dimana:

ϕ' : sudut geser tanah

α : sudut elevasi tanah di permukaan atas dinding

K_a : koefisien tekanan tanah aktif, $K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi'}{2} \right)$



Gambar 2.10 Contoh Dinding Penahan Tanah dengan Permukaan Atas Yang Meningkatkan Elevasinya.

(Sumber : Rankine)

Total tekanan tanah yang bekerja dirumuskan mengikuti:

$$P_p = 0,5 \gamma \cdot H^2 \cdot K_p \dots \dots \dots (2.12)$$

Dimana:

P_p : total tekanan tanah aktif

H : tinggi dinding penahan tanah

K_p : koefisien tekanan tanah aktif, $K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi'}{2} \right)$

B. Teori Coulomb (1776)

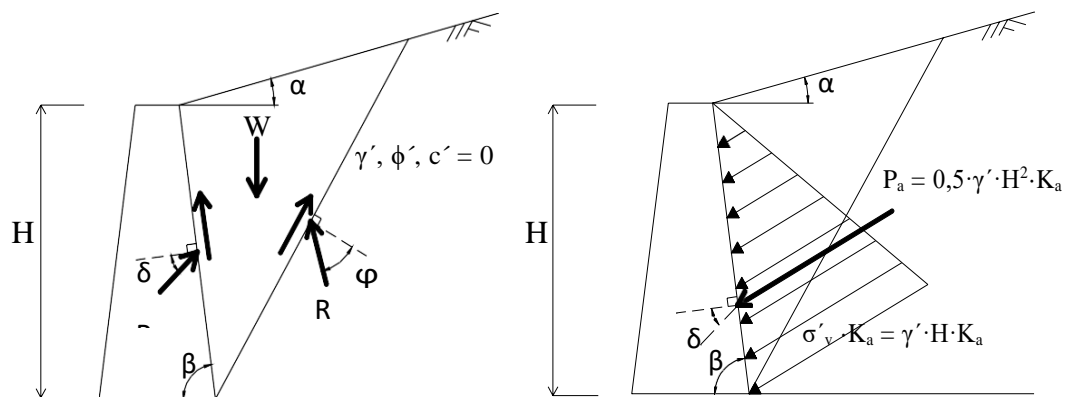
Teori Coulomb berasumsi bahwa:

- Friksi dan adhesi antara tanah dan dinding dapat diperhitungkan
- Tekanan lateral tidak terbatas hanya untuk dinding vertikal
- Kelongsoran (pada urugan) terjadi sepanjang kelongsoran yang diasumsikan berbentuk planar
- Tekanan lateral bervariasi linier terhadap kedalaman dan resultan tekanan yang berada pada sepertiga tinggi dinding, diukur dari dasar dinding

Tekanan Tanah Aktif (K_a) Menurut Coulomb

Menurut Coulomb, friksi antara dinding dengan tanah dapat dimasukkan dalam perhitungan, sehingga perhitungan akan mengikutsertakan faktor interaksi antara dinding dengan tanah yang ditahan.

Adapun konsep gaya-gaya yang bekerja dapat dideskripsikan sebagai berikut:



Gambar 2.11 Konsep Gaya Yang Bekerja (Tekanan Aktif)

(Sumber : Coulomb)

Keterangan gambar:

- H : tinggi dinding penahan tanah
- Pa : total tekanan tanah aktif yang bekerja
- δ : sudut dilatasi Pa
- β : sudut kemiringan dinding penahan tanah
- W : berat tanah pada baji keruntuhan
- α : sudut kemiringan permukaan tanah atas terhadap horizontal
- ϕ' : sudut geser tanah
- γ : berat jenis tanah
- c' : kohesi tanah
- R : gaya perlawanan terhadap kelongsoran
- Ka : koefisien tekanan lateral aktif
- σ_v' : tegangan efektif tanah

Nilai koefisien tekanan lateral aktif/Ka dihitung menggunakan persamaan:

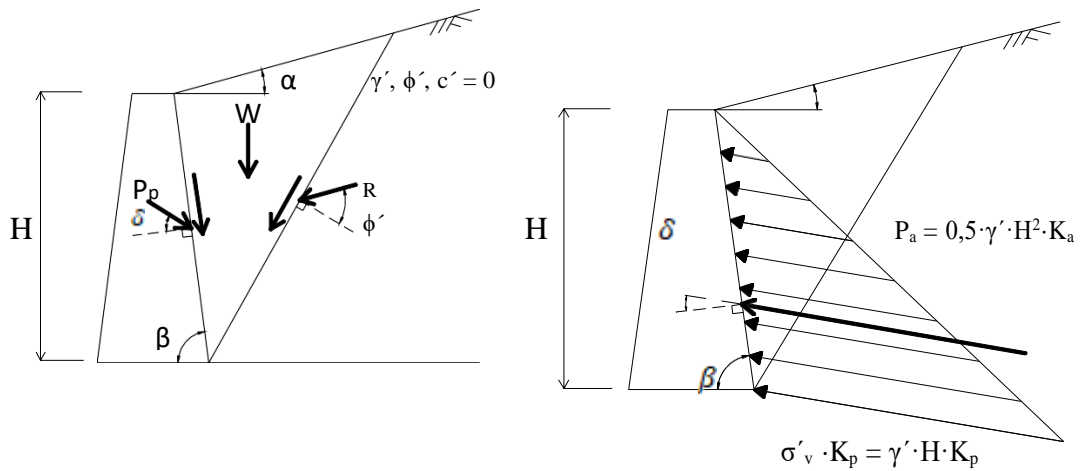
$$K_a = \frac{\sin^2(\beta + \phi')}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta - \delta) \left[1 + \frac{\sin(\phi' + \delta) \cdot \sin(\phi' - \alpha)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)} \right]^2} \dots\dots\dots (2.13)$$

sedangkan, tegangan lateral efektif dihitung menggunakan persamaan:

$$\sigma'_{ha} = \sigma'_v \cdot K_a - 2c' \sqrt{K_a} \dots\dots\dots (2.14)$$

Tekanan Tanah Pasif (Kp) Menurut Coulomb

Pada tekanan tanah pasif, konsep-konsep gaya yang bekerja dideskripsikan oleh gambar di bawah ini:



Gambar 2.12 Konsep Gaya Yang Bekerja (Tekanan Pasif)
(Sumber : Coulomb)

Keterangan gambar:

- H : tinggi dinding penahan tanah
- P_p : total tekanan tanah pasif yang bekerja
- δ : sudut dilatasi P_p
- β : sudut kemiringan dinding penahan tanah
- W : berat tanah pada baji keruntuhan
- α : sudut kemiringan permukaan tanah atas terhadap horizontal
- ϕ' : sudut geser tanah
- γ : berat jenis tanah
- c' : kohesi tanah
- R : gaya perlawanan terhadap kelongsoran
- K_p : koefisien tekanan lateral pasif
- σ'_v : tegangan efektif tanah

Nilai koefisien tekanan lateral pasif/ K_p dihitung menggunakan persamaan:

$$K_p = \frac{\sin^2(\beta - \phi')}{\sin^2 \beta \cdot \sin(\beta + \delta) \left[1 - \frac{\sin(\phi' + \delta) \cdot \sin(\phi' + \alpha)}{\sin(\beta + \delta) \cdot \sin(\alpha + \beta)} \right]^2} \dots\dots\dots (2.15)$$

sedangkan, tegangan lateral efektif dihitung menggunakan persamaan:

$$\sigma'_{hp} = \sigma'_v \cdot K_p - 2c' \sqrt{K_p} \dots\dots\dots (2.16)$$

C. TEORI TERZAGHI (1943)

Metode dari Terghazi adalah yang paling sering digunakan, analisis daya dukung berdasarkan kondisi dari general shear failure, dengan anggapa bahwa pondasi berbentuk memanjang tak terhingga dengan lebar B dan terletak diatas tanah homogen dikemukakan oleh Terzaghi.

Kapasitas dukung ultimit (q_u) untuk pondasi memanjang menggunakan cara Terzaghi dinyatakan sebagai berikut:

$$q_u = c \cdot N_c + D_f \cdot \gamma \cdot N_q + 0,5 \cdot B \cdot \gamma \cdot N_\gamma \dots\dots\dots (2.17)$$

Kapasitas dukung tegangan ijin dinyatakan sebagai berikut:

$$q_a = q_u : 3 \quad (\text{dengan } F = 3) \dots\dots\dots (2.18)$$

dengan:

q_u : Kapasitas dukung ultimit (kN/m²)

q_a : Kapasitas dukung tegangan ijin (kN/m²)

c : Cohesi tanah dasar (kN/m²)

D_f : Kedalaman fondasi (m)

γ : Berat volume tanah (kN/m³)

B : Lebar fondasi (m)

N_c, N_q, N_γ : faktor kapasitas tanah dukung (fungsi ϕ)

Tabel 2.3 Nilai-nilai faktor kapasitas dukung tanah Terzaghi

ϕ (°)	Keruntuhan geser umum			Keruntuhan geser lokal		
	N_c	N_q	N_γ	N_c'	N_q'	N_γ'
0	5,7	1,0	0,0	5,7	1,0	00,0
5	7,3	1,6	0,5	6,7	1,4	0,2
10	9,6	2,7	1,2	8,0	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	19,0	8,3	5,7
34	52,6	36,5	35,0	23,7	11,7	9,0
35	57,8	41,4	42,4	25,2	12,6	10,1
40	95,8	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: Hardiyatmo, 2007)

Nilai N_c' , N_q' , dan N_γ' adalah faktor kapasitas dukung tanah pada kondisi keruntuhan geser lokal. Menurut Hardiyatmo, 2007 dalam analisis kapasitas dukung tanah, istilah-istilah berikut ini penting diketahui:

- 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.
- 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.

- c. Kapasitas dukung ultimit *neto* (*net ultimate bearing capacity*) (q_{un}) adalah nilai intensitas beban fondasi neto di mana tanah akan mengalami keruntuhan geser, dengan :

$$q_{un} = q_u - \gamma \cdot D_f \dots\dots\dots (2.19)$$

dengan:

q_{un} : Kapasitas dukung ultimit neto (t/m^2)

q_u : Kapasitas dukung ultimit (t/m^2)

- d. 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.

- e. Tekanan fondasi neto (*net foundation pressure*) (q_n) untuk suatu fondasi tertentu adalah tambahan tekanan pada dasar fondasi, akibat beban mati dan beban hidup dari struktur. Bila dinyatakan dalam persamaan, maka :

$$q_n = q - \gamma \cdot D_f \dots\dots\dots (2.20)$$

dengan :

q_n : Tekanan fondasi neto (t/m^2).

- f. 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 lokal, atau dengan hitungan yang diperoleh dari pengujian kekuatan atau pengujian pembebanan dilapangan, dengan memperhatikan faktor aman terhadap keruntuhan geser.

- g. 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.

Faktor aman (F) dalam tinjauan kapasitas dukung ultimit neto didefinisikan:

$$F = \frac{q_{un}}{q_n} = \frac{q_u - \gamma \cdot D_f}{q - \gamma \cdot D_f} \dots\dots\dots (2.21)$$

dengan

γ : Berat volume tanah di atas dasar fondasi (kN/m³)

D_f : Kedalaman fondasi (m)

Prinsip yang digunakan untuk menentukan besarnya tegangan pada dinding sama seperti menentukan tegangan pada tanah dasar dimana tegangan pada bidanghorisontal dihitung dengan rumus:

- a. Tegangan vertikal desak maksimum, dihitung dengan rumus :

$$\sigma_{max} = \frac{V}{B} \left(1 + \frac{6 \cdot e}{B} \right) \dots\dots\dots (2.22)$$

- b. Tegangan vertikal desak minimum, dihitung dengan rumus :

$$\sigma_{min} = \frac{V}{B} \left(1 - \frac{6 \cdot e}{B} \right) \dots\dots\dots (2.23)$$

- c. Tegangan geser (lintang) pada tubuh dinding :

$$\tau = \frac{H}{B \cdot l} \leq \text{kuat geser izin bahan dinding} \dots\dots\dots (2.24)$$

dengan,

V : Komponen gaya vertikal

H : Komponen gaya horisontal

B : Lebar bagian potongan yang ditinjau

l : Panjang dinding tiap 1 meter

E : Eksentrisitas

D. Tekanan Tanah Diam (K_0)

Disebut tekanan tanah diam jika tekanan yang bekerja tidak membuat dinding penahan tanah bergerak. Nilai tipikal K_0 ditunjukkan pada tabel berikut ini:

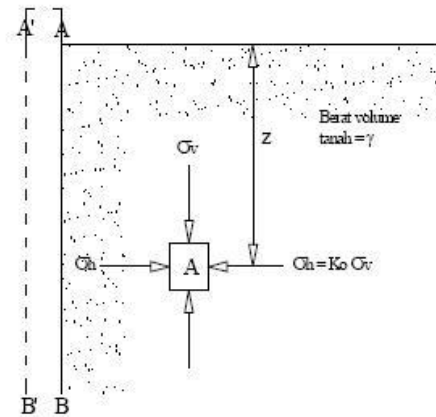
Tabel 2.4 Nilai tipikal K_0

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

(Sumber: Gouw, 2009)

Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman tertentu akan terkena tekanan arah vertikal σ_v dan tekanan arah horizontal σ_h . σ_v dan σ_h masing-masing merupakan tekanan aktif dan tekanan total, sementara itu tegangan geser pada bidang tegak dan bidang datar diabaikan. Bila dinding penahan dalam keadaan diam, yaitu bila dinding tidak bergerak kesalah satu arah baik kekanan atau kekiri dari posisi awal, maka massa tanah berada dalam keadaan keseimbangan elastis (*elastic equilibrium*). Rasio tekanan arah

horizontal dan tekanan arah vertikal dinamakan “koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*coefficient of earth pressure at rest*), K_0 ”, atau seperti terlihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.13 Tekanan tanah dalam kondisi dia (*at rest*).
(Sumber : Das, 1993)

$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots (2.25)$$

Dimana :

σ_v : Berat jenis x Kedalaman ($\sigma_v = \gamma z$).

σ_h : $K_0 (\gamma z)$.

Untuk material elastik sempurna, nilai K_0 adalah:

$$K_0 = \frac{\nu}{1-\nu} \dots\dots\dots (2.26)$$

Dimana :

ν : *poisson ratio*

Sedangkan dalam perencanaan dinding penahan tanah atau abutmen yang memperhitungkan pengaruh tahanan pasif dari tanah, tekanan tanah pasif dibatasi sampai tekanan pada kondisi diam. Koefisien tekanan tanah pasif pada kondisi diam dihitung dengan rumus yang diperkenalkan oleh *Jaky*

(1994), sebagai berikut :

$$K_0 : 1 - \sin \phi \dots\dots\dots (2.27)$$

Brooker dan Jrenland (1965) memperkenalkan harga K_0 untuk tanah lempung yang terkonsolidasi normal (*normally consolidated*) :

$$K_0 : 0,95 - \sin \phi \dots\dots\dots (2.28)$$

Untuk tanah lempung yang terkonsolidasi normal (*normally consolidated*), telah diperkenalkan persamaan lainnya :

Dimana :

PI : Indeks Plastis

Untuk tanah lempung yang terkonsolidasi lebih (*Over consolidated*) :

$$K_0 (Over\ consolidated) = K_0 (Normally\ consolidated) \sqrt{OCR}$$

Dimana :

OCR : *Over consolidated ratio*, (Tabel 2.5)

$$OCR : \frac{\text{tekanan prakonsolidasi}}{\text{tekanan efek akibat tanah diatas}}$$

2.3 Kekuatan Geser Tanah

Kekuatan geser suatu massa tanah merupakan perlawanan internal tanah tersebut terhadap keruntuhan atau pergeseran sepanjang bidang geser dalam tanah. Tanah yang dibebani akan mengakibatkan tegangan geser yang menahan terjadinya keruntuhan pada tanah. Jika tegangan geser sudah mencapai batas maka akan cenderung untuk terjadi keruntuhan. Pada suatu bidang lereng jika tegangan geser tanah tersebut mencapai batas maka akan berpotensi terjadi longsor.

Kekuatan geser tanah (τ_f) pada suatu bidang tertentu dikemukakan oleh

Coulomb sebagai suatu fungsi linear terhadap tegangan normal (σ_f) pada bidang tersebut, sebagai berikut:

$$\tau_f = c + \sigma_f \tan \phi \dots\dots\dots (2.29)$$

Keterangan :

- τ_f : Kekuatan geser
- c : Kohesi
- σ_f : Tegangan Normal
- $\tan \phi$: Faktor geser diantara butir-butir yang bersentuhan
- ϕ : sudut geser dalam tanah

Berdasarkan konsep dasar Terzaghi, tegangan geser pada suatu tanah hanya dapat ditanah oleh tegangan partikel-partikel padatnya. Kekuatan geser tanah dapat dinyatakan sebagai suatu fungsi dari tegangan normal efektif sebagai berikut:

$$\tau_f = c' + \sigma_f' \tan \phi' \dots\dots\dots (2.30)$$

Keterangan :

- τ_f : Kekuatan geser
- c' : Kohesi
- σ_f' : Tegangan efektif = $\sigma_f - u$
- $\tan \phi$: Faktor geser diantara butir-butir yang bersentuhan
- ϕ' : sudut geser dalam tanah

2.4 Tanah Longsor

Gerakan tanah adalah suatu gerakan menuruni lereng oleh massa tanah dan atau batuan penyusun lereng. Definisi di atas dapat menunjukkan bahwa massa

yang bergerak dapat berupa massa tanah, massa batuan ataupun percampuran antara keduanya. Masyarakat pada umumnya menerapkan istilah longsor untuk seluruh jenis gerakan tanah, baik yang melalui bidang gelincir ataupun tidak.

Menurut Karnawati (2007), gerakan tanah merupakan salah satu proses geologi yang terjadi akibat interaksi beberapa kondisi antara lain geomorfologi, struktur geologi, hidrogeologi dan tata guna lahan. Kondisi tersebut saling berpengaruh sehingga mewujudkan kondisi lereng yang cenderung bergerak.

Hardiyatmo (2012) menambahkan, bahwa gerakan tanah dapat diidentifikasi melalui tanda-tanda sebagai berikut: munculnya retak tarik dan kerutan-kerutan di permukaan lereng, patahnya pipa dan tiang listrik, miringnya pepohonan, perkerasan jalan yang terletak pada timbunan mengalami amblas, rusaknya perlengkapan jalan seperti pagar pengaman dan saluran drainase, tertutupnya sambungan ekspansi pada pelat jembatan, hilangnya kelurusan dari pondasi bangunan, tembok bangunan retak-retak, dan dinding penahan tanah retak serta miring ke depan.

Menurut Nandy (2007), tanah longsor adalah suatu peristiwa geologi, yaitu terjadinya pergerakan tanah seperti jatuhnya bebatuan atau gumpalan tanah dalam jumlah yang besar.

Pada prinsipnya, tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar daripada gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan kepadatan tanah, sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut lereng, air, beban serta berat jenis tanah.

2.4.1 Jenis Tanah Longsor

Berbagai jenis tanah longsor dapat dibedakan dari jenis material longsoran. Meskipun longsor pada umumnya terjadi di daerah pegunungan, longsor dapat juga terjadi di daerah-daerah berelatif rendah.

Di daerah ini, longsor terjadi karena faktor cut and fill, sebagai contoh; penggalian jalan dan bangunan, tebing sungai, runtuhnya tumpukan galian tambang (terutama tambang batubara), dan berbagai kegagalan lereng lainnya terkait dengan pertambangan khususnya tambang terbuka. Tipe atau jenis tanah longsor dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Runtuhan (Fall)

Runtuhan (falls) adalah runtuhnya sebagian massa batuan pada lereng yang terjal. Jenis ini memiliki ciri yaitu sedikit atau tanpa disertai terjadinya pergeseran antara massa yang runtuh dengan massa yang tidak runtuh. Runtuhnya massa batuan umumnya dengan cara jatuh bebas, meloncat atau menggelinding tanpa melalui bidang gelincir. Penyebab terjadinya runtuhan adalah adanya bidang-bidang diskontinyu seperti retakan-retakan pada batuan.



Gambar 2.14 Runtuhan Batuan
(Rahmawati, 2009)

2. *Topples* (Guling)

Gerakan ini dicirikan dengan robohnya unit batuan dengan cara berputar kedepan pada satu titik sumbu (bagian dari unit batuan yang lebih rendah) yang disebabkan oleh gravitasi dan kandungan air pada rekahan batuan.

3. *Lows* (Mengalir)

Debris Flow adalah bentuk gerakan massa yang cepat di mana campuran tanah yang gembur, batu, bahan organik, udara, dan air bergerak seperti bubur yang mengalir pada suatu lereng. *Debris flow* biasanya disebabkan oleh aliran permukaan air yang intens, karena hujan lebat atau pencairan salju yang cepat, yang mengikis dan memobilisasi tanah gembur atau batuan pada lereng yang curam.

- a. *Debris Avalance* adalah longsoran es pada lereng yang terjal. Jenis ini adalah merupakan jenis aliran debris yang pergerakannya terjadi sangat cepat.
- b. *Earthflow* berbentuk seperti "jam pasir". Pergerakan memanjang dari material halus atau batuan yang mengandung mineral lempung di lereng moderat dan dalam kondisi jenuh air, membentuk mangkuk atau suatu depresi di bagian.



Gambar 2.15 *Debris Flow - Debris Avalance - Earthflow - Creep (Highland and Johnson, 2004)*

c. Lateral Spreads

Lateral Spreads: umumnya terjadi pada lereng yang landai atau medan datar. Gerakan utamanya adalah ekstensi lateral yang disertai dengan kekar geser atau kekar tarik. Ini disebabkan oleh likuifaksi, suatu proses dimana tanah menjadi jenuh terhadap air, loose, kohesi sedimen (biasanya pasir dan lanau) perubahan dari padat ke keadaan cair.



Gambar 2.16 *Lateral Spread (Highland and Johnson, 2004)*

2.4.2 Faktor Penyebab Terjadinya Longsoran

Umumnya, timbulnya tanah longsor dipicu oleh hujan lebat. Lereng gunung yang gundul dan rapuhnya bebatuan dan kondisi tanah yang tidak stabil membuat tanah-tanah ini tidak mampu menahan air di saat terjadi hujan lebat. Akan tetapi, tanah longsor juga bisa ditimbulkan oleh aktivitas gunung berapi atau gempa.

Lereng-lereng yang lemah yang mendapat tekanan dari getaran gempa tentu saja membuat tanah yang terkena tekanan tadi menjadi longsor. Aktivitas gunung berapi yang menimbulkan hujan deras, simpanan debu yang lengang dan alirannya pun juga dapat menimbulkan tanah longsor.

Pada prinsipnya tanah longsor terjadi bila gaya pendorong pada lereng lebih besar dari gaya penahan. Gaya penahan umumnya dipengaruhi oleh kekuatan batuan dan kepadatan tanah. Sedangkan gaya pendorong dipengaruhi oleh besarnya sudut kemiringan lereng, air, beban serta berat jenis tanah batuan.

Faktor penyebab terjadinya gerakan pada lereng juga tergantung pada kondisi batuan dan tanah penyusun lereng, struktur geologi, curah hujan, vegetasi penutup dan penggunaan lahan pada lereng tersebut, secara garis besar dibedakan sebagai faktor alam dan faktor manusia:

1. Faktor alam, terdiri dari :
 - a. Kondisi geologi : batuan lapuk, kemiringan lapisan, sisipan lapisan batu lempung, struktur sesar dan kekar, gempa bumi, stratigrafi dan gunung berapi.
 - b. Iklim : curah hujan yang tinggi.
 - c. Keadaan Topografi : lereng yang curam.
 - d. Keadaan air : Kondisi *drainase* yang tersumbat, akumulasi massa air, erosi dalam, pelarutan dan tekanan hidrostatika.
2. Faktor manusia, terdiri dari :
 - a. Pemotongan tebing pada penambangan batu di lereng yang terjal.
 - b. Penimbunan tanah urugan di daerah lereng.
 - c. Kegagalan atruktur dinding penahan tanah.

2.5 Pondasi

2.5.1 Pengertian Pondasi

Pondasi merupakan bagian paling bawah dari suatu konstruksi bangunan.

Fungsi pondasi adalah meneruskan beban konstruksi ke lapisan tanah yang berada di bawah pondasi dan tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan.

Pondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah dan suatu bagian dari konstruksi yang berfungsi menahan gaya beban di atasnya. Pondasi dibuat menjadi satu kesatuan dasar bangunan yang kuat yang terdapat dibawah konstruksi. Pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian paling bawah dari suatu konstruksi yang kuat dan stabil (*solid*).

Dalam perencanaan pondasi untuk suatu struktur dapat digunakan beberapa macam tipe pondasi. Pemilihan tipe pondasi berdasarkan fungsi bangunan atas (*upper structure*) yang akan dipikul oleh pondasi tersebut, besarnya beban dan beratnya bangunan atas, keadaan tanah dimana bangunan tersebut didirikan dan berdasarkan tinjauan dari segi ekonomi.

Semua konstruksi yang direncanakan, keberadaan pondasi sangatlah penting, mengingat pondasi merupakan bagian terbawah dari bangunan serta seluruh beban bangunan tersebut dan meneruskan beban bangunan itu, baik beban mati, beban hidup, dan beban gempa ke tanah atau batuan yang berada dibawahnya. Bentuk pondasi tergantung dari macam bangunan yang akan dibangun dan keadaan tanah tempat pondasi tersebut akan diletakkan, biasanya pondasi diletakkan pada tanah yang keras.

Pemilihan jenis struktur bawah (*substructure*) yaitu pondasi, menurut Suyono (1984) harus mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :

1. Keadaan tanah pondasi

Keadaan tanah pondasi kaitannya adalah dalam pemilihan tipe pondasi

yang sesuai. Hal tersebut meliputi jenis 13 tanah, daya dukung tanah, kedalaman lapisan tanah keras dan sebagainya.

2. Batasan-batasan akibat struktur di atasnya

Keadaan struktur atas akan sangat mempengaruhi pemilihan tipe pondasi.

Hal ini meliputi kondisi beban (besar beban, arah beban dan penyebaran beban) dan sifat dinamis bangunan di atasnya (statis tertentu atau tak tentu, kekakuannya, dan lain-lain).

3. Batasan-batasan keadaan lingkungan di sekitarnya

Yang termasuk dalam batasan ini adalah kondisi lokasi proyek, dimana perlu diingat bahwa pekerjaan pondasi tidak boleh mengganggu ataupun membahayakan bangunan dan lingkungan yang telah ada di sekitarnya.

2.5.2 Jenis Pondasi

Pondasi bangunan biasanya dibedakan atas dua bagian yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal kedalamannya kurang atau sama dengan lebar pondasi ($D \leq B$) dan dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terletak dekat dengan permukaan tanah. Sedangkan pondasi dalam digunakan jika lapisan tanah keras berada jauh dari permukaan tanah.

Menurut *Das (1998)* berdasarkan elevasi kedalamannya, maka pondasi dibedakan menjadi pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*).

1. Pondasi Dangkal

Pondasi dangkal disebut juga pondasi langsung, pondasi ini digunakan apabila lapisan tanah pada dasar pondasi yang mampu mendukung beban yang dilimpahkan terletak tidak dalam (berada relatif dekat dengan permukaan tanah). Pondasi dangkal juga merupakan pondasi yang mendukung beban secara langsung, seperti :

- a. Pondasi telapak yaitu pondasi yang berdiri sendiri dalam mendukung kolom atau pondasi yang mendukung bangunan secara langsung pada tanah bilamana terdapat lapisan tanah yang cukup tebal dengan kualitas baik yang mampu mendukung bangunan itu pada permukaan tanah atau sedikit dibawah permukaan tanah(Gambar 2.17b).
- b. Pondasi memanjang yaitu pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau sederetan kolom yang berjarak dekat sehingga bila dipakai pondasi telapak sisinya akan berimpit satu sama lain. (Gambar 2.17a).



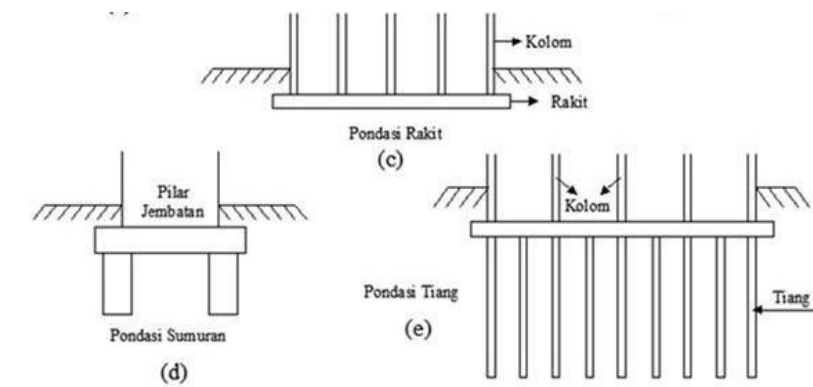
Gambar 2.17 Jenis Pondasi.
(Hardiyatmo, 2002)

2. Pondasi dalam

Pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan beban bangunan ke tanah keras atau batuan yang terletak relatif jauh dari permukaan

(Hardiyatmo, 2002). Terdiri dari:

- a. Pondasi sumuran atau kaison (*pier foundation/ caisson*) yaitu pondasi sumuran merupakan pondasi peralihan antara pondasi dangkal dan pondasi tiang, digunakan bila tanah dasar yang kuat terletak pada kedalaman yang relatif dalam, dimana pondasi sumuran nilai kedalaman (D_f) dibagi lebar (B) lebih kecil atau sama dengan 4, sedangkan pondasi dangkal $D_f/B \leq 1$ (Gambar 2.18d), digunakan bila tanah keras terletak relatif dalam.
- b. Pondasi tiang (*pile foundation*), digunakan bila tanah pondasi pada kedalaman yang normal tidak mampu mendukung beban yang bekerja dan tanah keras terletak sangat dalam. Pondasi tiang umumnya diameternya lebih kecil dan lebih panjang dibandingkan dengan pondasi sumuran (Gambar 2.18e)



Gambar 2.18 Jenis Pondasi.
(Hardiyatmo, 2002)

Pemilihan jenis pondasi yang tepat, perlu diperhatikan apakah pondasi tersebut sesuai dengan berbagai keadaan tanah :

1. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada permukaan tanah atau 2-3 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini menggunakan

pondasi telapak.

2. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 10 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini menggunakan pondasi tiang apung.
3. Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman 20 meter dibawah permukaan tanah, maka pada kondisi ini apabila penurunannya diizinkan dapat menggunakan tiang geser dan apabila tidak boleh terjadi penurunannya, biasanya menggunakan tiang pancang. Tetapi bila terdapat batu besar pada lapisan antara permukaan kaisan lebih menguntungkan.

Bila tanah pendukung pondasi terletak pada kedalaman sekitar 40 meter dibawah permukaan tanah, dalam kondisi ini maka menggunakan tiang baja dan tiang beton yang dicor ditempat. (*Bowles J.E, 1993*).

2.6 Dinding Penahan Tanah

2.6.1 Pengertian Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan adalah suatu bangunan yang dibangun untuk menahan keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun ditempat dimana kemantapan tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri, dipengaruhi oleh kondisi gambaran topografi tempat itu, bila dilakukan pekerjaan tanah seperti penanggulangan atau pemotongan tanah terutama dinding penahan itu dibangun untuk melindungi kemiringan tanah dan melengkapi kemiringan dengan pondasi kokoh.

Dinding penahan tanah atau juga biasa disebut tembok penahan adalah

suatu konstruksi yang dibangun untuk menahan tanah atau mencegah keruntuhan tanah yang curam atau lereng yang dibangun di tempat, kemantapannya tidak dapat dijamin oleh lereng tanah itu sendiri, serta untuk mendapatkan bidang yang tegak. Bangunan dinding penahan tanah digunakan untuk menahan tekanan tanah lateral yang ditimbulkan oleh tanah urugan atau tanah asli yang labil. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi gambaran topografi tempat itu bila dilakukan pekerjaan tanah seperti penanggulan atau pemotongan 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.

2.6.2 Kegunaan Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah sudah digunakan secara luas dalam hubungannya dengan jalan raya, jalan kereta api, jembatan, kanal dan lainnya. Aplikasi yang umum menggunakan dinding penahan tanah antara lain sebagai berikut:

1. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibangun di daerah lereng.
2. Jalan raya atau jalan kereta api yang ditinggikan untuk mendapatkan perbedaan elevasi.
3. Jalan raya atau jalan kereta api yang dibuat lebih rendah agar didapat perbedaan elevasi.
4. Dinding penahan tanah yang menjadi batas pinggir kanal.
5. Dinding khusus yang disebut flood walls, yang digunakan untuk

mengurangi/menahan banjir dari sungai.

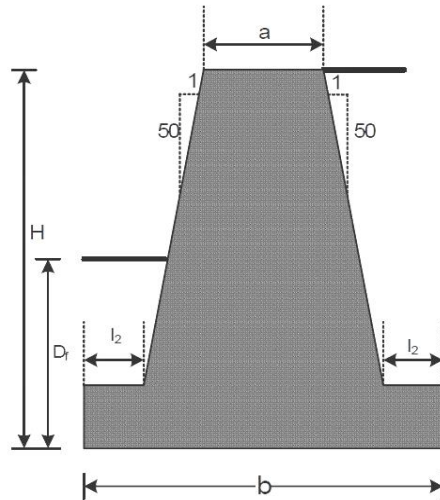
6. Dinding penahan tanah yang digunakan untuk menahan tanah pengisi dalam membentuk suatu jembatan. Tanah pengisi ini disebut approach fill dan dinding penahan disebut abutments.
7. Dinding penahan yang digunakan untuk menahan tanah di sekitar bangunan atau gedung-gedung.
8. Dinding penahan tanah yang digunakan sebagai tempat penyimpanan material seperti pasir, biji besi, dan lain-lain.

2.6.3 Jenis Dinding Penahan Tanah

Berdasarkan cara untuk mencapai stabilitasnya, maka dinding penahan tanah dapat digolongkan dalam beberapa jenis yaitu Dinding Gravitasi, Dinding Penahan Kantiliver, Dinding Kontravort, Dinding Butters. Beberapa jenis dinding penahan tanah antara lain :

1. Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi (*gravity wall*).

Dinding gravitasi, adalah dinding penahan yang dibuat dari beton tak bertulang (beton murni) atau pasangan batu kali. Sedikit tulangan beton kadang-kadang diberikan pada permukaan dinding untuk mencegah retakan permukaan dinding akibat perubahan temperatur. Pada tembok penahan tipe gravitasi dalam perencanaan harus tidak terjadi tegangan tarik pada setiap irisan badannya. Stabilitas konstruksinya diperoleh hanya dengan mengandalkan berat konstruksinya itu sendiri. Untuk itu dalam perencanaan tembok penahan jenis ini perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut (lihat gambar 2.19).



Gambar 2.19 Dinding Penahan Tanah Tipe Gravitasi.
(Hardiyatmo, 2014)

- a. Pada umumnya lebar plat lantai B diambil $0.5 - 0.7 H$
- b. Lebar bagian puncak diambil lebih dari $0.3 - H/12$
- c. Tebal kaki dan tumit $(H/8 - H/6)$
- d. Lebar kaki dan tumit $(0.5 - 1)d$ ($d =$ tebal kaki)

Keterangan :

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

b : $(0.5 - 0.7)H$

Df : (d disesuaikan dengan kondisi setempat)

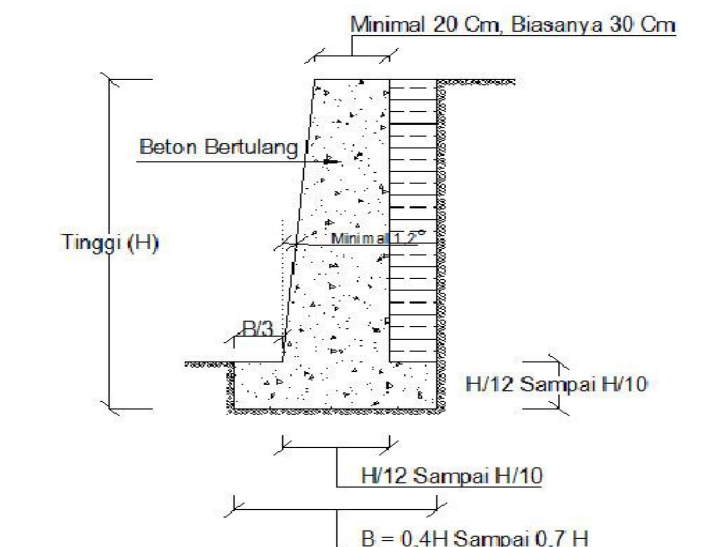
d : $(H/8 - H/6)$

I_1 dan I_2 $(0.5 - 1)d$

2. Dinding Penahan Tanah Tipe Jepit (*Cantilever retaining wall*).

Jenis konstruksi dinding penahan tanah tipe ini umumnya digunakan untuk menahan tekanan tanah pada timbunan maupun pada tebing. Prinsip kerja dari jenis dinding penahan jenis ini yaitu dengan mengandalkan daya jepit atau *fixed* pada dasar tubuh strukturnya. Selain

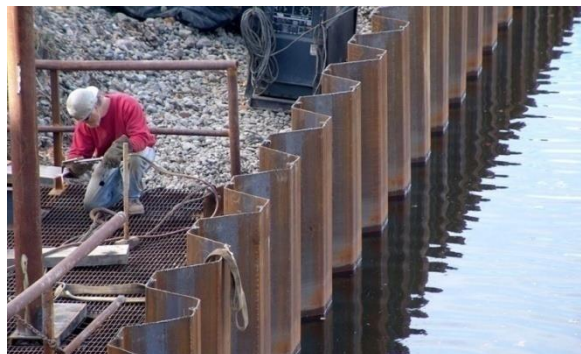
itu dinding penahan jenis ini jugak tidak banyak berbeda dari dinding penahan jenis Gravitasi yang sama – sama mengandalkan kestabilan dari berat konstruksinya sendiri. Tetapi bedanya dinding penahan jenis kantilever memiliki ciri khas yaitu berupa model telapak atau *spread* memanjang pada dasar strukturnya yang bersifat jepit yang dimana juga berfungsi sebagai kestabilan juga dari struktur penahan. Umumnya konstruksi dinding penahan tipe jepit dibuat dari pasangan batu maupun dengan konstruksi beton bertulang. Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Ketebalan dari kedua bagian relatif tipis dan secara penuh diberi tulangan untuk menahan momen dan gaya lintang yang bekerja pada dinding tersebut. Terdapat 3 bagian yang berfungsi sebagai kantilever, tumit, tapak, dan ujung kaki tapak. Biasanya ketinggian dinding 6– 7 meter.



Gambar 2.20 Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever (*Cantilever retaining wall*)
(Hardiyatmo, 2014)

3. Dinding Penahan Tipe Turap (*Sheet pile*)

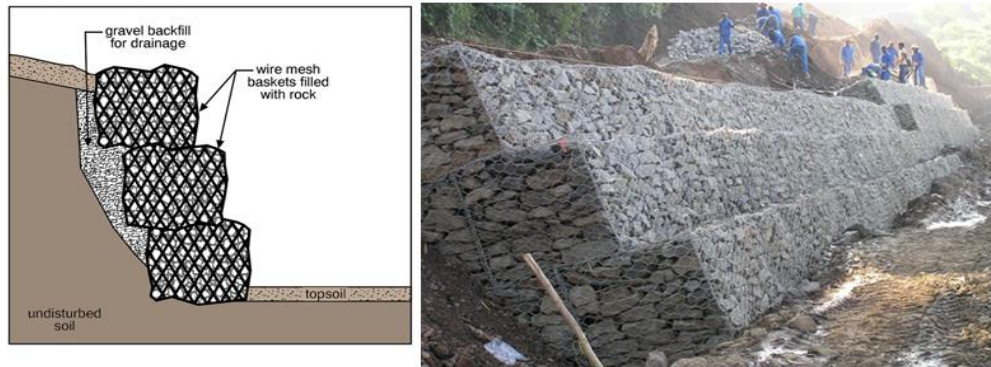
Jenis konstruksi dinding penahan tipe turap merupakan jenis konstruksi yang banyak digunakan untuk menahan tekanan tanah aktif lateral tanah pada timbuna maupun untuk membendung air (*coverdam*). Jenis konstruksi tipe turap atau *sheet pile* umumnya terbuat dari material beton pra tegang (*Prestress Concrete*) baik berbentuk *corrugate flat* maupun dari material baja. Konstruksi dinding penahan tipe *sheet pile* berbentuk ramping dengan mengandalkan tahanan jepit pada kedalaman tancapnya dan dapat hasil perencanaan. Dalam pelaksanaannya kedalaman *sheet pile* dapat mencapai elevasi sampai tanah keras.



Gambar 2.21 Dinding penahan tanah tipe *Sheet pile*
(Sumber : reganindustrial.com)

4. Dinding Penahan Bronjong (*Gabion*)

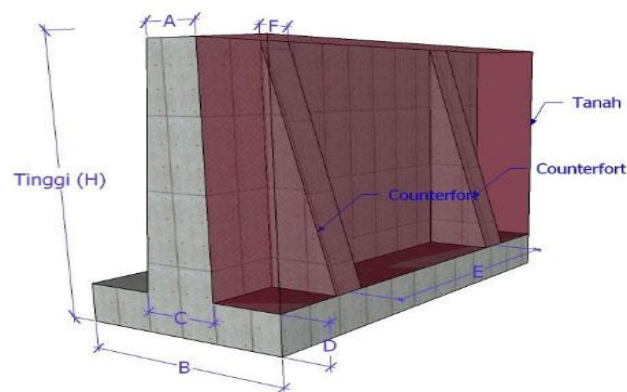
Dinding penahan bronjong merupakan dinding penahan tanah berbentuk menyerupai tangga-tangga atau terasiring, dinding ini terbuat kumpulan ayaman kawat logam galvanis yang berisikan agregat kasar berbentuk kerikil dan disusun secara vertikal. Kelebihan utama dari dinding ini yaitu dapat memperbesar konsentrasi resapan air kedalam tanah selain berfungsi untuk menahan tekanan tanah.



Gambar 2.22 Dinding penahan tanah tipe *Gabion*
Gabion | Geotechnical Software GEO5 | Fine (finesoftware.eu)

5. Dinding Penahan Tanah Tipe *Counterfort* (*counterfort wall*).

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 vertical cukup besar, maka bagian dinding vertical dan tumit perlu disatukan (kontrafort). Kontrafort berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertical dan ditempatkan pada bagian timbunan dengan interfal jarak tertentu. Dinding kontrafort akan lebih ekonomis digunakan bila ketinggian dinding lebih dari 7 meter.

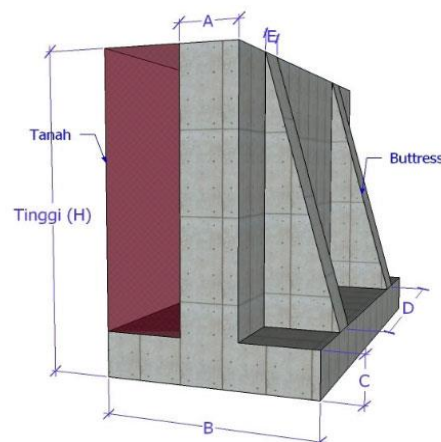


Gambar 2.23 Dinding Penahan Tipe *Counterfort*.
(Sumber. Hardiyatmo, 2014)

Perencanaan dimensi dinding penahan tanah sistem kontrafort yaitu Lebar $0,45 H$ s/d $0,75 H$. Kontrafort dapat ditempatkan pada jarak $0,30 H$ s/d $0,60 H$, dengan tebal tidak kurang dari 20 cm . Tinggi kontrafort sebaiknya sama dengan tinggi dinding vertikal; tetapi bila diinginkan ketinggian yang lebih kecil, dapat dikurangi dengan $0,12 H$ s/d $0,24 H$.

6. Dinding Penahan Tanah Tipe Butress (*butters wall*).

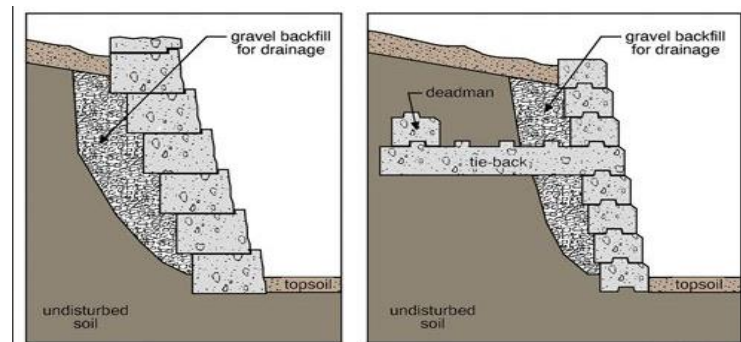
Dinding Butress hampir sama dengan dinding kontrafort, hanya bedanya bagian kontrafort diletakkan di depan dinding. Dalam hal ini, struktur kontrafort berfungsi memikul tegangan tekan. Pada dinding ini, bagian tumit lebih pendek dari pada bagian kaki. Stabilitas konstruksinya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah diatas 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.



Gambar 2.24 Dinding Penahan Tanah Tipe *Buttres*.
(Sumber. Maulana, 2019)

7. Dinding Penahan Tanah Tipe Blok Beton (*Block Concrete*)

Dinding penahan ini biasanya terbuat secara modular dan di fabrikasi berupa beton pre-cast, dinding ini merupakan blok-blok beton masif padan dan disusun secara vertikal dengan antar blok yang di berikan sistem pengunci/locking disetiap susunannya.



Gambar 2.25 Dinding Penahan Tanah Tipe *Block Concrete*
(Sumber : pinterest.com)

8. Dinding Penahan Tanah Tipe *Diaphragm Wall*

Jenis konstruksi dinding penahan tanah ini biasanya dibuat untuk membendung konstruksi bawah tanah khususnya pada konstruksi basement. dinding jenis ini biasanya digabungkan dengan sintem ground anchor, sehingga daya dukung terhadap tekanan tanah lateral aktif meningkat, dan juga berfungsi dalam proses dewatering untuk memotong aliran muka air tanah.



Gambar 2.26 Dinding Penahan Tanah Tipe *Diaphragma*
 (Sumber : *pinterest.com*)

9. Dinding Penahan Tanah Secant Pile

Tipe secant pile ini dapat berfungsi sama dengan dinding penahan tanah tipe diaphragm wall (dinding diafragma), tipe secant pile ini dapat berfungsi sebagai pemutus aliran air bawah tanah atau biasa disebut juga cut off, dan juga dapat digabungkan dengan konstruksi ground anchor untuk meningkatkan daya dukung terhadap tekanan tanah lateral aktif. Contingous pile atau biasa disebut juga hard pile dibuat dengan cara di cor ditempat dengan sistem bored pile yaitu berupa rangkaian besi beton bertulang yang menggunakan profil baja serta dikombinasikan dengan bentonited (soft pile) dan dirangkai membentuk dinding penahan tanah yang padat.



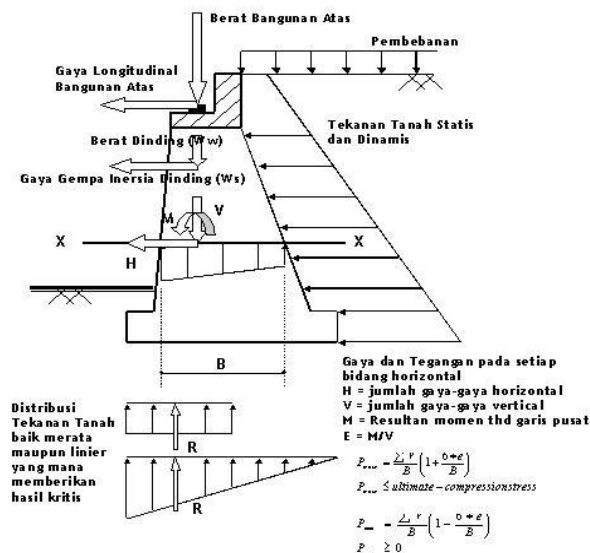
Gambar 2.27 Dinding Penahan Tanah Tipe *Secant Pile*
 Sumber : *Volker Ground Engineering*

10. Revetment

Konstruksi revetment merupakan sebuah konstruksi dinding penahan tanah sederhana yang difungsikan untuk perkuatan lereng atau tebing tanah maupun berfungsi juga untuk melindungi dari gerusan aliran sungai dan ombak di alur pantai. Pada dasarnya konstruksi jenis ini tidak memiliki fungsi utama dalam menahan tekanan tanah lateral aktif, namun berfungsi untuk memproteksi tanah terhadap efek erosi atau gerusan yang merusak kestabilan tanggul atau lereng yang berpotensi menimbulkan longsor.

2.6.4 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Tekanan tanah dan gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan tanah sangat mempengaruhi stabilitas dinding penahan tanah itu sendiri. Gaya – gaya itu sendiri terdapat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.28 Tegangan Terhadap Dinding

- Gaya vertikal akibat berat sendiri dinding penahan tanah

- b. Gaya luar yang bekerja pada dinding penahan tanah
- c. Gaya akibat tekanan tanah aktif
- d. Gaya akibat tekanan tanah pasif

Secara umum pemampatan atau penggunaan bahan dalam konstruksi dinding penahan tanah yang berarti memberikan perkuatan pada massa tanah, memperbesar timbunan di belakang dinding penahan tanah. Perkuatan ini, juga mengurangi potensi gaya lateral yang menimbulkan perpindahan kearah horizontal dari pada dinding tersebut sebagai akibat adanya beban vertikal yang dipindahkan menjadi tekanan horizontal yang bekerja dibelakang dinding penahan tanah atau biasa dikenal sebagai tekanan tanah aktif. (*Suryolelono, 1994*).

Analisa stabilitas ini pengertian lainnya adalah untuk pemeriksaan stabilitas sistem blok perkuatan tanah secara menyeluruh, seperti analisa ketahanan geser, kapasitas daya dukung blok perkuatan (pada pembebanan maksimum, pada keadaan momen guling maksimum), kapasitas daya dukung pondasi, dan analisa sepertiga bagian inti dasar.

Menurut *Braja M. Das*, dalam merencanakan dinding penahan tanah. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menetapkan ukuran dinding panahan untuk menjamin stabilitas dinding penahan. Dinding penahan harus stabil terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah.

1. Kestabilan Terhadap Guling

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urugan dibelakang dinding penahan cenderung menggulingkan dinding dengan pusat pada ujung kaki depan pondasi. Momen penggulingan ini, dilawan oleh

momen akibat berat dinding penahan itu sendiri dan momen akibat berat tanah diatas pelat pondasi.

Faktor keamanan terhadap guling didefenisikan sebagai :

$$SF_{guling} = \frac{\Sigma Mt}{\Sigma Mg} \dots\dots\dots (2.31)$$

Keterangan :

ΣMt : Jumlah dari momen - momen yang menyebabkan struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik 0.

ΣMg : Jumlah dari momen - momen yang mencegah struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik 0. ΣMH merupakan momen - momen yang disebabkan oleh gaya vertikal dari struktur dan berat tanah diatas struktur.

Faktor aman terhadap guling. Bergantung pada jenis tanah yaitu:

- a. $SF_{gl} \geq 1.5$ untuk tanah dasar berbutir/granular.
- b. $SF_{gl} \geq 2$ untuk tanah dasar kohesif

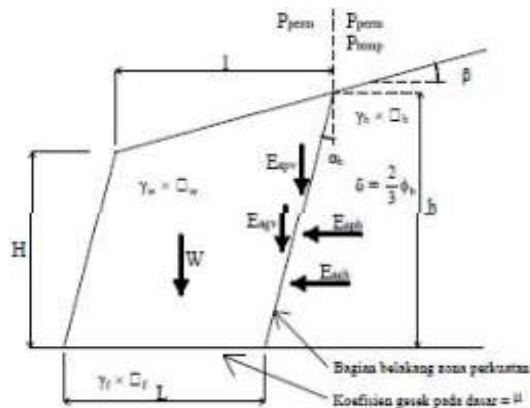
Momen yang menghasailkan guling :

$$\Sigma Mt = Ph (H/3) \dots\dots\dots (2.32)$$

Dimana tekanan tanah horizontal, $Ph = Pa$ tekanan aktif apabila permukaan tanah datar.

2. Kestabilan Terhadap Geser

Analisa terhadap geser yaitu dengan memperhitungkan gaya-gaya yang timbul, seperti dideskripsikan oleh gambar di bawah ini :



Gambar 2.29 Gaya yang Diperhitungkan Dalam Pemeriksaan Geser
(Sumber : Suryolelono, 1994).

Keterangan :

- H : tinggi dinding blok perkuatan
- L : panjang geosintetik level dasar
- l : panjang geosintetik level teratas
- P_{perm} : beban tetap tambahan (permanent)
- P_{temp} : beban hidup tambahan (temporary)
- α : sudut kemiringan lereng permukaan atas terhadap horizontal
- h : tinggi blok perkuatan tanah bagian belakang
- γ : berat jenis tanah
- ϕ : sudut geser tanah
- τ : sudut interaksi tanah yang ditahan dengan blok perkuatan tanah
- W : gaya akibat berat sendiri tanah
- E_{apv} : tekanan vertikal aktif akibat beban luar
- E_{agv} : tekanan vertikal aktif akibat beban tanah sendiri

E_{ph} : tekanan lateral aktif akibat tekanan beban luar

E_{ah} : tekanan lateral aktif akibat tekanan tanah sendiri

Gaya aktif tanah (E_a) selain menimbulkan terjadinya momen juga menimbulkan gaya dorong sehingga dinding akan bergeser, bila dinding menahan tanah dalam keadaan stabil, maka gaya-gaya yang bekerja dalam keadaan seimbang ($\Sigma F = 0$ dan $\Sigma M = 0$) .perlawanan terhadap gaya dorong ini terjadi pada bidang kontak antara tanah dasar dan pondasi.

Ada dua kemungkinan gaya perlawanan ini didasarkan pada jenis tanahnya.

a. Tanah dasar pondasi berupa tanah non-kohesif

Besarnya gaya perlawanan adalah $F = N \times f$, dengan f adalah koefisien gesek antar dinding beton dan tanah dasar pondasi, sedangkan N dapat di cari dari keseimbangan gayagaya vertical ($\Sigma F_v = 0$), maka diperoleh $N = V$. besarnya f diambil bila alas pondasi relative kasar maka $f = \text{tg } \phi$ dimana ϕ merupakan sudut gesek dalam tanah, sebliknya bila alas pondasi relative halus permukaannya maka diambil $f = \text{tg } (2/3 \phi)$ sehingga dalam hitungan angka keamanan (SF).

(sumber : *Suyolelono, 1994*).

$$SF = \frac{\text{Gaya Lawan}}{\text{Daya Dorong}} = \frac{\Sigma V \cdot f}{\Sigma H} \dots\dots\dots (2.33)$$

$SF \geq 1,5$ digunakan untuk jenis tanah non-kohesif, misal tanah pasir.

Keterangan :

SF= safety factor (angka keamanan)

V = gaya vertikal

f = koefisien gesek antara dinding beton dan tanah dasar pondasi.

H = gaya horizontal

Tabel 2.5 Koefisien gesek (f) antara dasar fondasi dan tanah dasar

No	Jenis tanah dasar fondasi	(f)
1	Tanah granuler kasar tak mengandung lanau atau lempung	0,55
2	Tanah granuler kasar mengandung lanau	0,45
3	Tanah lanau tak berkohesi	0,35
4	Batu keras permukaan kasar	0,60

(Sumber : Hardiyatmo, 2014)

Bila mana pada konstruksi tersebut dapat diharapkan bahwa tanah pasif dapat dipertanggung jawabkan keberadaannya, maka besarnya gaya pasif tanah (E_p) perlu diperhitungkan, sehingga gaya lawan menjadi :

$$E_p = V \cdot f + E_p \dots \dots \dots (2.34)$$

Keterangan :

E_p = gaya pasif tanah.

b. Tanah dasar pondasi berupa tanah kohesif.

Gaya perlawanan yang terjadi berupa lekatan antara tanah dasar pondasi dengan alas pondasi dinding penahan tanah. Besarnya lekatan antara alas pondasi dinding penahan tanah dengan dasar pondasi adalah $(0,5 - 0,75) c$, di mana c adalah kohesi tanah. Dalam analisis biasanya diambil sebesar $2/3 c$. besarnya gaya lekat yang merupakan gaya lawan adalah luas alas pondasi dinding penahan tanah di kalikan dengan lekatan diperoleh gaya lawan = $2/3 c (b \times 1)$ bila mana di

ambil dinding 1m. (sumber : Suryolelono, 1994).

Angka persamaan $SF = \frac{\frac{2}{3}c.b}{Ea}$ dan bila Ep di perhitungkan,

$$SF = \frac{\frac{2}{3}c.b + Ep}{Ea} \dots\dots\dots (2.35)$$

Untuk jenis tanah campuran(lempung pasir) maka besarnya,

$$SF = V.f \frac{\frac{2}{3}c.b + Ep}{Ea} \dots\dots\dots (2.36)$$

Keterangan :

c = kohesi

b = alas pondasi dinding penahan tanah

3. Daya Dukung Ijin Tanah

Tekanan yang disebabkan oleh gaya-gaya yang terjadi pada dinding penahan ke tanah harus dipastikan lebih kecil dari daya dukung ijin tanah. Penentuan daya dukung ijin pada dasar dinding penahan/abutmen dilakukan seperti dalam perencanaan pondasi dangkal.

Gaya-gaya horizontal dan vertikal pada dinding akan menimbulkan tegangan pada tanah. Apabila tegangan yang timbul melebihi tegangan ijin tanah, maka akan terjadi penurunan tanah.

Eksentrisitas dari gaya-gaya ke pondasi, dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$eks = (0,5.B) - x \dots\dots\dots (2.37)$$

Tekanan ke tanah dihitung dengan rumus :

$$q_{max} = \frac{2V}{3(\frac{R}{n} - e)} \dots\dots\dots (2.38)$$

Keterangan :

e = eksentrisitas

B = alas pondasi dinding penahan tanah

Σ = tekanan

Jika nilai eks > B/6 maka nilai σ akan lebih kecil dari 0. Hal tersebut adalah sesuatu yang tidak diharapkan. Jika hal ini terjadi maka lebar dinding penahan B perlu di perbesar Angka keamanan terhadap tekanan maksimum ke tanah dasar dihitung dengan rumus:

$$SF_{\text{daya dukung}} = \frac{Q_{\text{ultimate}}}{Q_{\text{max}}} \dots\dots\dots (2.39)$$

Nilai minimum dari angka keamanan terhadap daya dukung yang biasa digunakan dalam perencanaan adalah 3.

4. Penulangan Dinding

a. Hitungan gaya lintang dan gaya momen terfaktor.

Bila y adalah kedalaman dari permukaan tanah urug, momen terfaktor yang bekerja pada dinding vertikal :

$$M_u = 0,5 \times \gamma_m \times y^2 \times K_a \times \frac{y}{3} \times 1,2 + 0,5 \times q \times y^2 \times K_a \times 1,6 .$$

$$V_u = 0,5 \times \gamma_m \times y^2 \times K_a \times 1,2 + q \times y \times K_a \times 1,6 .$$

Momen (Mu) dan gaya lintang (Su) dinding dengan substitusi dengan substitusi nilai-nilai y ke dalam hitungan (Mu) dan (Vu) diatas.

b. Hitungan kebutuhan tulangan geser.

$$d = H - p - \frac{25}{2} \dots\dots\dots (2.40)$$

Dengan

d : tinggi efektif (mm)

H : tinggi pondasi (mm)

Kuat geser beton :

$$V_c = \left(\frac{1}{6}\sqrt{f_{c'}}\right) b_w d \dots\dots\dots (2.41)$$

Dengan

V_c : Kuat geser beton (kN)

f_{c'} : Mutu Beton (mPa)

b_w : Permeter (mm)

d :tinggi efektif (mm)

$$\phi V_n = \phi V_c = 0,75 \times V_c \dots\dots\dots (2.42)$$

$$\phi V_n = \phi V_c > V_u \dots\dots\dots (2.43)$$

Karena seluruh nilai $\phi V_n = \phi V_c > V_u$ maka dinding vertikal tidak memerlukan tulangan geser, hanya dipasang tulangan minimum saja.

c. Hitungan penulangan per meter panjang dinding.

$$\left(-\frac{1}{2} \times 0,85 \times f_{c'} \times b\right) a^2 + (0,85 \times f_{c'} \times b \times d) a - \left(\frac{M_u}{\phi}\right) = \dots\dots (2.44)$$

Dengan

f_{c'} : Mutu beton (mPa)

b :Permeter (mm)

d : Tinggi efektif (mm)

M_u : Momen ultimit (kNm)

ϕ : 0,8

$$\epsilon_s = \frac{d-c}{c} \epsilon_{cu} \dots\dots\dots (2,45)$$

$$f_s = \varepsilon_s \times E_s \dots\dots\dots (2,46)$$

$$A_s = \frac{0,85 \times f_c \times a \times b}{f_s} \dots\dots\dots (2,47)$$

Rasio penulangan (p) :

$$p = \frac{A_s}{b \times d} \dots\dots\dots (2,48)$$

$$A_{s_{min}} = p \times b \times d \dots\dots\dots (2,49)$$

Batasan p_{min} menurut Pasal 9.12 adalah sebesar 0,0020 rasio penulangan tidak memenuhi. Sehingga dipakai A_s dikarenakan $A_s < A_{s_{min}}$.

Dengan nilai luas tulangan $A_s = 2000\text{mm}^2$, maka jumlah tulangan per meter pelat untuk diameter tulangan mm adalah :

$$n = \frac{A_s}{\frac{1}{4} \times \pi \times d^2} \dots\dots\dots (2,50)$$

2.6.5 Perencanaan Dinding Penahan Tanah

Secara umum fungsi dari Dinding Penahan Tanah adalah untuk menahan besarnya tekanan tanah akibat parameter tanah yang buruk sehingga longsor bisa dicegah, serta untuk melindungi kemiringan tanah dan melengkapi kemiringan dengan pondasi yang kokoh, untuk mendukung fungsi tersebut, maka diperlukan perencanaan dengan uraian sebagai berikut;

1. Konsep Dinding Penahan Tanah.

Berdasarkan survey lapangan yang telah dilakukan pada lokasi yang akan di bangun dinding penahan tanah ini, serta dengan mempertimbangkan tingkat kesulitan dalam pelaksanaan, disusun beberapa konsep perencanaan turap antara lain:

- a. Dinding penahan tanah yang direncanakan tidak mengganggu atau merusak aliran air sungai (tidak mengganggu luas penampang basah sungai).
- b. Dinding penahan tanah berfungsi sebagai dinding yang dapat menahan kelongsoran tebing sungai dan melindungi tebing sungai terhadap gerusan air.
- c. Dinding penahan tanah dapat menahan tekanan tanah aktif serta tekanan air dan beban-beban lainnya yang bekerja pada dinding penahan tanah.
- d. Dinding penahan tanah direncanakan memiliki ketahanan jangka panjang pada lingkungan pada siklus basah, kering dan lembab.
- e. Dinding penahan tanah memiliki tekanan tanah lateral tanah aktif dan air, serta memiliki gaya aksial dan lateral yang bekerja pada dinding penahan tanah.

2. Urutan Perencanaan Dinding Penahan Tanah.

- a. Menetapkan jenis dinding penahan tanah yang paling sesuai.
- b. Memperkirakan ukuran/dimensi dinding penahan tanah yang diperlukan.
- c. Hitung gaya-gaya yang bekerja di atas dasar fondasi dinding penahan.
- d. Tentukan letak resultan gaya-gaya yang bekerja. Letak dari resultan tersebut digunakan untuk mengetahui kestabilan dinding penahan terhadap bahaya penggulingan.
- e. Mengontrol stabilitas dinding penahan tanah terhadap :

- Bahaya guling
 - Bahaya geser, dan
 - Bahaya kelongsoran daya dukung
- f. Merencanakan struktur atau konstruksi sehingga konstruksi dinding penahan tanah mampu memikul segala beban atau muatan yang dipikul. (Hardiyatmo,2014).

3. Hitungan Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Gaya-gaya yang bekerja pada dinding penahan meliputi :

- a. Berat sendiri dinding penahan (w)
- b. Gaya tekanan tanah aktif total tanah urug (P_a)
- c. Gaya tekanan tanah pasif total di depan dinding (P_p)
- d. Tekanan air pori di dalam tanah (P_w)
- e. Reaksi Tanah Dasar

Untuk menghasilkan konstruksi dinding penahan yang ideal, maka analisis stabilitas dinding penahan tanah ditinjau terhadap hal-hal sebagai berikut.

- a. Faktor aman terhadap penggeseran (*sliding*) dan penggulingan (*overturning*) harus mencukupi.
- b. Tekanan yang terjadi pada tanah dasar pondasi harus tidak boleh melebihi kapasitas dukung tanah izin.
- c. Stabilitas lereng secara keseluruhan harus memenuhi syarat.

Selain itu, jika tanah dasar mudah mampat, penurunan tak seragam yang terjadi harus tidak boleh berlebihan. Pada prinsipnya kondisi tanah dalam

kedudukannya ada 3 kemungkinan, yaitu :

- Dalam Keadaan Diam (Ko)
- Dalam Keadaan Aktif (Ka)
- Dalam Keadaan Pasif (Kp)

Tekanan aktif dan pasif dapat dihitung secara analitis maupun grafis dalam hal ini perlu kita perhatikan sebagai berikut :

Perhitungan cara analitis :

- 1) Menurut Rankine
- 2) Menurut Coulomb
- 3) Menurut Tarzaghi

Perhitungan cara grafis :

- 1) Menurut Poncelet
- 2) Menurut Culman
- 3) Menurut Trial Wedge
- 4) Menurut Rehban

2.7 Rencana Lapangan

Rencana lapangan adalah suatu rencana perletakkan bangunan pembantu atau darurat yang diperlukan sebagai sarana pendukung untuk melaksanakan pekerjaan tergantung besar kecilnya proyek. Rencana perletakan itu sendiri adalah bangunan – bangunan pembantu atau sementara. Misalnya direksi keet, gudang, pagar keliling, bengkel, pos keamanan dan sebagainya. Tujuan pokok dalam perencanaan site plan / site installation adalah mengatur letak bangunan - bangunan fasilitas dan sarana pada proyek sedemikian rupa, sehingga pelaksanaan pekerjaan konstruksi dapat berjalan dengan :

1. Efisien

Penempatan dari bangunan-bangunan fasilitas dan sarana pada proyek perlu diatur menurut kebutuhan sehingga diperoleh efisiensi kerja.

2. Efektif

Penempatan bangunan-bangunan fasilitas dan sarana yang efektif pada proyek juga dibutuhkan dalam menunjang pekerjaan konstruksi. Efektif adalah dapat diselesaikannya suatu pekerjaan sesuai dengan rencana pekerjaan sesuai dengan rencana (schedule) kerja yang telah disusun.

3. Lancar

Yang dimaksud dengan lancar dalam perencanaan (site plan / site installation) adalah kelancaran pelaksanaan pekerjaan, terutama kelancaran transportasi / angkutan di lokasi proyek. Pembuatan jalan kerja untuk mendukung kelancaran.

4. Aman

Salah satu tujuan dibuatnya bangunan-bangunan fasilitas dan sarana pada proyek adalah untuk keperluan keamanan dan keselamatan pekerjaan selama berlangsungnya kegiatan proyek.

Rencana kerja adalah suatu pembagian waktu terperinci yang disediakan masing-masing bagian pekerjaan mulai dari bagian-bagian pekerjaan permulaan sampai dengan bagian – bagian pekerjaan akhir. Adapun tujuan dari rencana kerja adalah sebagai evaluasi dan melihat batas waktu serta melihat pekerjaan apakah lebih cepat, lama atau tepat waktu. Jenis-jenis rencana kerja adalah sebagai berikut :

1. Uraian

- a. Pekerjaan yang disyaratkan dalam seksi ini harus mencakup pelaksanaan seluruh struktur beton, termasuk tulangan, struktur pracetak dan komposit, sesuai dengan Spesifikasi dan sesuai dengan garis, elevasi, kelandaian, dan dimensi yang ditunjukkan dalam Gambar, dan sebagaimana yang diperlukan oleh Direksi Pekerjaan.
 - b. Pekerjaan ini harus meliputi pula penyiapan tempat kerja untuk pengecoran beton, pemeliharaan pondasi, pengadaan lantai kerja, pemompaan atau tindakan lain untuk mempertahankan agar pondasi tetap kering.
 - c. Mutu beton yang akan digunakan pada masing-masing bagian dari pekerjaan dalam kontrak haruslah seperti yang ditunjukkan dalam gambar atau eksi lain yang berhubungan dengan spesifikasi ini, atau sebagaimana diperintahkan oleh direksi pekerjaan.
2. Penyimpanan dan perlindungan bahan untuk penyimpanan semen, kontraktor harus menyediakan tempat yang tahan cuaca yang kedap udara dan mempunyai lantai kayu yang lebih tinggi dari tanah di sekitarnya dan ditutup dengan lembar polyethylene (plastik). Sepanjang waktu, tumpukan kantung semen harus ditutup dengan lembar plastik.
3. Kondisi tempat kerja
- Kontraktor harus menjaga temperatur semua bahan, terutama agregat kasar, dengan temperatur pada tingkat yang serendah mungkin dan harus dijaga agar selalu di bawah 30oC sepanjang waktu pengecoran. Sebagai tambahan, Kontraktor tidak boleh melakukan pengecoran bilamana :

- a. Tingkat penguapan melampaui 1,0 kg / m² / jam.
 - b. Lengas nisbi dari udara kurang dari 40 %.
 - c. Tidak diijinkan oleh Direksi Pekerjaan, selama turun hujan atau bila udara penuh debu atau tercemar.
4. Perbaikan atas pekerjaan beton yang tidak memenuhi ketentuan
- a. Perbaikan atas pekerjaan beton yang tidak memenuhi kriteria toleransi yang disyaratkan atau yang tidak memiliki permukaan akhir yang memenuhi ketentuan, atau yang tidak memenuhi sifat- 25 sifat campuran yang disyaratkan harus mengikuti petunjuk yang diperintahkan oleh Direksi Pekerjaan.
 - b. Bilamana terjadi perbedaan pendapat dalam mutu pekerjaan beton atau adanya keraguan dari data pengujian yang ada, Direksi Pekerjaan dapat meminta Kontraktor melakukan pengujian tambahan yang diperlukan untuk menjamin bahwa mutu pekerjaan yang telah dilaksanakan dapat dinilai dengan adil. Biaya pengujian tambahan tersebut haruslah menjadi tanggung jawab Kontraktor.