

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kestabilan Lereng

Kestabilan lereng merupakan bagian dari permukaan bumi yang mengalami kemiringan (yang diukur dari garis horizontal) terhadap runtuh atau biasa disebut *collapsing* dan gelinciran atau biasa disebut juga (*sliding*) dalam hal ini setiap permukaan tanah yang memiliki kemiringan terhadap garis horizontal disebut lereng, baik yang terbentuk secara alami ataupun buatan manusia. Jika terjadi suatu kondisi dimana gaya penahan terhadap longsoran lebih besar dari gaya penggerak, maka lereng tersebut akan berada dalam kondisi yang dikatakan stabil (aman) dari kemungkinan terjadi keruntuhan. Namun jika kondisi gaya penahan menjadi lebih kecil dari gaya penggeraknya, lereng tersebut akan menjadi tidak stabil dan akan terjadi longsoran (Suryadi dan Heriyadi, 2018; Azhary dkk; Riski dan Anaperta, 2019).

### 2.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Kestabilan Lereng

Menurut kajian Metriani dan Yozri tahun 2019, sub faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng. Adapun faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut.

#### 2.2.1 Faktor-faktor Pembentuk Gaya Penahan

Faktor-faktor yang membentuk gaya penahan antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Jenis batuan: Batuan-batuan beku, batuan sedimen tertentu dan batuan metamorf tertentu, umumnya memberikan kemantapan yang baik, terutama kalo batuan tersebut tersebar luas (monolitologi).
- b. Kekuatan batuan: Batuan utuh (*intack rock*) yang mempunyai kuat tekan uniaksial tinggi dan mempunyai sudut geser dalam yang tinggi merupakan batuan yang sangat stabil terhadap longsoran. Batuan dengan kekuatan yang tinggi seperti ini umumnya adalah batuan beku (granit,

andesit, basalt, dll), beberapa jenis batuan sedimen (batu pasir, breksi, dll) dan batuan metamorf (kuarsit, batu marmer, dll).

### 2.2.2 Faktor-faktor Pembentuk Gaya Pemberat

Faktor-faktor yang mempengaruhi gaya pemberat antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Geometri lereng: Apabila suatu lereng mempunyai kemiringan yang tetap, maka perubahan ketinggian akan mengakibatkan perubahan kestabilan dari lereng yang bersangkutan, karena berat material lereng yang harus ditahan oleh kekuatan geser tanah atau batuan semakin besar, sehingga semakin tinggi lereng, maka sudut kemiringan lereng yang diperlukan akan semakin kecil.
- b. Bobot isi: Nilai bobot isi batuan akan menentukan besarnya beban yang diterima pada permukaan bidang longsor, dinyatakan dalam satuan berat per volume. Bobot isi batuan/tanah ini juga dipengaruhi oleh jumlah kandungan air dalam batuan tersebut.
- c. Kandungan air tanah: Kondisi air tanah yang dimaksud adalah ketinggian level air tanah yang berada di bawah permukaan lereng. Pengaruh air tanah terhadap kestabilan lereng yaitu adanya tekanan ke atas dari air pada bidang - bidang lemah yang secara efektif mengurangi kekuatan geser dan mempercepat proses pelapukan dari batuan.

### 2.2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Gaya Penahan

Faktor-faktor yang mempengaruhi gaya penahan antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Proses pada pelapukan: Tingkat pelapukan mempengaruhi sifat-sifat asli dari batuan, misalnya angka kohesi, besarnya sudut geser dalam, bobot isi, dll. Semakin tinggi tingkat pelapukan, maka kekuatan batuan akan menurun.
- b. Bidang yang lemah: Kondisi bidang lemah dan penyebaran perlu diketahui untuk menentukan arah dan jenis longsor yang terjadi pada massa batuan tersebut. Bila jenis longsor diketahui, maka lebih mudah untuk

menentukan geometri yang mantap dengan melakukan analisa kestabilan lereng.

[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

- c. Iklim: Salah satu yang mempengaruhi temperatur dan jumlah hujan, sehingga berpengaruh pula pada proses pelapukan. Daerah tropis yang panas, lembab dengan curah hujan tinggi akan menyebabkan proses pelapukan batuan jauh lebih cepat dari pada daerah sub-tropis.

#### 2.2.4 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Gaya Penggerak

Faktor-faktor yang mempengaruhi gaya penggerak antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Aktivitas tektonik: Terjadinya pengangkatan/penurunan muka bumi akan mengakibatkan terjadinya perubahan arah dan besar gaya-gaya yang bekerja pada suatu titik tertentu di muka bumi ini.
- b. Gempa atau apabila terdapat sumber getaran yang lain: Getaran atau gelombang kejut dapat menghasilkan energi yang besar, yang apabila mempunyai arah yang sama dengan permukaan bebas suatu lereng dapat menambah beban dan mengakibatkan longsoran.
- c. Penahan beban akibat penimbunan: Timbunan material tanah/batu (*waste*) di atas suatu lereng akan memperbesar gaya penggerak dan dapat mengakibatkan longsoran pada lereng tersebut.
- d. Penambahan air tanah: Penambahan air tanah pada pori-pori/ celah-celah tanah/batuan jelas akan memperbesar gaya penggerak yang dapat mengakibatkan kelongsoran.

### 2.3 Analisis Hubungan Sondir dengan Boring

#### 2.3.1 Sondir (*Cone Penetration Test/CPT*)

Sondir adalah salah satu pengujian lapangan yang populer dan sering digunakan untuk survei tanah karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain adalah sebagai berikut:

- a. penggunaan sederhana:
- b. memberikan gambaran singkat tanah yang diuji; dan
- c. memberi gambaran profil kekuatan pada tanah secara menerus.

### 2.3.2 Pengeboran Sampel Tanah

Pengeboran merupakan salah satu uji lapangan yang sering dilakukan, karena pengeboran adalah pengujian yang paling baik dan paling akurat untuk semua jenis tanah, dan juga diperlukan pengujian lain. Tetapi kerugian dari pengeboran adalah mahal, alat berat, dan waktu pelaksanaan yang lama dan tidak cocok untuk bangunan sederhana. Uji Penetrasi Standar (Standard Penetration Test) selalu dilakukan setelah setiap pengujian pengeboran. Faktor yang mempengaruhi nilai N-SPT adalah jumlah pukulan yang mencapai sampel, yang tergantung pada jenis palu, jenis dan panjang poros palu, perubahan ketinggian jatuh palu, jumlah lilitan tali dan umur tali. Selain itu, kondisi tegangan tanah dasar untuk pengeboran dipengaruhi oleh ketidakmampuan untuk mempertahankan tekanan hidrostatik, ketinggian air di dalam dan di luar harus konsisten, metode pengeboran dan dinding yang stabil, dan diameter dinding.

## 2.4 Parameter Tanah

Parameter tanah pada bab ini antara lain klasifikasi tanah, kuat geser dalam dan kohesi.

### 2.4.1 Klasifikasi Tanah

Klasifikasi tanah adalah sistem untuk mengklasifikasikan banyak jenis tanah yang berbeda tetapi serupa, yang dibagi menjadi kelompok dan subkelompok berdasarkan penggunaannya. Sistem klasifikasi ini juga mudah dipahami ketika menjelaskan secara singkat berbagai sifat tanah tanpa perlu penjelasan rinci. Sistem klasifikasi tanah yang paling umum digunakan adalah *Uniform Soil Classification System* dan *AASHTO (American Association of Highway and Transportation Officials)*. Parameter yang digunakan pada kedua sistem tersebut adalah karakteristik eksponensial tanah, seperti distribusi ukuran partikel, batas cair dan indeks plastisitas. Klasifikasi tanah menurut sistem terpadu pertama kali diusulkan oleh Cassagrande (19 2) dan kemudian direvisi oleh tim teknis USBR (Biro Reklamasi AS) (Hardiyatmo, 2006). Berikut klasifikasi jenis tanah yang terlampir pada **Tabel 2.1** berdasarkan nilai *modulus young*, **Tabel 2.2** nilai permeabilitas tanah dan **Tabel 2.3** berdasarkan nilai angka poisson tanah.

**Tabel 2.1** Nilai *Modulus Young*

Jenis Tanah	E (Kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Lempung</b>	
Sangat Lunak	3-30
Lunak	20-40
Sedang	45-90
Berpasir	300-425
<b>Pasir</b>	
Berlanau	50-200
Tidak Padat	100-250
Padat	500-1000
<b>Pasir dan Kerikil</b>	
Padat	800-2000
Tidak Padat	500-1400
<b>Lanau</b>	20-200
<b>Loses</b>	150-600
<b>Cadas</b>	1400-14000

Sumber: Bowles, 1997

**Tabel 2.2** Nilai K (Permeabilitas) Menurut Para Ahli

Peneliti	Karakteristik	Nilai k (cm/dt)
Bowles (1991)	Lanau Kelempungan	$10^{-4} - 10^{-9}$
Das (1995)	Lanau Lempung	0,001 – 0,00001
Perlof & Baron (1976)	Drainase Buruk	$10^{-3} - 10^{-7}$
Cassagrande (1938)	Drainase Buruk	$10^{-3} - 10^{-7}$
Djarwanti, 2008		

**Tabel 2.3** Nilai Angka Poisson Tanah

No.	Jenis Tanah	V (Angka Poisson Tanah)
1.	Lempung Jenuh	0,40-0,50
2.	Lempung Tidak Jenuh	0,10-0,30
3.	Lempung Berpasir	0,20-0,30
4.	Lanau	0,30-0,35
5.	Pasir	0,10-1,00
6.	Batuan	0,10-0,40
7.	Umum dipakai untuk tanah	0,30-0,40

Sumber: Bowles, 1997

#### 2.4.2 Kuat Geser Dalam

Kekuatan geser tanah adalah gaya perlawanan yang diberikan oleh partikel tanah di bawah tekanan atau tarikan. Dari pengertian tersebut, bahwa saat tanah dibebani maka yang terjadi antara lain adalah sebagai berikut:

- Kohesi tanah mempengaruhi jenis dan kepadatan tanah, tetapi bukan tegangan normal pada tanah.

- b. Gesekan antar partikel tanah sebanding dengan tegangan normal bidang geser.

www.itk.ac.id

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

Memberikan prinsip tegangan efektif yang berpengaruh pada segumpal tanah. Prinsip ini hanya dapat digunakan pada kondisi tanah pada saat kondisi yang jenuh sempurna. Tegangan normal total yang disimbolkan dengan ( $\sigma$ ) pada suatu bidang yang berada di dalam massa tanah, yaitu tegangan yang diakibatkan oleh berat tanah total yang didalamnya terdapat air didalam ruang pori, persatuan luas, yang arahnya tegak lurus. Sedangkan tekanan air pori yang disimbolkan dengan ( $u$ ), disebut juga dengan tekanan netral yang bekerja ke segala arah yaitu tekanan air yang mengisi rongga di antara butiran padat. Tegangan normal efektif yang disimbolkan dengan ( $\sigma'$ ) pada suatu bidang di dalam massa tanah, yaitu tegangan yang dihasilkan dari beban berat butiran tanah per satuan luas bidangnya, (Terzaghi, 1923).

### 2.4.3 Kohesi

Kohesi adalah gaya tarik menarik antar partikel tanah. Selain sudut geser dalam, gaya kohesif juga merupakan parameter kuat geser tanah, yang dalam hal ini berpengaruh signifikan terhadap deformasi akibat tegangan tanah berupa gerakan lateral tanah. Regangan ini disebabkan oleh kombinasi tegangan normal dan kondisi ekstrim yang terjadi pada tegangan geser yang tidak memenuhi faktor keamanan yang diharapkan. Nilai ini diperoleh dari uji geser langsung. Nilai gaya rekat juga dapat ditentukan secara empiris dari data sondir yang disimbolkan dengan ( $q_c$ ) sebagai berikut.

$$\text{Kohesi (c)} = q_c / 20$$

### 2.5 Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah merupakan struktur pendukung, seperti halnya dinding penahan tanah yang dimaksudkan untuk menahan tanah untuk mengurangi kemungkinan terjadinya longsor. Struktur ini digunakan untuk tebing yang cukup curam atau vertikal yang runtuh tanpa dinding penahan. Dinding

www.itk.ac.id

penahan juga biasa digunakan ketika jalan dibangun di dekat sungai, danau atau rawa-rawa. Material yang digunakan di balik dinding penahan tanah disebut *backfill* atau biasa dikenal dengan *backfill*. Idealnya, timbunan kembali harus dibuat dari bahan yang lolos air atau tanah berbutir kasar seperti pasir, kerikil atau batu pecah. Jenis tanah liat tidak direkomendasikan untuk penimbunan kembali. Pemilihan jenis dinding penahan tanah mempertimbangkan pertimbangan teknis dan ekonomis. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan adalah karakteristik tanah asli, kondisi timbunan, kondisi lingkungan setempat dan kondisi lapangan (Hyo et al., 2016).

### 2.5.1 Jenis-jenis Dinding Penahan Tanah

Menurut Syofyan dan Frizaldi (2017), dinding penahan tanah (*retaining wall*) dibagi menjadi beberapa jenis yaitu:

#### a. Dinding penahan gravitasi

Dinding penahan gravitasi biasanya terbuat dari beton murni, juga dikenal sebagai pasangan bata (tanpa tulangan), tetapi dapat juga dibuat dari beton bertulang dengan tulangan yang relatif sedikit. Dinding penahan tanah ini sering digunakan untuk menahan tanah pada lereng curam dan bantaran sungai. Kestabilan dinding penahan ini hanya dapat dicapai dengan mengandalkan berat struktur.

#### b. Dinding penahan kantilever

Jenis dinding penahan tanah kantilever biasanya terbuat dari beton bertulang yang tersusun dari dinding vertikal dan tapak lantai. Dinding vertikal dan tapak lantai berfungsi sebagai balok atau pelat kantilever yang dapat mempertahankan stabilitas. Stabilitas dinding penahan tanah ini diperoleh dari berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit telapak yang biasa disebut juga (*hell*). Struktur DPT ini dibagi menjadi 3 bagian struktur yang berfungsi sebagai kantilever, yaitu bagian dinding vertikal atau disebut juga (*steem*), tumit tapak dan ujung kaki tapak (*toe*). Biasanya ketinggian dinding penahan kantilever tidak lebih dari 6-7 meter.

c. Dinding penahan *counterfort*

Jika tekanan tanah yang diterapkan pada dinding vertikal cukup tinggi, maka kombinasi antara dinding vertikal dan tumit (*countermeasure*). Lembaran reflektif berfungsi sebagai pengikat untuk tegangan vertikal dinding dan ditempatkan di timbunan secara berkala. Penggunaan dinding penahan tanah lebih murah bila ketinggian dinding melebihi 7 meter.

d. Dinding penahan *buffers*

Dinding penahan *buffers* memiliki struktur yang hampir sama dengan dinding penahan tanah, hanya saja bagian *counterfort* menghadap ke dinding. Dalam hal ini, struktur *counterfort* membantu menahan tekanan tekan. Dalam struktur dinding ini, berat sendiri dinding penahan dan berat tanah di atas tumit tapak. Stabilitas struktural dinding ini diperoleh dari berat dinding penahan tanah dan berat tanah di atas tumit perkerasan dengan ketinggian lebih dari 7 meter.

### 2.5.2 Tekanan Tanah Lateral

Tekanan tanah lateral merupakan parameter penting dalam desain dinding penahan tanah. Oleh karena itu, perlu dilakukan estimasi jumlah tanah dalam pekerjaan konstruksi baik untuk analisis desain maupun analisis stabilitas. Tegangan aktual yang dapat terjadi di balik dinding penahan seringkali sangat sulit untuk dihitung karena banyaknya variabel. Ini termasuk jenis bahan pengisi, kepadatan dan kadar airnya, jenis bahan di bawah pondasi, ada tidaknya beban permukaan, dan jenis bahan lainnya. Oleh karena itu, perkiraan rinci gaya-gaya lateral yang bekerja pada berbagai dinding penahan tanah hanya merupakan masalah teoritis dalam mekanika tanah (Muntohar, 2006).

Pada prinsipnya kondisi tanah dalam kedudukannya ada 3 kemungkinan yaitu:

- a. Dalam keadaan diam yang disimbolkan dengan ( $K_0$ );
- b. Dalam keadaan aktif yang disimbolkan dengan ( $K_a$ ); dan
- c. Dalam keadaan pasif yang disimbolkan dengan ( $K_p$ ).

Teori yang berhubungan dengan tekanan tanah lateral adalah teori Rankin (1857) tentang tekanan tanah lateral. Teori ini memberikan analisis tentang dua jenis intensitas tekanan tanah lateral yang dikenal sebagai tekanan aktif dan tekanan pasif. Menurut Rankine (1857) oleh Kusnan (2017), analisis tekanan

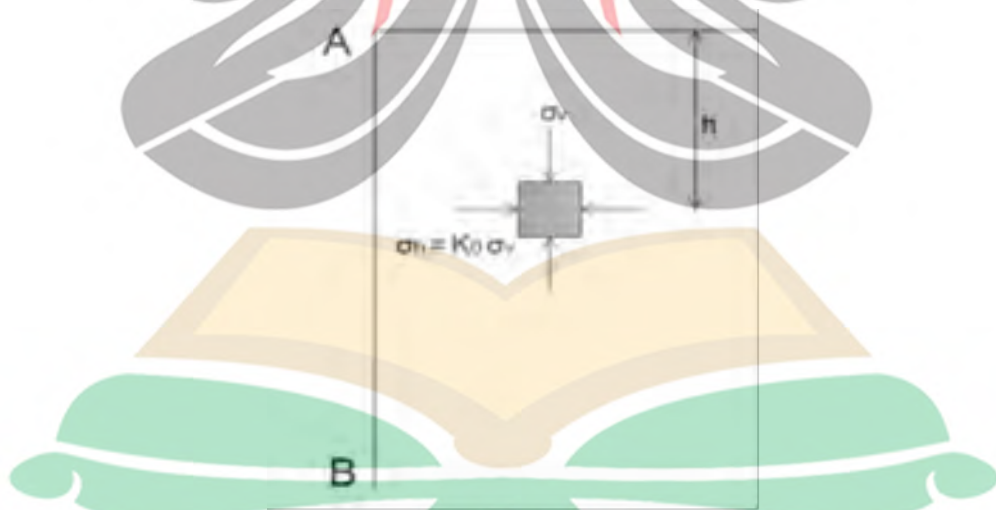


lateral dilakukan dengan asumsi sebagai berikut Tanah dalam kedudukan keseimbangan plastis yaitu setiap elemen tanah dalam kondisi tepat akan runtuh.

- a. Tanah urugan yang terletak di belakang DPT tidak berkohesi ( $c = 0$ ).
- b. Gesekan yang terjadi antara dinding dan urugan akan diabaikan atau permukaan dinding dianggap licin sempurna ( $\delta = 0$ ).

### 2.5.3 Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam

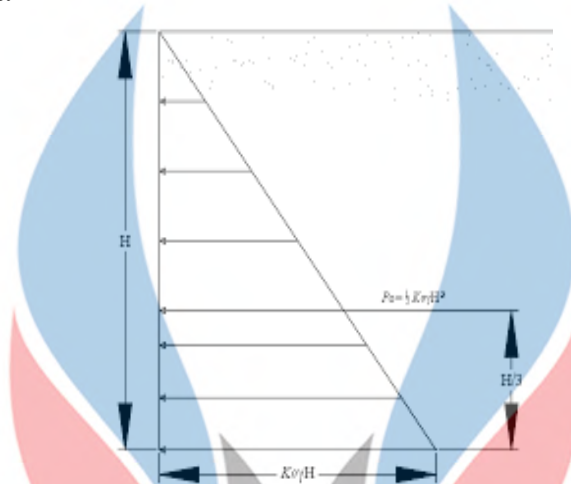
Gambaran pada gambar di bawah ini, tanah yang dibatasi oleh dinding dengan permukaan licin AB yang dipasang hingga kedalaman tak terhingga. Suatu elemen tanah yang terletak pada kedalaman  $z$  maka, akan mendapat tekanan arah vertikal yang disimbolkan dengan ( $\sigma_v$ ) dan tekanan arah horisontal yang disimbolkan dengan ( $\sigma_h$ ), dimana  $\sigma_v$  dan  $\sigma_h$  merupakan tekanan efektif dan tekanan total tanah. Jika pada bagian dinding AB dalam keadaan diam, maka tanah akan berada dalam keadaan keseimbangan statis atau disebut juga (*static equilibrium*). Pada **Gambar 2.1**, merupakan rasio tekanan arah horisontal dan vertikal disebut koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*coefficient of earth preassure at rest*)  $K_0$  (Hardiyatmo, 2010).



**Gambar 2.1** Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam  
(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

$$K_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} \dots\dots\dots(2.2)$$

Nilai gaya total per satuan lebar dinding yang disimbolkan dengan  $P_0$  sama dengan luas dari diagram tekanan tanah. Diagram tekanan tanah dalam keadaan diam yang bekerja pada dinding setinggi  $H$  digambarkan pada **Gambar 2.2** sebagai berikut:



**Gambar 2.2** Distribusi Tekanan Tanah dalam Keadaan Diam

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

Dengan persamaan:

$$P_0 = \frac{1}{2} \times K_0 \times \gamma \times H^2 \dots \dots \dots (2.3)$$

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 ( $z$ ), dinyatakan oleh Persamaan 2.3.

$$\sigma_0 = K_0 \times \sigma_v = K_0 \times \gamma \times z \dots \dots \dots (2.4)$$

Dengan:

$\sigma_h$  = tekanan tanah horisontal saat diam (kN/m);

$\sigma_v$  = tekanan tanah vertikal saat diam (kN/m);

$K_0$  = koefisien tekanan tanah saat diam;

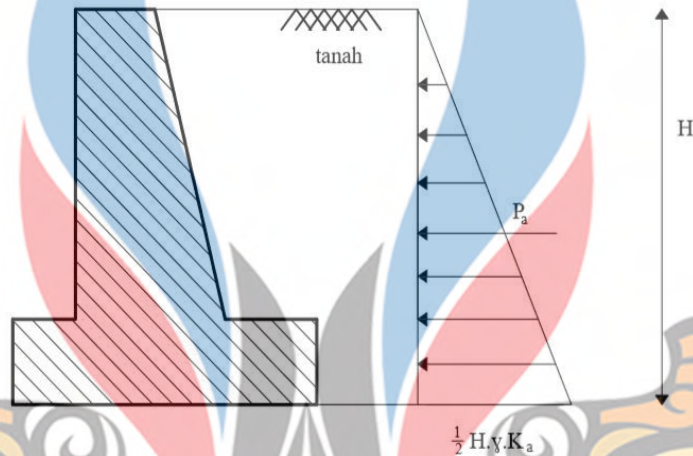
$\gamma$  = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>);

$H$  = tinggi dinding (m); dan

$z$  = kedalaman dinding (m).

### 2.5.4 Tekanan Tanah Aktif

Kondisi tekanan tanah aktif terjadi pada saat dinding bergerak menjauhi timbunan atau saat dinding penahan tanah bagian atas keluar dari pondasi. Hal ini terjadi karena adanya momen pada dinding penahan. Oleh karena itu, ada nilai relatif dari tekanan horizontal dan vertikal, yang didefinisikan sebagai koefisien tekanan tanah aktif, yang dinyatakan dalam ( $K_a$ ). Seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.3** sebagai berikut:



**Gambar 2.3** Distribusi Tekanan Tanah Aktif pada Dinding Penahan Tanah  
(Sumber: Sugiyanti, 2013)

$$P_a = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \times K_a \dots \dots \dots (2.5)$$

Dengan harga  $K_a$  untuk tanah datar adalah

$$K_a = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} = \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\theta}{2} \right) \dots \dots \dots (2.6)$$

Momen pada tanah aktif menggunakan sebagai berikut:

$$M_a = P_a \times \frac{H}{3} \dots \dots \dots (2.7)$$

Keterangan:

$M_a$  = momen tanah aktif (kNm);

$P_a$  = tekanan tanah aktif (kN/m);

$K_a$  = koefisien tekanan tanah aktif;

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

H = tinggi dinding penahan tanah (m); dan

$\phi$  = sudut gesek tanah ( $^{\circ}$ ).

a. Tekanan akibat kohesi

Pada tanah urugan yang memiliki nilai kohesi, tekanan yang terjadi akibat adanya nilai kohesi di dalam tanah sekitar dinding penahan tanah akan mengurangi besarnya tekanan tanah aktif seperti yang terdapat pada **Gambar 2.4**. Hitungan berdasarkan pada persamaan Rankine dengan mempertimbangkan kondisi-kondisi tegangan lingkaran Mohr, dengan menggunakan lingkaran Mohr dapat diperoleh persamaan untuk tekanan arah horisontal  $oh = Pa$  (Hardiyatmo, 2010).

$$P_a = \gamma \times z \times tg^2 \times (45 - \frac{\theta}{2}) - 2c \times tg (45 - \frac{\theta}{2}) \dots \dots \dots (2.8)$$

Berdasarkan Persamaan (2.6), terdapat kemungkinan yang menyatakan bahwa galian tanah pada tanah kohesif dapat dibuat dengan tebing atau lereng galian yang vertikal dengan permukaan tanah atau dinyatakan  $z = 0$ . Besarnya tekanan tanah aktif pada dinding penahan tanah setinggi H, dengan tanah urugan yang memiliki nilai kohesi, dinyatakan oleh:

$$P_a = -2c \times \sqrt{K_a} \times H^2 \dots \dots \dots (2.9)$$

Momen tanah akibat kohesi

$$M_a = P_a \times \frac{H}{2} \dots \dots \dots (2.10)$$

Keterangan:

$M_a$  = momen tanah aktif (kNm);

$P_a$  = tekanan tanah aktif (kN/m);

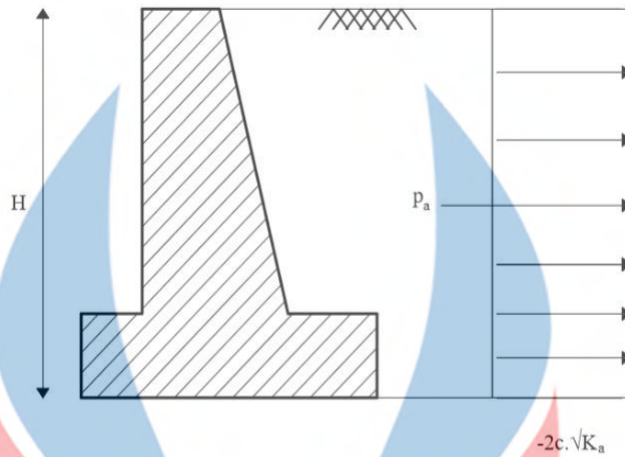
$c$  = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>);

$K_a$  = koefisien tekanan tanah aktif;

H = tinggi dinding penahan tanah (m);

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

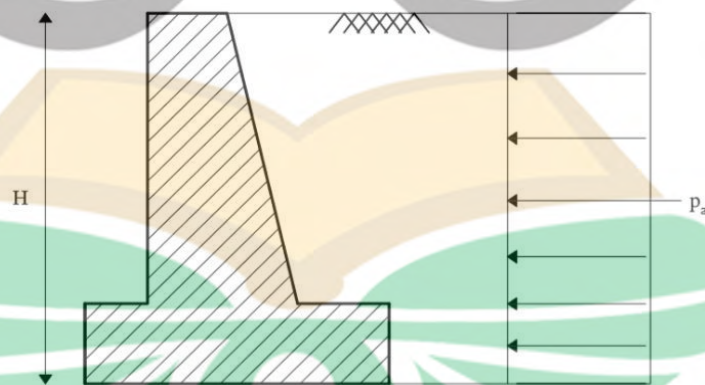
$\phi$  = sudut gesek tanah ( $^{\circ}$ ).



**Gambar 2.4** Tekanan Tanah Aktif Akibat Kohesi  
(Sumber: Hardiyatno, 2010)

b. Tekanan akibat beban merata

Biasanya tanah urugan di belakang dinding penahan tanah dipengaruhi oleh beban merata atau beban yang terbagi merata seperti yang terlihat pada **Gambar 2.5**. Berdasarkan anggapan beban merata ( $q$ ) sebagai beban tanah setebal  $h_s$  dengan berat volume ( $\gamma$ ) tertentu, maka tinggi lapisan tanah yang dirumuskan dengan  $h_s = q/\gamma$ . Besar tekanan tanah lateral pada kedalaman  $h_s$  dari tinggi tanah asumsi atau di permukaan tanah urugan akan sebesar (Hardiyatmo, 2010):



**Gambar 2.5** Tekanan Tanah Aktif Akibat Beban Merata  
(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

$$P_a = h_s \times \gamma \times K_a = q \times K_a \dots \dots \dots (2.11)$$

Maka akibat adanya beban merata ini, bertambahnya tekanan tanah aktif total pada dinding penahan tanah setinggi H seperti yang terlihat pada **Gambar 2.6** dapat dinyatakan oleh persamaan:

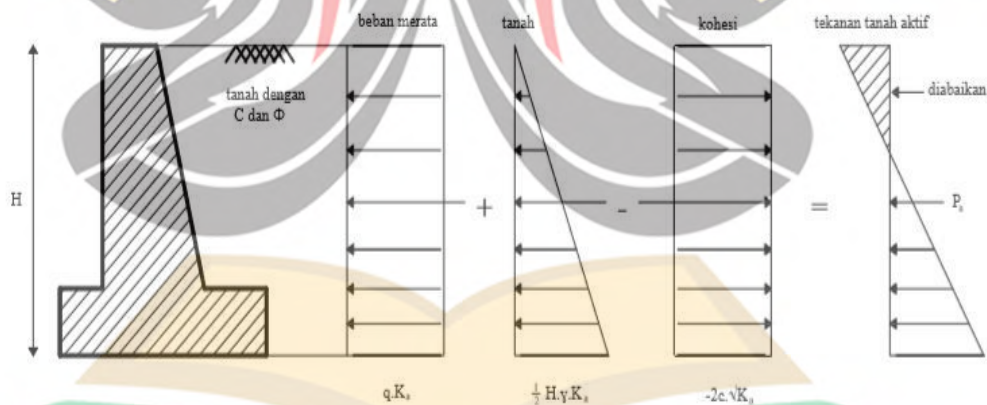
$$P_a = q \times K_a \times H \dots\dots\dots(2.12)$$

Momen aktif akibat adanya beban merata

$$M_a = P_a \times \frac{H}{2} \dots\dots\dots(2.13)$$

Keterangan:

- $M_a$  = momen tanah aktif (kNm);
- $P_a$  = tekanan aktif akibat beban merata;
- $\gamma$  = berat volume tanah ( $\text{kN/m}^3$ );
- $q$  = beban merata ( $\text{kN/m}^3$ );
- $H$  = tinggi dinding penahan tanah (m); dan
- $K_a$  = koefisien tekanan tanah aktif.



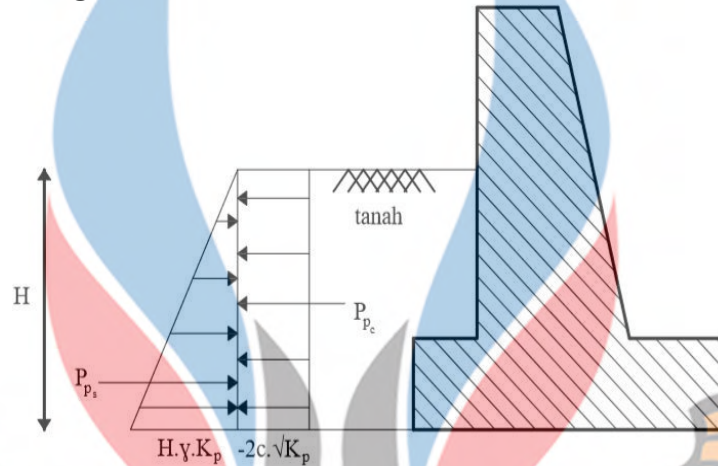
**Gambar 2.6** Tekanan tanah Aktif Total

(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

### 2.5.5 Tekanan Tanah Pasif

Besarnya gaya tegangan lateral yang terjadi dengan bertambahnya regangan dalam tanah seiring dengan Bergeraknya dinding penahan tanah, hingga sampai suatu regangan tertentu. Maka tanah akan mengalami keruntuhan geser akibat desakan dinding penahan, apabila gaya lateral tanah mencapai nilai yang konstan pada nilai

maksimumnya. Berlawanan dengan terjadinya tekanan tanah aktif, pada tekanan tanah pasif, kondisi tekanan tanah yang bekerja pada dinding akan bertambah dari kondisi seimbang hingga kondisi maksimum. Tekanan tanah lateral maksimum yang mengakibatkan keruntuhan geser tanah akibat gerakan dinding menekan tanah urug disebut tekanan tanah pasif (*passive earth pressure*) seperti yang terlihat pada **Gambar 2.7** sebagai berikut:



**Gambar 2.7** Tekanan Tanah Pasif  
(Sumber: Hardiyatmo, 2010)

$$P_p = \frac{1}{2} \times \gamma \times H^2 \times K_p \dots\dots\dots(2.14)$$

Tekanan tanah pasif akibat adanya kohesi yaitu:

$$P_p = -2c\sqrt{K_p} \times H \dots\dots\dots(2.15)$$

Dengan harga  $K_p$  untuk tanah datar adalah menggunakan persamaan berikut:

$$K_p = \frac{1 - \sin \theta}{1 + \sin \theta} = \tan^2 \left( 45^\circ + \frac{\theta}{2} \right) \dots\dots\dots(2.16)$$

Momen pasif akibat tekanan dari tanah yaitu:

$$M_p = P_p \times \frac{H}{3} \dots\dots\dots(2.17)$$

Momen tanah pasif akibat adanya kohesio yaitu:

$$M_p = -P_p \times \frac{H}{2} \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan:

$M_p$  = momen tanah pasif (kNm);

$P_p$  = tekanan tanah pasif (kN/m);

$K_p$  = koefisien tekanan tanah pasif;

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

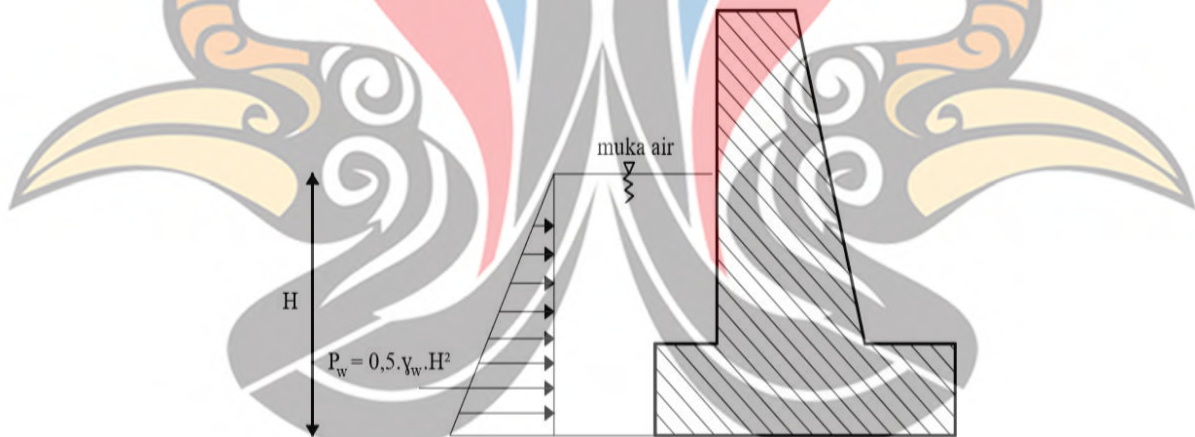
H = tinggi dinding (m);

c = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>); dan [www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

Ø = sudut gesek internal tanah (°).

### 2.5.6 Tekanan Air

Gaya tekan air atau biasa disebut juga dengan gaya hidrostatis adalah gaya horisontal yang terjadi karena air pada hulu dan hilir bendung. Gaya tekan air yang terdiri dari gaya hidrostatis dan gaya hidrodinamik. Tekanan hidrostatis yaitu fungsi kedalaman di bawah permukaan air. Tekanan air akan selalu bekerja tegak lurus terhadap muka bangunan. Sehingga, agar perhitungan mudah dilakukan, maka gaya horisontal dan vertikal dikerjakan secara terpisah. Tekanan air hidrodinamik jarang diperhitungkan untuk stabilitas bangunan air dengan tinggi energi rendah. Besarnya tekanan air ditampilkan pada **Gambar 2.8**.



**Gambar 2.8** Tekanan Air pada Dinding Penahan Tanah  
(Sumber: Chairullah, 2013)

$$P_w (\text{air}) = 0,5 \times H^2 \times \gamma_w \dots\dots\dots(2.19)$$

Momen akibat tekanan air menggunakan rumus sebagai berikut:

$$M_w (\text{air}) = P_{\text{air}} \times \frac{H}{3} \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan:

[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

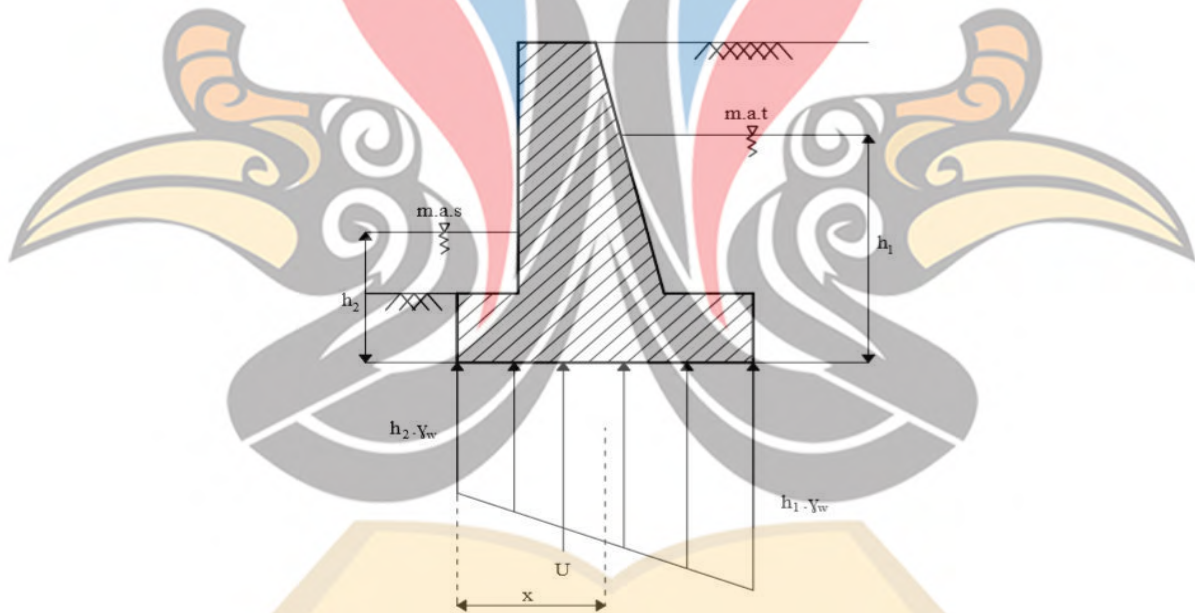
P<sub>w</sub> (air) = tekanan air (kN);



$M_w$  (air) = momen tekanan air (kNm);  
 $H$  = ketinggian (m); dan [www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)  
 $\gamma_w$  = berat volume air (kN/m<sup>3</sup> ).

### 2.5.7 Tekanan Angkat (*Uplift*)

Konstruksi-konstruksi yang berada di daerah yang tergenang air seperti pilar jembatan, dinding penahan tanah dan lain-lain serta muka air tanah yang tinggi, kemungkinan besar akan terjadi tekanan hidrostatis yang dapat mempengaruhi besarnya angka faktor keamanan. Tekanan air akan mempengaruhi gaya vertikal dan menyebabkan tahanan terhadap guling semakin kecil, sehingga kemungkinan terjadinya guling semakin tinggi (Chairullah, 2013). Seperti yang ditampilkan pada **Gambar 2.9** sebagai berikut:



**Gambar 2.9** Pengaruh Tekanan *Uplift* pada Dinding Penahan Tanah

(Sumber: Chairullah, 2013)

$$U = 0,5 \times B \times h \times \gamma_w \dots\dots\dots(2.21)$$

Momen akibat gaya angkat (*uplift*)

$$M_u = U \times x \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan:

$U$  = tekanan uplift (kN); [www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)

$M_u$  = momen uplift (kNm);  
 $h_1, h_2$  = tinggi permukaan air (m);  
 $B$  = lebar pondasi (m);  
 $x$  = lengan beban (m); dan  
 $\gamma_w$  = berat volume air (kN/m<sup>3</sup>).

### 2.5.8 Tekanan Akibat Gempa

Faktor gempa merupakan suatu faktor yang sangat penting karena mempengaruhi keamanan dan kestabilan suatu bangunan. Gaya gempa ditentukan oleh berat konstruksi itu sendiri dan juga ditentukan oleh koefisien gempa (Sugianti, 2013).

Gaya gempa memiliki suatu harga-harga yang didasarkan pada peta yang mengacu pada koefisien zona gempa Indonesia yang menunjukkan daerah dan resiko. Faktor minimum adalah 0,1 percepatan gravitasi yang dipertimbangkan untuk mengalikan dengan massa bangunan sebagai gaya horisontal menuju ke arah yang paling tidak aman pada struktur bangunannya (Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, 2013).

### 2.5.9 Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Analisis stabilitas dinding penahan tanah yang terdapat beban yang diperhitungkan di dalamnya yaitu beban hidup, beban mati dan tekanan air. Beban hidup adalah semua beban yang besar dan posisinya dapat berubah-ubah. Beban hidup terdiri dari beban yang tidak menetap baik dari segi posisi, intensitas maupun rentang waktunya seperti material timbunan, beban angin, beban lumpur, tekanan air dan lain sebagainya (Abdurrozak dan Wibowo, 2016).

#### a. Stabilitas terhadap gaya guling

Tekanan tanah lateral yang diakibatkan oleh tanah urugan di belakang dinding penahan, cenderung menggulingkan dinding dengan pusat rotasi pada ujung kaki depan pondasi. Momen ada saat terjadi penggulingan, dilawan oleh momen akibat berat sendiri dinding penahan dan momen akibat berat tanah di atas plat pondasi (Mangroe, 2013). Pada konstruksi seperti pangkal jembatan, pilar jembatan, dinding saluran dan lain-lain diperlukan perhatian lebih terhadap

gerusan yang diakibatkan oleh aliran air sehingga mengurangi besarnya tekanan pasif. Untuk ini tekanan pasif oleh tanah yang berada di depan kaki dinding penahan sering diabaikan dalam perhitungan stabilitas. Jika tahanan tanah pasif yang ditimbulkan oleh pengunci dasar pondasi diperhitungkan, maka nilainya harus direduksi agar dapat diantisipasi pengaruh-pengaruh erosi, iklim dan retakan akibat tegangan-tegangan tarik tanah dasar yang kohesif. *Safety Factor* (SF) terhadap penggulingan didefinisikan sebagai berikut:

$$SF = \frac{\sum M_w}{\sum M_{gl}} \geq 2 \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan:

$\sum M_w$  = Momen yang melawan guling (kNm);

$\sum M_{gl}$  = Momen yang menyebabkan guling (kNm).

Berdasarkan Badan Standar Nasional tahun 2017 (BSN, 2017) SNI 8460:2017 tentang faktor keamanan minimum dinding penahan tanah dikatakan aman terhadap gaya guling jika nilai  $SF \geq 2$ .

b. Stabilitas terhadap gaya geser

Gaya aktif tanah yang disimbolkan dengan ( $P_a$ ) selain menimbulkan terjadinya momen juga menimbulkan gaya dorong sehingga dinding akan bergeser. Apabila dinding penahan tanah berada pada kondisi stabil, maka gaya-gaya yang bekerja juga dalam keadaan seimbang. Perlawanan yang terjadi terhadap gaya dorong ini pada bidang kontak antara tanah dasar dinding penahan tanah dengan tanah dasar pondasi (Shahrbanozadeh, 2015). Gaya-gaya yang mengakibatkan pergeseran dinding penahan tanah akan ditahan oleh kohesi dan gesekan antara tanah dan dasar pondasi, karena terdapat tekanan tanah pasif bila di depan dinding penahan terdapat tanah timbunan.

$$SF = \frac{\sum R_h}{\sum P_h} \geq 1,5 \dots\dots\dots(2.24)$$

$$\sum R_h = c \times B + \sum W \times \tan\theta \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan:

$\sum R_h$  = tahanan dinding penahan tanah terhadap penggeseran (kN),

- $\Sigma Ph$  = jumlah tekanan gaya horizontal (kN),
- $c$  = kohesi (kN/m<sup>2</sup>),
- $B$  = lebar dasar pondasi (m),
- $\Sigma W$  = jumlah gaya berat sendiri dinding penahan tanah (kN),
- $\phi$  = sudut gesek internal tanah (°).

Berdasarkan (BSN, 2017) SNI 8460:2017 tentang faktor keamanan minimum dinding penahan tanah dikatakan aman terhadap gaya guling jika nilai  $SF \geq 1,5$ .

c. Stabilitas terhadap daya dukung tanah

Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah untuk menahan tekanan atau beban bangunan pada tanah dengan aman tanpa menimbulkan keruntuhan geser dan penurunan yang berlebihan (Lebao dan Sulistyan, 2016). Sedangkan, daya dukung ultimit didefinisikan sebagai beban maksimum per satuan luas dimana tanah masih dapat mendukung beban tanpa akan mengalami keruntuhan. Kapasitas dukung ultimit dapat dihitung dengan menggunakan rumus Terzaghi, bila memakai data pengujian laboratorium:

$$q_{ult} = c \times N_c + D_f \times \gamma \times N_q + 0,5 \times B \times \gamma \times N_\gamma \dots\dots\dots (2.25)$$

Keterangan:

- $c$  = kohesi tanah (kN/m<sup>2</sup>);
- $D_f$  = kedalaman dasar pondasi (m);
- $\gamma$  = berat volume tanah (kN/m<sup>3</sup>);
- $B$  = lebar pondasi dinding penahan tanah (m); dan
- $N_c, N_q, N_\gamma$  = faktor daya dukung Terzaghi ditentukan oleh besar sudut gesek internal tanah.

Adapun nilai faktor daya dukung tanah Terzaghi terdapat pada **Tabel 2.1** sebagai berikut:

**Tabel 2.4** Nilai Faktor Daya Dukung Terzaghi

$\phi$	Keruntuhan Geser Umum		
	$N_c$	$N_q$	$N_\gamma$
0	5,7	1	0
5	7,3	1,6	0,5
10	9,6	2,7	1,2
15	12,9	4,4	2,5
20	17,7	7,4	5
25	25,1	12,7	9,7
30	37,2	22,5	19,7
35	57,8	41,4	42,4
40	95,7	81,3	100,4
45	172,3	173,3	297,5

Setelah mendapatkan nilai daya dukung ultimit tanah ( $q_{ult}$ ), langkah selanjutnya menghitung kapasitas dukung ultimit neto (*net ultimate bearing capacity*). Kapasitas dukung ultimit neto ( $q_{un}$ ) merupakan nilai intensitas dari beban fondasi neto, tanah akan mengalami keruntuhan geser, apabila:

$$q_{un} = q_{ult} - \gamma \times D_f \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan:

$q_{ult}$  = Nilai daya dukung ultimit tanah ( $kN/m^2$ );

$D_f$  = kedalaman dasar pondasi (m); dan

$\gamma$  = berat volume tanah ( $kN/m^3$ ).

Tekanan pondasi neto (*net foundation pressure*) untuk suatu fondasi pada kondisi tertentu ialah tambahan tekanan pada dasar pondasi, akibat adanya beban mati dan beban hidup dari struktur. Dinyatakan dalam persamaan:

$$q_n = q - \gamma \times D_f \dots\dots\dots(2.27)$$

Keterangan:

$q$  = tekanan total pada pondasi ( $kN/m$ );

$D_f$  = kedalaman dasar pondasi (m); dan

$\gamma$  = berat volume tanah ( $kN/m^3$ ).

Faktor aman (SF) terhadap keruntuhan kapasitas dukung didefinisikan sebagai berikut:

$$SF = \frac{q_{un}}{q_n} = \frac{q_{ult} - \gamma \times D_f}{q - \gamma \times D_f} \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan:

$q_{ult}$  = nilai daya dukung ultimit tanah ( $kN/m^2$ );

$q$  = tekanan total pondasi ( $kN/m$ );

$D_f$  = kedalaman dasar pondasi (m); dan

$\gamma$  = berat volume tanah ( $kN/m^3$ ).

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

Sumber Penelitian	Rachmad Hidayat (2020)	Murfah Asyhari (2020)	Penulis (2021)
Analisis Menggunakan Data Primer	✓	✓	—
Analisis Stabilitas Saat Kondisi Tanah Kritis	✓	✓	✓
Perencanaan Desain DPT	✓	—	✓
Rekomendasi Fasilitas DPT	—	—	✓
Jenis Permodelan Numerik yang Dipakai	Slope/w	Slope/w	Plaxis



[www.itk.ac.id](http://www.itk.ac.id)