

FAKULTAS TEKNIK – PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK TABAK  
PEMBANGUNAN TERBUK – DEKATAN CIEN SINTALUSUN

(PANGK. A. ALI)  
YANG AJIB

Dibaca oleh  
**IRYV J SITOMPUL**

19010928

Telah diuji dihadapan Tim Pengas Yegri Alchir pada tanggal 30 Agustus 2024 dan dinyatakan telah lulus sidang sarjana

Ditahkan oleh :

Dosen Pembimbing I



Surta Rian N Panjaitan, S.T.,M.T

Dosen Pembimbing II



Ir. Yetty Riris Saragi, S.T.,M.T.,IPU.,ACPE

Dosen Penguji I



Ir. Johan Oberlyn Simanjuntak, S.T.,M.T.,IPM

Dosen Penguji II



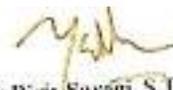
Luki Hariando Purba, S.T.,M.Eng

Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Timbang Pangaribuan, M.T

Ketua Program Studi



Ir. Yetty Riris Saragi, S.T.,M.T.,IPU.,ACPE

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

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)

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.

1. 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. 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.
3. 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**

Untuk mencapai tujuan tersebut diatas, terdapat beberapa permasalahan yang harus diperhitungkan antara lain:

1. Menghitung gaya guling dan gaya geser dan kapasitas daya dukung tanah
2. Menghitung stabilitas dinding penahan tanah
3. Menghitung tekanan tanah aktif dan tekanan tanah pasif

### **1.3 Batasan Masalah**

Agar masalah yang dibahas mengarah kepada tujuan yang relevan dengan judul serta mempermudah dalam perhitungan dan dengan keterbatasan waktu, maka perlu pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Menghitung stabilitas dinding penahan tanah
2. Menghitung stabilitas gaya guling dan gaya geser dan kapasitas daya dukung tanah
3. Menghitung tekanan tanah aktif dan tanah pasif

### **1.4 Tujuan Penulisan**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan ini adalah untuk mengetahui seberapa besar perbedaan stabilitas dinding penahan terhadap guling, geser, daya dukung tanah, dan tekanan aktif dan tekanan tanah pasif, dari penelitian terdahulu dan sekarang.

### **1.5 Manfaat Penulisan**

1. Menjadi salah satu referensi bagi penulis tugas akhir berikutnya agar mempermudah dalam penulisan tugas akhir dinding penahan tanah maupun pembangunan turap pada tugas akhir 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.

## **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 :

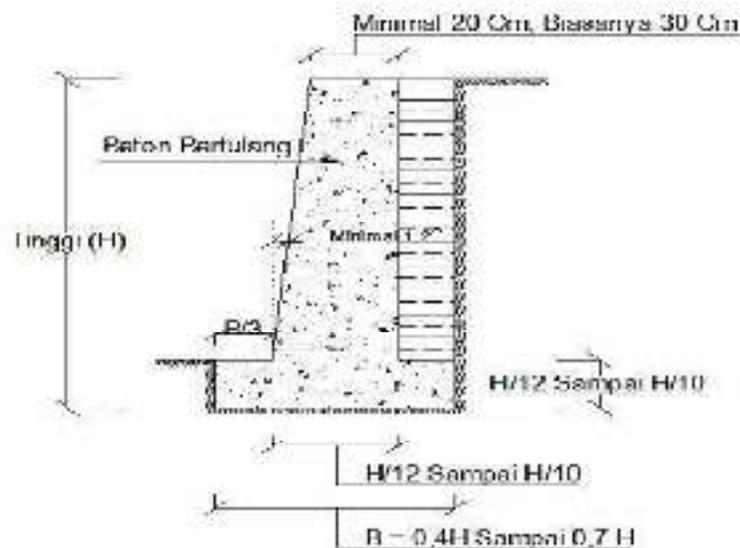
#### 1. Dinding penahan tanah tipe gravitasi (*gravity wall*)

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



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

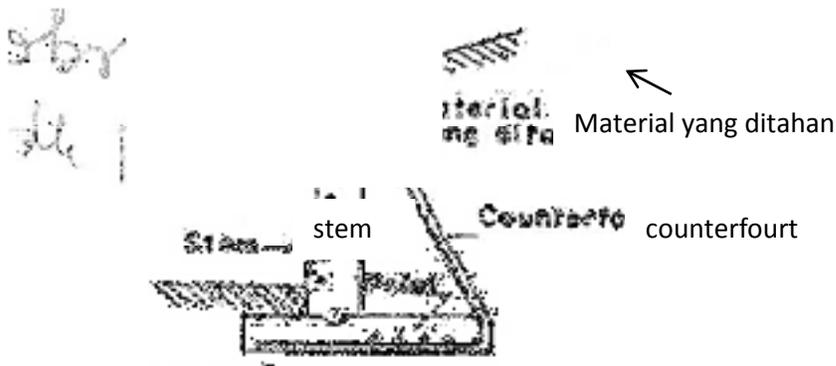
Dinding ini terdiri dari kombinasi dinding dengan beton bertulang yang berbentuk huruf T. Stabilitasnya diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak (heel). Terdapat 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertikal (stem), tumit tapak 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

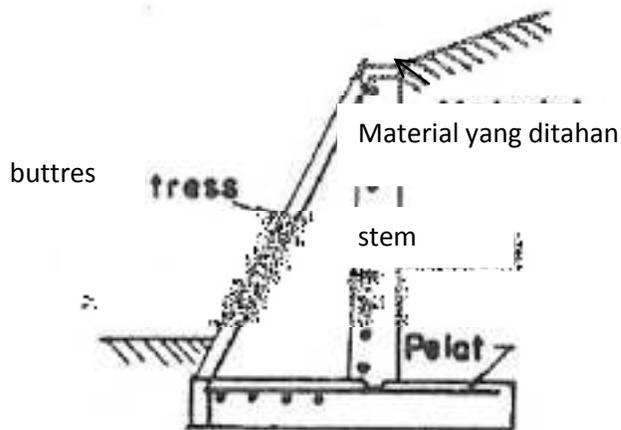
Dinding ini terdiri dari dinding beton bertulang tipis yang di bagian dalam dinding pada jarak tertentu didukung oleh pelat/dinding vertikal yang disebut counterfort (dinding penguat). Ruang di atas pelat pondasi diisi dengan tanah urug. Apabila tekanan tanah aktif pada dinding vertikal cukup besar, maka bagian dinding vertikal dan tumit perlu disatukan. Counterfort berfungsi sebagai pengikat tarik dinding vertikal dan ditempatkan pada bagian timbunan dengan interfal 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 buttres

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.



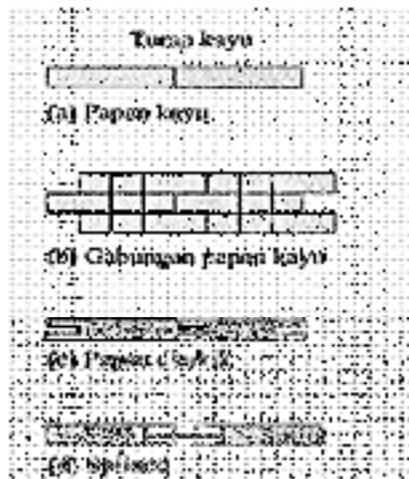
Gambar 2. 4 Dinding penahan tipe buttres  
 Sumber: Tanjung 2016

## 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

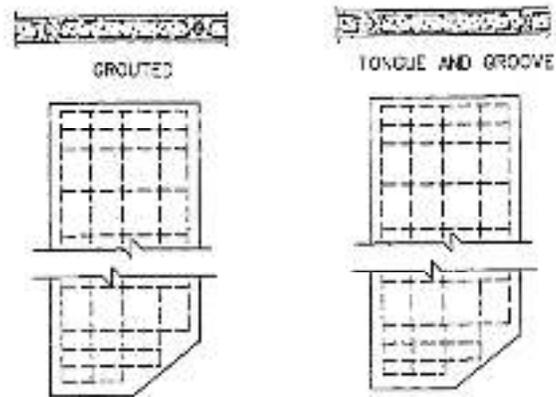


Gambar 2. 5 Turap kayu

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 saling mengkait satu sama lain. Masing-masing balok, kecuali dirancang kuat menahan beban-beban yang bekerja pada turap, juga terhadap beban-beban yang akan bekerja pada waktu pengangkatannya. Ujung bawah turap biasanya dibentuk meruncing untuk memudahkan pemancangan. Turap beton biasa digunakan pada bangunan permanen, dapat dilihat pada Gambar 2.6

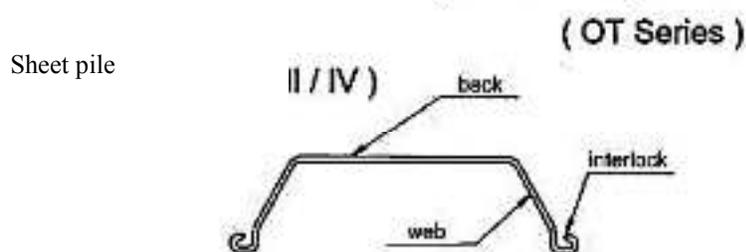


Gambar 2. 6 Turap beton  
*Sumber:* Braja M. Das 1991

### 3. Turap baja

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

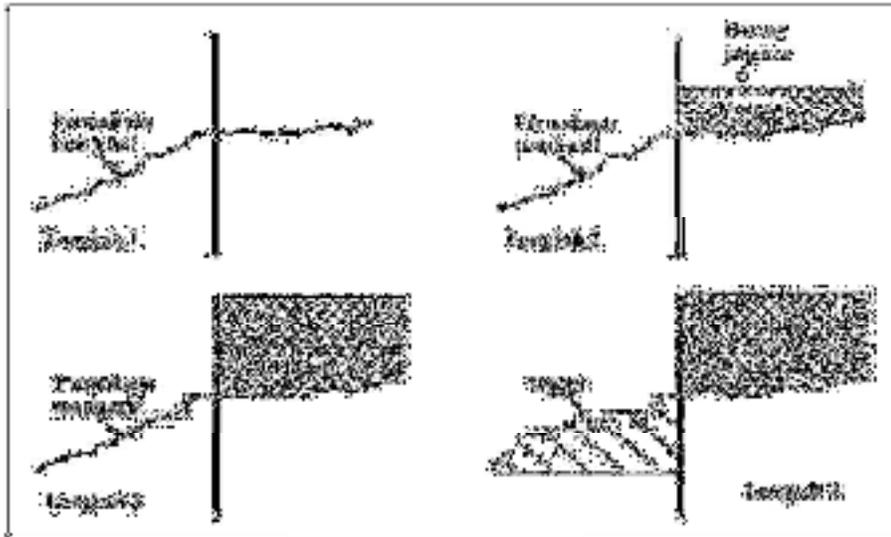
- a. Tahan terhadap tegangan dorong tinggi yang dikembangkan di dalam bahan keras
- b. Mempunyai berat relatif yang tinggi
- c. Dapat dipakai berulang-ulang
- d. Umur pemakaiannya cukup panjang baik di atas maupun di bawah air dengan perlindungan sederhana menurut NBS (1962) yang meringkaskan data tentang sejumlah tiang pancang yang diperiksa setelah pemakaian yang berlangsung lama
- e. Mudah menambah panjang tiang pancang dengan mengelas maupun dengan memasang baut
- f. 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 besar dengan 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

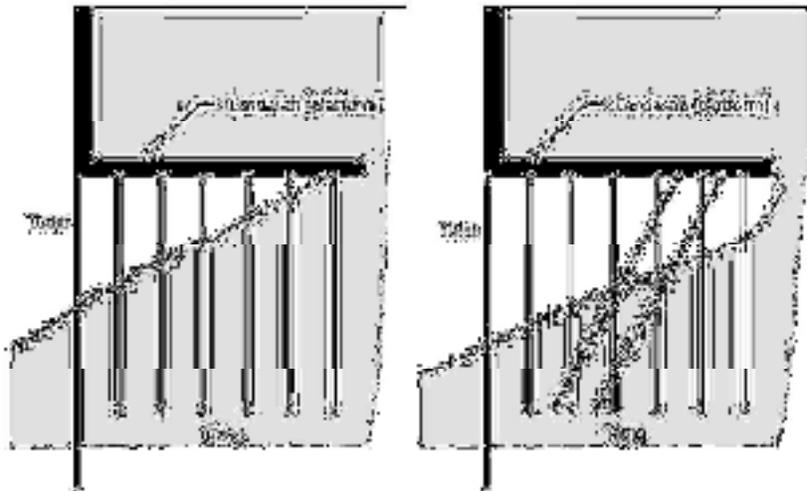
Turap diangker cocok untuk menahan tebing galian yang dalam, tetapi masih juga bergantung pada kondisi tanah. Dinding turap ini menahan beban lateral dengan mengandalkan tahanan tanah pada bagian turap yang terpancang kedalam tanah dengan dibantu oleh anker yang dipasang pada bagian atasnya, dapat dilihat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



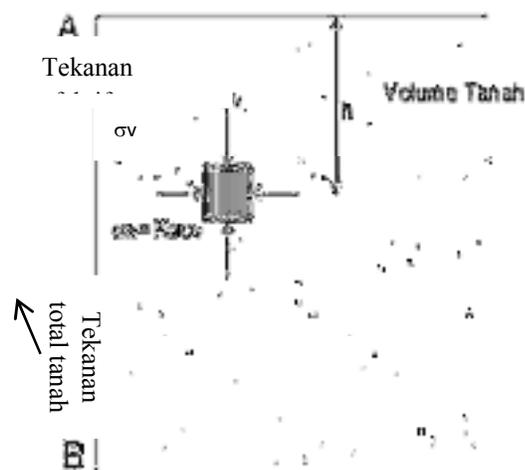
Gambar 2. 10 Turap dengan platform  
 Sumber: Braja M DAS 2007

### 2.3 Pengertian Tanah

Tanah adalah sebuah material yang terdiri dari campuran-campuran butiran dengan atau tanpa kandungan bahan organik. Butiran-butiran yang mudah dipisahkan dengan kocokan air. 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 3 jenis tekanan yang terjadi pada tanah yaitu:

#### 1. Tekanan tanah lateral saat diam

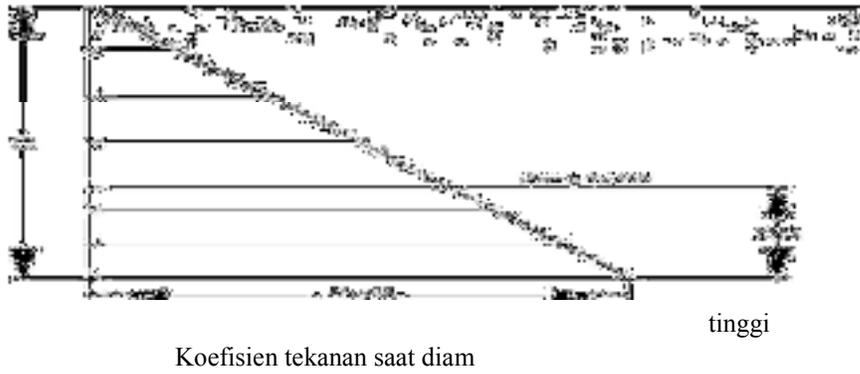
Menurut Hardiyatmo, 2003 tekanan tanah lateral adalah gaya yang ditimbulkan oleh akibat dorongan tanah dibelakang struktur penahan tanah. Besar tekanan lateral sangat dipengaruhi oleh perubahan letak (*displacement*) dari dinding penahan dan sifat-sifat tanah asli. Pada Gambar 2.11 tanah dibatasi oleh 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. 11 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. 12 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 (*horisontal*) pada dinding, pada kedalaman tertentu ( $z$ ),

Dengan :

$\sigma_h$  = Tegangan horisontal efektif (kN/m<sup>3</sup>)

$\sigma_v$  = Tegangan vertikal efektif ( kN/m<sup>3</sup>)

$K_0$  = Koefisien tekanan tanah saat diam

$Z$  = 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 berkohesi 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 (Pa) pada dinding penahan tanah di sembarang kedalaman dapat dilihat pada persamaan 2.2. Pada kedudukan pasif, tekanan tanah aktif (Pa) pada kedalaman  $z$  dari puncak dinding yang dinyatakan oleh :

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

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

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

dengan:

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

Berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>)

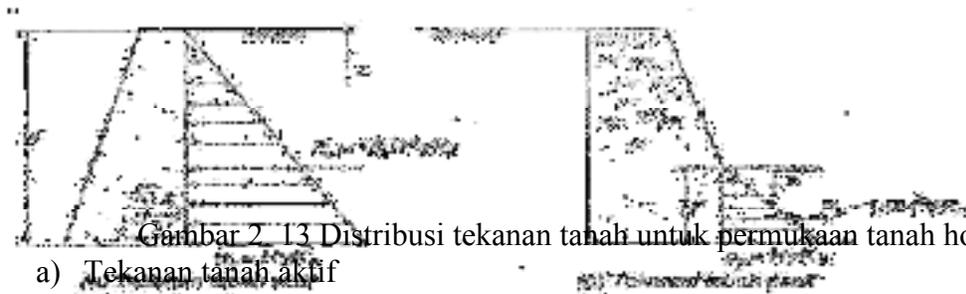
$K_a$  = Koefisien tekanan aktif

$H$  = 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:

$$P_p = z \gamma K_p; c = 0 \quad (2.3)$$

Dapat dilihat pada Gambar 2.13



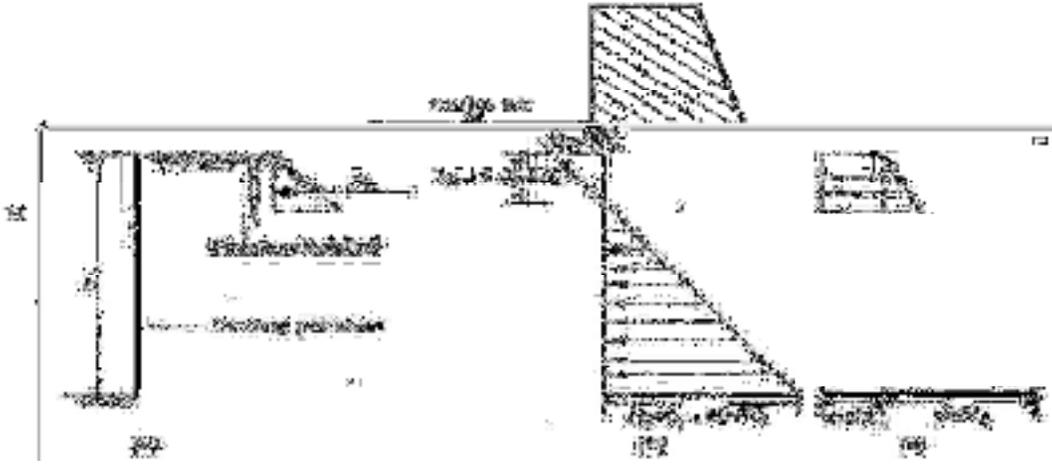
Gambar 2.13 Distribusi tekanan tanah untuk permukaan tanah horizontal.

- a) Tekanan tanah aktif
- b) Tekanan tanah pasif

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.



Gambar 2. 14 Galian pada tanah kohesif

- a). Pengaruh retakan yg terisi air
- b). Diagram tekanan aktif
- c). Diagram tekanan pasif

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 s...kat pada struktur secara permanen.

### 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.

Rumus  
tekanan  
hidrostatik

## Gambar 2. 15 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 hidrostatis 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, ac

Periode ulang *)		ac *)
tahun		(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

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

### 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 gesekanantara 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 horisontal 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 surcharge 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

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

### 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. 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>)

$B$  = 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 : Harry Christady Hardiyanto, 2010)

Nilai  $N_c'$ ,  $N_q'$ , 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 :

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

Dengan :

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

$q_u$  = Kapasitas dukung ultimit ( $t/m^2$ )

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 tambahan tekanan pada dasar fondasi, akibat beban mati dan beban hidup dari struktur. Bila dinyatakan dalam persamaan, maka :

dengan :

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

$q_n$  = Tekanan fondasi neto ( $t/m^2$ )

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.

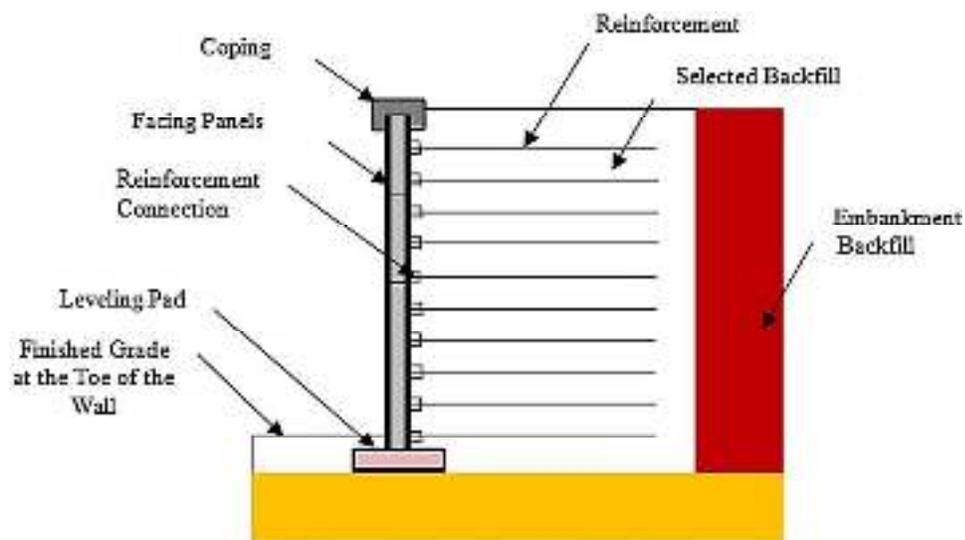
#### **2.5.4. Faktor Keamanan Terhadap Kegagalan Stabilitas Global**

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. 16 *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-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 Rankine 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:

- a. Kondisi tekanan tanah yang bekerja dianggap memenuhi syarat teori Rankine atau Coulomb.
- b. Turap bebas berotasi, namun tidak diizinkan bergerak pada angkernya.
- c. 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 :

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

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

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 yaitu dengan 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 dan spesifikasi sheet pile tipe U.

Tabel 2. 3 Size and specification steel sheet pile type U type Standard JISA 5523/JISA 5528

Type	Size			Per piece				Per meter			
	<i>Effective Width</i>	<i>Effective Height</i>	<i>Thick ness</i>	<i>Section Area</i>	<i>Moment of Inertia Lx</i>	<i>Section Modulus Zx</i>	<i>Weight</i>	<i>Section Area</i>	<i>Moment of Inertia Lx</i>	<i>Section Modulus Zx</i>	<i>Weight</i>
	Mm	Mm	Mm	Cm2	Cm4	Cm3	kg/m	cm2/m	cm4/m	cm3/m	kg/m
FSP II	<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>
FSP IV	<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>
FSP Vi	<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>
FSP Vii	<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>
KSP Iiw	<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>
KSP IIIw	<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>
KSP Ivw	<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 : Tryggve Larssen,1906)

### 2.6.3 Metode Perhitungan Elemen Plaxis

Plaxis (*Finite Element Code for Soil and Rock Analysis*) merupakan suatu rangkuman 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 berkoheesi 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 tidak ada tegangan geser pada kedua bidang vertikal maupun horizontal nya. 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.

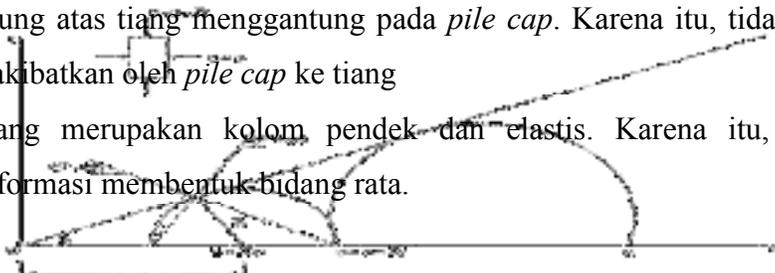


Gambar 2. 17 Tegangan rankine dengan menggunakan lingkaran ,mohr  
*Sumber: Hardiyatmo, 2003*

## 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 :

- a. Menentukan syarat-syarat batas dan bentangnya
- b. Menentukan tebal pile cap
- c. Menghitung pembebanan ultimate

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

WD = Jumlah beban mati

WL = Jumlah beban hidup

- d. Menentukan momen-momen yang bekerja
- e. Menghitung dan menggambar tulangan (Istimawan Dipohusodo, 1994)
- f. Menentukan tinggi efektif ( $d_{eff}$ )

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

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

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

### 2.7.1 Penggolongan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang dapat di golongkan berdasarkan yaitu :

1. Material atau bahan yang digunakan :
  - a. Pondasi Tiang Kayu
  - b. Pondasi Tiang Beton
  - c. Pondasi Tiang Baja
  - d. Pondasi Tiang Komposit (Gabungan antara kayu dengan beton atau baja dengan beton)

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 pembuatan maupun penanganan setelah selesai dibuat. Diperlukan tempat yang relatif luas untuk pencetakannya, memerlukan waktu siap dipancarkan, 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. Pembebanan: 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 per tiang =

$$\frac{\text{TotalBeban}}{\text{JumlahTiangPancang}}$$

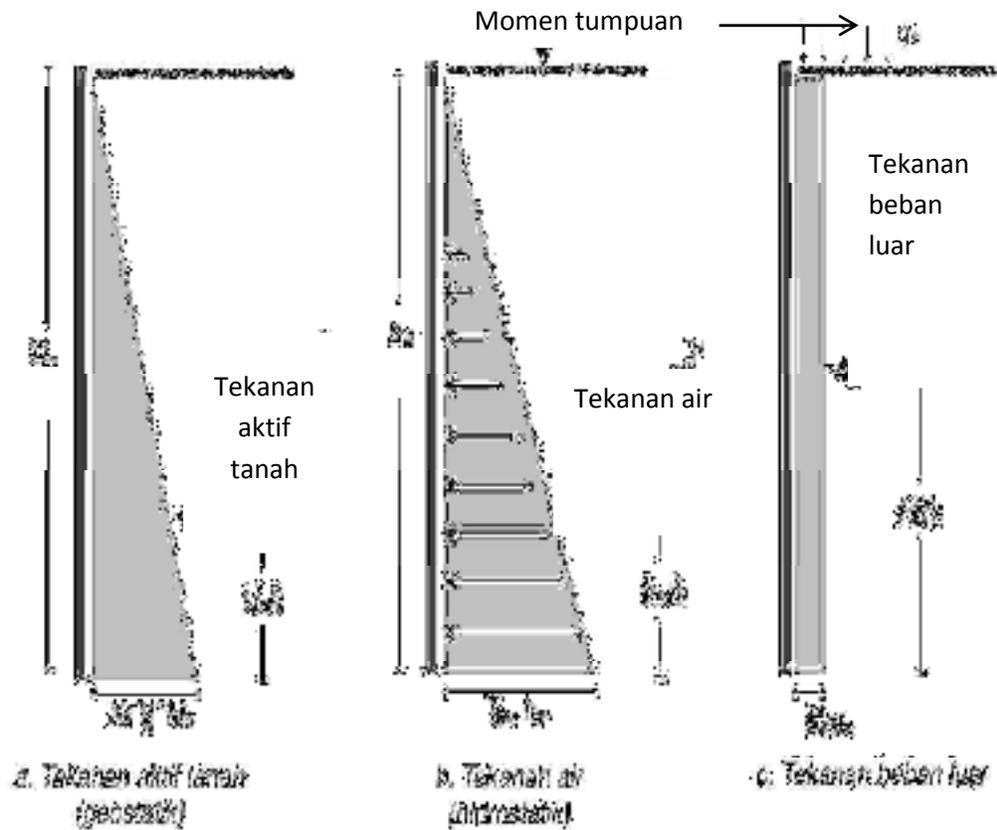
#### 2.7.3 Perhitungan Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

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.

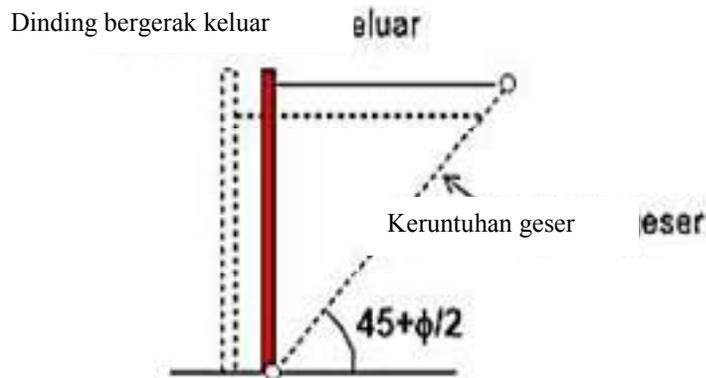


Gambar 2. 18 Tekanan tanah pada dinding turap

- Tekanan aktif tanah
- Tekanan air
- Tekanan beban luar

Sumber: Braja M DAS 1991

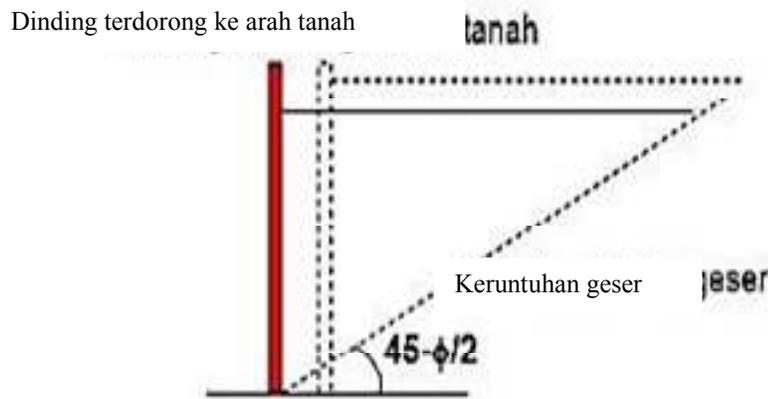
Konsep Tekanan Tanah yaitu: tekanan tanah aktif dapat dilihat pada Gambar 2.19



Gambar 2.19 Tekanan tanah aktif

Sumber: Braja M DAS 2011

Tekanan tanah pasif dapat kita lihat pada Gambar 2.20

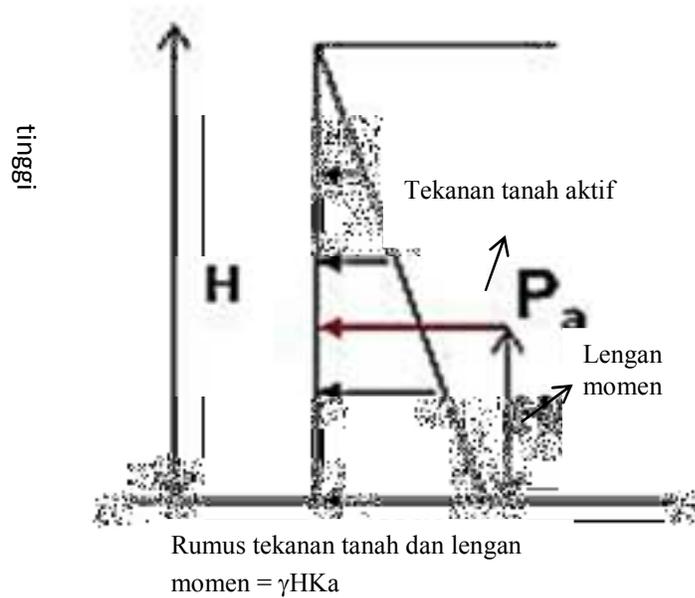


Gambar 2. 20 Tekanan tanah pasif  
Sumber: Braja M Das 1991

Besarnya tekanan tanah didapat dengan:

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

dapat dilihat pada Gambar 2.21



Gambar 2. 21 Tekanan tanah dan lengan momen  
 Sumber: Braja M DAS 1991

Dimana:

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

H = Ketinggian lapisan tanah

K = Koefisien tekanan tanah

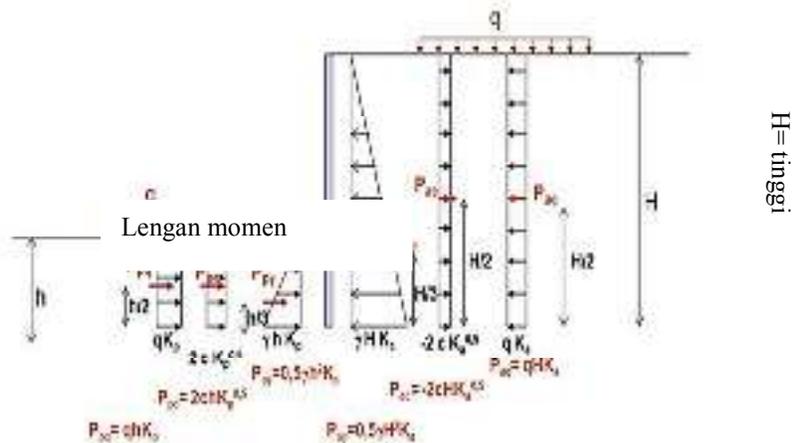
H/3 = Lengan momen

Untuk tanah dengan permukaan rata atau  $b = 0^0$

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

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

dapat dilihat pada Gambar 2.22



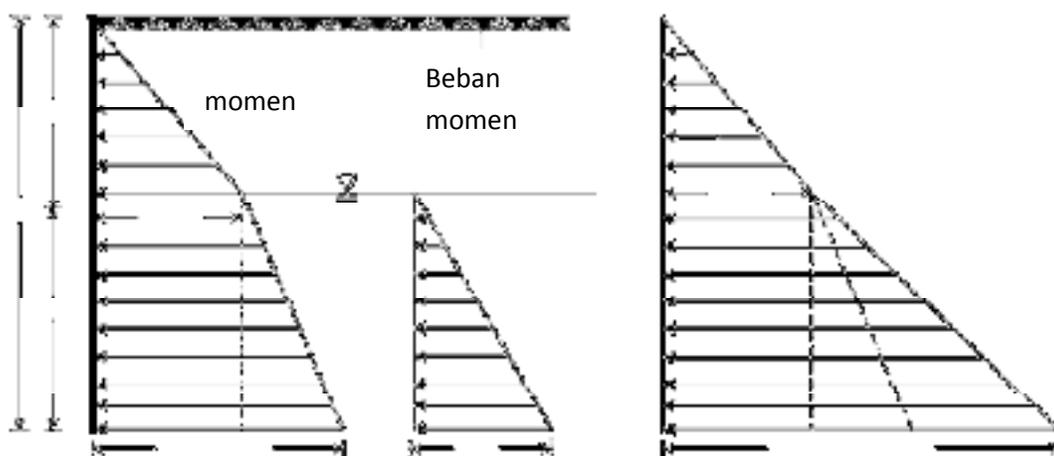
kasus tekanan pada turap  
dengan menggunakan metode penyederhanaan

Gambar 2. 22 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*)  $\theta_0$  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. 23 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 Pile**

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 penggalan 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 :

1. Geotekstil
2. Geogrid
3. Geonet
4. Geosintetik *clay liner*
5. 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.

## **2.10 Penelitian Terdahulu**

Penelitian tentang stabilitas dinding penahan tanah pada pembangunan turap ini sudah pernah diteliti sebelumnya akan tetapi dengan menggunakan konteks yang berbeda. Beberapa penelitian serupa dijabarkan pada Tabel 3.1.

Tabel 2.4 Peneliti Terdahulu

Nama	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian
Andy Kristafi Arifianto, 2020.	Guna menjaga bangunan tersebut aman terhadap guling, geser dan daya dukung tanah sepanjang garis dinding penahanan tanah tersebut.	Hasil analisa dan pembahasan mengenai lebar alas dinding penahan tanah tipe kantilever di Jalan Brigjend Abdul Manan Wijaya, Kecamatan Pujon, Kabupaten Malang dapat disimpulkan bahwa : tinggi (h) = 7,00m, lebar pondasi (b) = 2,5m, lebar atas dinding penahan = 0,4m, kedalaman pondasi = 1m, tinggi total = 8,00m dan total dana yang dibutuhkan untuk perencanaan dinding penahan tipe kantilever = Rp. 226.000.000,00.
Hardianto Widyastomo, Iswan, Muhammad Jafri, 2020.	Mengevaluasi desain dan menganalisis dinding penahan tanah pada pembangunan underpass yang sudah dibangun di Jalan Zainal Abidin Pagar Alam depan Universitas Lampung.	Pembangunan dinding penahan tanah pada underpass yang sudah dibangun aman terhadap stabilitas guling, stabilitas geser, stabilitas daya dukung tanah, dan gempa. Selanjutnya hasil perhitungan yang didapatkan tulangan geser, tulangan utama, dan tulangan susut pada dinding penahan tanah sudah aman.

<p>Melania Kalalo Jack H. Ticoth, Agnes T. Mandagi, 2017.</p>	<p>Untuk mengetahui nilai faktor keamanan dinding penahan tanah tersebut, dengan fluktuasi muka air tanah dan beban gempa sebagai variabel, dari analisis stabilitas dinding penahan tanah akibat pengaruh m.a.t pada puncak pondasi untuk kondisi 2 yaitu kondisi 1, kondisi rencana awal dinding penahan tanah yang ada di lokasi (kondisi normal), dan kondisi 2 (kondisi eksisting) menunjukkan bahwa dinding penahan tanah pada kondisi 2 sudah tidak stabil dengan angka faktor keamanan daya dukung tanah 1.848 dan 1.031.</p>	<p>Dari hasil analisis stabilitas dinding penahan tanah dengan pengaruh beban gempa (zona 5) untuk kondisi 2 menunjukkan kondisi sudah tidak stabil. Dan dengan program bantu PALXIS untuk m.a.t pada puncak pondasi, menunjukkan dinding penahan tanah yang tidak stabil dengan angkat faktor keamanan 1.0.</p>
---	---	--

### BAB III

#### METODE PENELITIAN

##### 3.1 Lokasi

Lokasi yang dievaluasi adalah konstruksi dinding penahan tanah pada pembangunan turap, talud, bronjong di Kabupaten Simalungun jl Tanah Jawa.

##### 3.2 Denah Lokasi

Lokasi objek yang dikaji atau objek yang dievaluasi yaitu dinding penahan tanah pada lokasi di Tanah Jawa Kabupaten Simalungun, dapat dilihat pada Gambar 3.1



Arah Siantar

Gambar 3. 1 Denah Lokasi  
(Sumber : Hasil Penelitian, 2023)



Gambar 3. 2 Lokasi Pembangunan Turap,talup dan bronjong  
(Sumber : Hasil Penelitian, 2023)

### 3.3 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan meliputi data sekunder yang diprioritaskan adalah dengan cara mengambil data hasil pengujian tanah yang dilakukan di lokasi pembangunan turap di tanah jawa. Dan pengambilan data yang berupa gambar perencanaan turap (sheet pile) tersebut. Disertai dengan melakukan tahap observasi dilapangan pada pembangunan dinding penahan tanah di pembangunan turap/talud/bronjong di Kab. Simalungun.

### 3.4 Metode Analisis

Metode pengumpulan data yang dilakukan meliputi data sekunder yang diprioritaskan adalah dengan cara mengambil data hasil pengujian tanah yang dilakukan di lokasi pembangunan turap di tanah jawa. Dan pengambilan data yang berupa gambar perencanaan turap (sheet pile) tersebut. Disertai dengan melakukan tahap observasi dilapangan pada pembangunan dinding penahan tanah di pembangunan turap/talud/bronjong di Kab. Simalungun. Data tanah sebelumnya dapat di lihat pada Tabel 3.1, dan data tanah terbaru dapat dilihat pada Tabel 3.2, sedangkan untuk pada gambar desain dinding penahan tanah dapat dilihat pada Gambar 3.3

Tabel 3.1 Data Tanah Terbaru

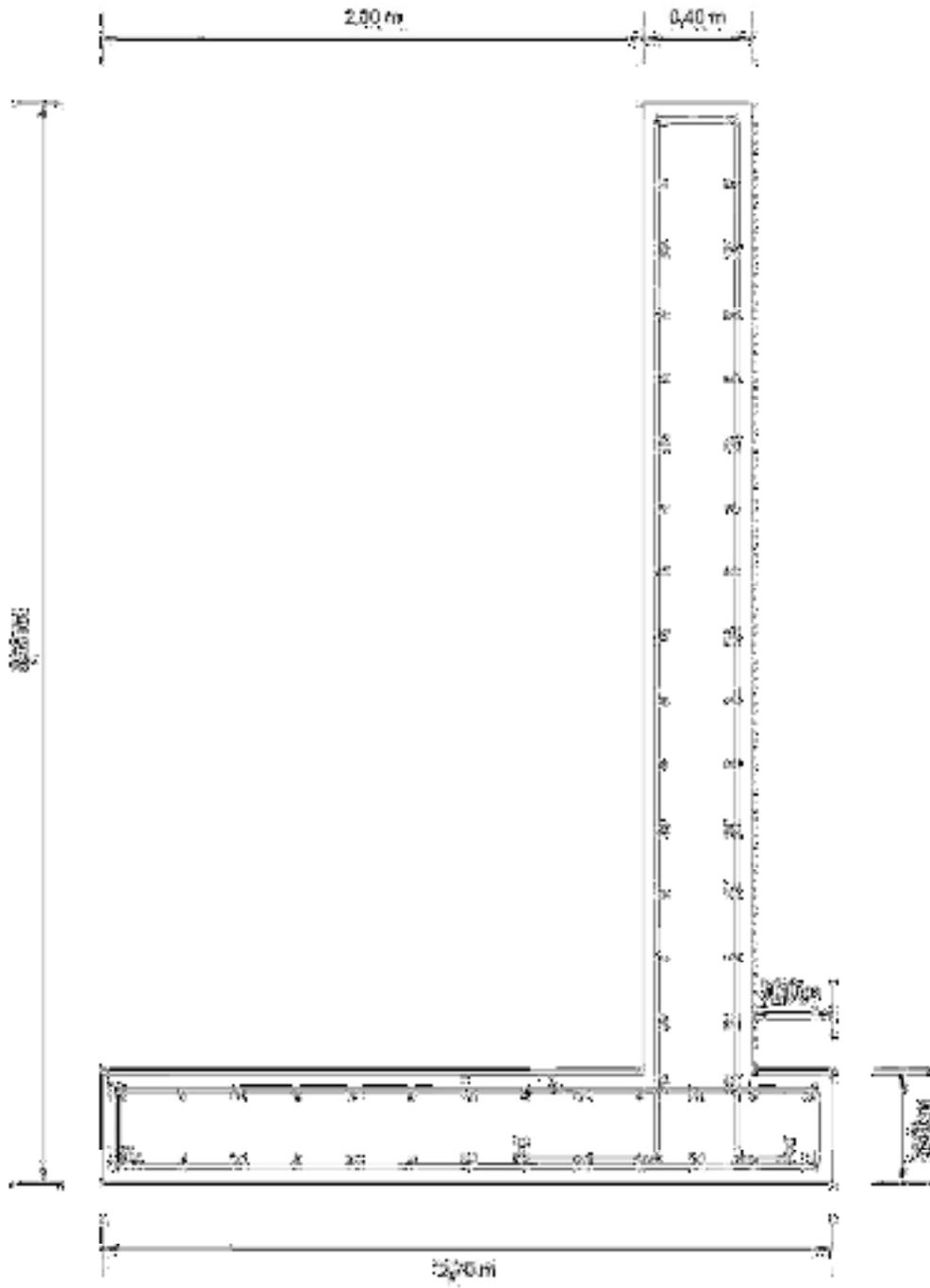
Titik	$\gamma$ ( gr/cm <sup>3</sup> )	c ( kg/cm <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
1	1,97	0,1308	9,1232
2	1,83	0,1505	19,20
3	1,78	0,3359	14,22
4	1,75	0,2076	8,23

(Sumber : Hasil, Penelitian 2024)

Tabel 3.2 Data Tanah Sebelumnya

<b>Titik</b>	<b><math>\gamma</math> ( gr/cm<sup>3</sup> )</b>	<b>c ( kg/cm<sup>2</sup> )</b>	<b><math>\phi</math> (°)</b>
<b>1</b>	<b>1,79</b>	<b>0,1108</b>	<b>9,0232</b>
<b>2</b>	<b>1,73</b>	<b>0,1405</b>	<b>18,17</b>
<b>3</b>	<b>1,68</b>	<b>0,2259</b>	<b>13,11</b>
<b>4</b>	<b>1,65</b>	<b>0,1076</b>	<b>7,83</b>

(Sumber : Hasil, Penelitian 2020)



Gambar 3.3 Dinding Penahan Tanah  
 (Sumber : Autocad 2017,2024)



### 3.5 Bagan Alir

Adapun tahapan – tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian ini disajikan dalam bagan alir seperti pada Gambar 3.3 berikut :



Gambar 3. 4 Bagan Alir Perhitungan

