

**ANALISIS STABILITAS LERENG DI DESA PADANG MAS KECAMATAN KABANJAHE
KABUPATEN KARO MENGGUNAKAN METODE FELLENIUS**

Oleh:

Ryan Ronstani Waruwu ¹⁾

Atanasius Anofuli Telaumbanua ²⁾

Masriani Endayanti ³⁾

Universitas Darma Agung, Medan ^{1,2,3)}

E-mail:

ryanwaruwu09@gmail.com ¹⁾

atanasiusdelau@gmail.com ²⁾

masrianiendayanti@gmail.com ³⁾

History Jurnal Ilmiah Teknik Sipil:

Received : 25 Maret 2022

Revised : 10 Mei 2022

Accepted : 23 Juli 2022

Published : 20 Agustus 2022

Publisher: LPPM Universitas Darma Agung

Licensed: This work is licensed under

<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0>



ABSTRACT

The landslide event in Padang Mas Village, Kabanjahe District, Karo Regency occurred on August 26, 2021. This disaster occurred following heavy rains that hit this area. Due to the impact of heavy rains that hit most areas of Karo Regency, making cliffs in Lau Bawang Hamlet The village of Padang Mas, Kabanjahe District, experienced a landslide. Slope stability conditions based on the stages of stability conditions can be divided into three stages as follows: very stable, moderately stable, unstable. The research method was made with a slope model at a slope above 45° with the condition of the soil layer being considered homogeneous. Stability analysis using the Fellenius method. This method was chosen because it can provide a low Safety Score with careful calculations. Considerations in the landslide area in determining the safety factor criteria are the risks faced, load conditions, and the parameters used in conducting slope stability analysis. This study gives the results: From the Direct Shear Test obtained = 28° 59' 35.70", $C = 0.086 \text{ kg/cm}^2$, $FK = 1.274 < 1.7$ unstable slopes, slopes in high susceptibility, soil movement often occurs. So it is necessary to handle slope stability.

Keywords: *Slope Stability, Soil Shear Strength, Safety Factor*

ABSTRAK

Peristiwa longsor di Desa Padang Mas Kecamatan Kabanjahe Kabupaten Karo terjadi pada tanggal 26 Agustus 2021. Bencana ini terjadi menyusul adanya hujan deras yang melanda kawasan ini.. Akibat dampak hujan deras yang melanda sebagian besar wilayah Kabupaten Karo, membuat tebing yang ada di Dusun Lau Bawang Desa Padang Mas Kecamatan Kabanjahe terjadi longsor. Kondisi kestabilan lereng berdasarkan tahapan kondisi kestabilannya dapat dibagi menjadi tiga tahap sebagai berikut: sangat stabil, cukup stabil, tidak stabil. Metode penelitian dibuat dengan model lereng pada kemiringan di atas 45° dengan kondisi lapisan tanah dianggap homogen. Analisa stabilitas menggunakan Metode Fellenius. Metode ini dipilih karena dapat memberikan Angka Keamanan yang rendah dengan perhitungan yang teliti.. Pertimbangan pada areal longsor dalam penentuan kriteria faktor keamanan adalah resiko yang dihadapi, kondisi beban, dan parameter yang digunakan dalam melakukan analisis stabilitas

lereng. Penelitian ini memberikan hasil : Dari Uji Direct Shear diperoleh $\phi = 28^{\circ} 59' 35,70''$, $C = 0.086 \text{ kg/cm}^2$, $FK = 1,274 < 1,7$ lereng labil, lereng dalam kerentanan tinggi, gerakan tanah sering terjadi. Sehingga perlu dilakukan penanganan stabilitas lereng.

Kata Kunci: Stabilitas Lereng, Kuat Geser Tanah, Faktor Keamanan

1. PENDAHULUAN

Peristiwa longsor di Desa Padang Mas Kecamatan Kabanjahe Kabupaten Karo terjadi pada tanggal 26 Agustus 2021. Bencana ini terjadi menyusul adanya hujan deras yang melanda kawasan ini. Akibat dampak hujan deras yang melanda sebagian besar wilayah Kabupaten Karo, membuat tebing yang ada di Dusun Lau Bawang Desa Padang Mas Kecamatan Kabanjahe terjadi longsor.

Berdasarkan kondisi stabilitasnya, lereng dibagi menjadi tiga tahap sebagai berikut: sangat stabil, dalam keadaan ini lereng memiliki ketahanan yang cukup untuk mengatasi gaya-gaya yang menyebabkan ketidakstabilan lereng, cukup stabil, dalam keadaan ini kekuatan lereng sedikit lebih besar dari gaya yang menyebabkan ketidakstabilan lereng, dan lereng dapat segera runtuh, lereng yang tidak stabil diakui sebagai tidak stabil jika telah terjadi gerakan terus menerus atau terputus-putus. Tidak semua lereng memiliki kestabilan yang aman untuk dijadikan kawasan pemukiman, sehingga pengetahuan tentang kestabilan lereng sangat penting untuk mengetahui apakah suatu daerah layak huni atau tidak, terutama pada daerah yang curam. Hal ini dilakukan untuk mengurangi korban jiwa akibat longsor. Dengan latar belakang di atas, penulis tertarik untuk melakukan "Analisis Kestabilan Lereng di Desa Padang Mas Kecamatan Kabanjahe Kabupaten Karo". Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui parameter kuat geser dan sudut geser tanah kohesif dalam tanah dengan mengambil sampel tanah dari lereng Desa Padang Mas Kecamatan Kabanjahe dan

mengestimasi nilai Faktor Keamanan (FK).) dari permukaan miring menggunakan metode Fellenius.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik Tanah Dasar

Tanah dipengaruhi oleh partikel tanah dengan ukuran yang berbeda, dari 100 mm hingga kurang dari 0,001 mm. Berdasarkan ukuran butir tanah, tanah dibagi menjadi kerikil (gravel), pasir (sand), liat (clay), lanau (mud). Secara umum, jenis tanah terdiri dari campuran partikel dengan ukuran yang berbeda. Tanah seperti kerikil dan pasir disebut tanah berbutir kasar, sedangkan tanah liat dan lanau sebagian besar berukuran kecil dan disebut tanah berbutir halus. Interaksi antara partikel lempung, air, tanah dan bahan-bahan lain yang terlarut dalam air merupakan penentu utama sifat-sifat tanah yang tersusun dari partikel-partikel tersebut. Sifat-sifat fraksi tanah sebagian besar tergantung pada sifat-sifat mineral yang menyusunnya. Fraksi yang lebih halus membentuk endapan dengan porositas yang lebih tinggi. Fraksi tersebut memiliki gaya tarik menarik (kohesi) yang tinggi antar partikel tanah. Fraksi kasar tidak memiliki kohesi, tetapi semakin kecil butirannya, semakin kohesif. Selain kohesi, tanah juga dapat bersifat plastis, yaitu kemampuan tanah untuk mengalami penggulungan dalam batas kadar air tertentu. Fraksi lempung memiliki sifat kohesif dan plastis. Plastisitas bumi terjadi karena adanya penyerapan air di sekitar permukaan partikel lempung (absorbed water). Jenis dan jumlah mineral lempung dalam tanah mempengaruhi batas cair tanah. (Bradja M.Das.Mekanika I)

Keruntuhan Pada Lereng

Berdasarkan kejadiannya, lereng terdiri atas tiga macam yaitu lereng alami, lereng yang dibentuk dengan cara pengalihan, dan lereng yang di bentuk dengan cara penimbunan yang dipadatkan. Pada setiap macam lereng ini, kemungkinan terjadinya dan gaya-gaya lain seperti aliran air, gempa bumi, lapisan penutup, gerakan lereng alami, dan pengaruh lainnya. Jika lereng telah runtuh, berarti kekuatan geser tanah telah terlampaui, yaitu tahanan geser permukaan patahan tidak cukup tinggi untuk menahan gaya-gaya yang bekerja pada permukaan lereng. Faktor-faktor penyebab ketidakstabilan lereng menurut Terzaghi (1950) dapat disebabkan oleh berbagai hal, yaitu :

- a. Faktor Pengaruh Luar : yang terjadi karena meningkatnya tegangan geser yang bekerja dalam tanah (τ) sehingga faktor keamanan $FK < 1$ (penurunan kuat geser tanah).
- b. Faktor Pengaruh Dalam : Penurunan kekuatan geser tanah yang sering sekali terjadi pada longsoran tanah, yaitu antara lain;
 - Kondisi dimana material dapat menjadi lemah (weak) bila terjadi peningkatan kadar air. Hal ini terjadi pada tanah lempung (over consolidated dan Heavily Over Consolidated), tanah tuff vulkanik, "shales" dan tanah lempung organik.
 - Struktur Geologi dan geometri lereng.
 - Pelapukan dan reaksi physicochemical lainnya.

Analisa Stabilitas Lereng

Kestabilan lereng dianalisa dengan menggunakan kesetimbangan batas,

kelongsoran/keruntuhan lereng akan selalu ada, sehingga untuk mengantisipasi masalah ini diperlukan suatu analisa stabilitas lereng.

Keruntuhan lereng sering disebabkan oleh suatu proses yang meningkatkan tegangan geser atau menurunkan kekuatan geser massa tanah, yaitu gaya gravitasi yaitu gaya geser yang dibutuhkan untuk menjaga kestabilan lereng dihitung dan dibandingkan dengan gaya geser yang ada. Nilai faktor keamanan diperoleh dari hasil perbandingan ini. Secara umum, metode analisis stabilitas lereng dibahas yaitu :

1. Metode Busur Lingkaran ($\phi = 0$)

Analisis keruntuhan lereng pada metode ini didasarkan pada asumsi bahwa blok keruntuhan yang berbentuk lingkaran dan kaku akan mengalami terhadap rotasi titik pusat lingkaran, dimana kekuatan geser sepanjang bidang runtuh merupakan kekuatan geser total *undrained*. Oleh karna kekuatan geser yang ada adalah kekuatan geser *undrained*, maka dalam hal ini sudut geser dalam tanah diasumsikan sama dengan nol, $\phi = 0$. Metode busur lingkaran ini biasanya dipergunakan untuk menganalisis keruntuhan lereng dengan kondisi tanah yang homogeny. Rumus umum dari analisis stabilitas lereng berhingga dengan metode busur lingkaran ini adalah :

$$FS = \frac{\sum M_r}{\sum M_d} \dots$$

$$\sum M_r = R (c_1 \cdot \Delta L_1 + c_2 \cdot \Delta L_2 + c_3 \cdot \Delta L_3 + \dots)$$

$$\sum M_r = R (c_1 \cdot \theta_1 + c_2 \cdot \theta_1 + c_3 \cdot \theta_1 + \dots)$$

$$\sum M_d = W \cdot x - W_{WH} \cdot b - W_{WV} \cdot d + V \cdot f$$

dimana :

$\sum M_r$ = Momen yang menahan

$\sum M_d$ = Momen yang meruntuhkan

R = Jari -Jari lingkaran

L_1, L_2, L_3 = Panjang busur lingkaran

Bidang Runtuh

$\theta_1, \theta_2, \theta_3$ = Sudut dalam

2. Metode Lingkaran Friksi

Metode ini berguna untuk tanah homogeny dengan $\phi > 0$, dimana kekuatan geser tergantung pada tegangan normal, atau dengan kata lain kedua komponen kekuatan geser yaitu kohesi, c , dan sudut geser dalam, ϕ , diperhitungkan dalam analisis stabilitas lereng dengan rumus :

$$R_f = R \sin \phi_m.$$

Menurut Coulomb pada tahun 1776 memperkenalkan teori geser maksimum (*the maximum shear theory*), yaitu bahwa keruntuhan (*failure*), nilai tekanan pada saat terjadinya perubahan bentuk tetap, terjadi jika tekanan geser yang diberikan mencapai nilai kritis dari kemampuan tanah. Hukum Mohr-Coulomb menyatakan bahwa kekuatan geser tanah τ , mempunyai hubungan fungsional dengan kohesi tanah c , dan friksi antar partikel yang dikemukakan dalam bentuk persamaan sebagai berikut : $\tau = c + \sigma_n \tan \phi$.

dimana :

τ = kekuatan geser (kPa)

C = kohesi tanah (kPa)

σ_n = normal stress; kPa

ϕ = sudut friksi internal partikel (derajat).

Perhitungan Faktor Keamanan Lereng

Rumus dasar Faktor Keamanan (*Safety Factor, FS*) lereng yang diperkenalkan oleh Fellenius, Bishop dan kemudian dikembangkan (Lambe & Whitman, 1969; Parcher & Means, 1974).

1. Metode Fellenius (Irisan)

Metode Fellenius (*Ordinary Method of Slice*) diperkenalkan pertama kali oleh Fellenius (1927,1936) mengemukakan bahwa gaya memiliki sudut kemiringan paralel dengan dasar irisan faktor keamanan dihitung

$$R_c = (L_{arc} / L_{chord}) R$$

dimana :

R = jari - jari lingkaran keruntuhan

R_f = jari - jari lingkaran friksi

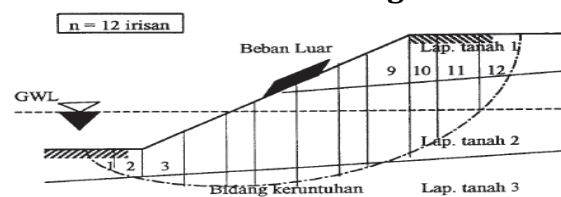
R_c = jarak tegak lurus dari pusat lingkaran friksi ke gaya yang bekerja

L_{arc} = panjang busur lingkaran bidang runtuh

L_{chord} = panjang tali busur lingkaran bidang runtuh

dengan keseimbangan momen. Fellenius menganggap gaya -gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor. Dengan anggapan ini keseimbangan arah vertikal dan gaya-gaya yang bekerja dengan memperhatikan tekanan air pori. Metode ini sangat sesuai untuk menganalisis keruntuhan lereng dengan kondisi tanah yang bervariasi/ tidak homogen, geometri lereng yang tidak teratur, dan kondisi tekanan air pori yang kompleks.

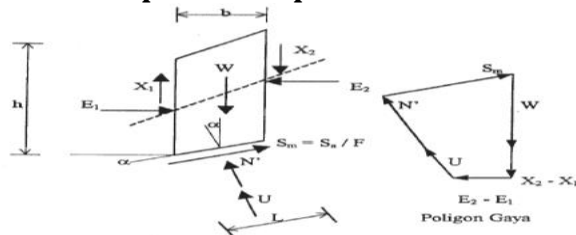
Gambar 2.1. Irisan pada bidang keruntuhan lereng



Dalam melakukan analisis keruntuhan lereng dengan metode irisan ini parameter kekuatan tanah, $c - \phi$, dari tegangan sepanjang bidang keruntuhan harus di perhitungkan, sehingga distribusi tegangan normal efektif yang bekerja sepanjang bidang runtuh harus diketahui. Analisis keruntuhan lereng dengan metode ini, biasanya dilakukan dengan membagi - bagi bidang keruntuhan lereng menjadi sejumlah irisan tertentu, n , seperti yang ditunjukkan pada gambar 1. Masa

keruntuhan lereng yang bekerja pada setiap irisan dianggap sebagai suatu balok keruntuhan. Untuk menganalisis keruntuhan lereng, maka masa balok keruntuhan pada setiap irisan harus memenuhi konsep keseimbangan batas. Setiap irisan dipengaruhi oleh suatu system gaya seperti ditunjukkan pada gambar 2.

Gambar 2.2. Gaya -gaya yang bekerja pada setiap irisan



$$FS = \frac{\sum(c' + \sigma' \cdot \tan \phi')L}{\sum W \cdot \sin \alpha} = \frac{c' \cdot La + \tan \phi' \cdot \sum N'}{\sum W \cdot \sin \alpha}$$

$$N_n = W_n \cos \alpha_n ; (S_m)_n = T_n = W_n \sin \alpha_n$$

$$FS = \frac{\sum(c'_n \cdot L_n + (w_n \cdot \cos \alpha_n - U_n \cdot L_n) \tan \phi'_n)}{\sum w_n \cdot \sin \alpha_n}$$

Pada metode ini, diasumsikan bahwa untuk setiap irisan, besarnya resultan dari gaya-gaya sisi antar irisan sama dengan nol (Craig, 1987). Besarnya gaya sisi kiri dan kanan antar irisan diasumsikan adalah sama. Penjumlahan dari gaya-gaya normal yang bekerja pada setiap irisan selalu ditinjau pada dasar irisan.

2. Metode Bishop

Metode Bishop adalah metode yang diperkenalkan oleh A.W. Bishop menggunakan cara potongan, dimana metode Bishop dipakai untuk menganalisis permukaan gelincir (*slip surface*) yang berbentuk lingkaran. Metode Bishop menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada irisan mempunyai resultan nol pada arah vertikal (Bishop, 1955). Persamaan kuat geser dalam tinjauan tegangan efektif yang dapat dikerahkan tanah, hingga tercapainya kondisi keseimbangan

Analisis stabilitas lereng didasarkan pada konsep keseimbangan batas, dengan asumsi bahwa kerusakan lereng terjadi pada titik-titik sepanjang permukaan keruntuhan yang diasumsikan dan diketahui. Kuat geser yang diperlukan untuk mempertahankan keseimbangan ultimit dibandingkan dengan kuat geser tanah memberikan faktor keamanan rata-rata pada permukaan runtuh, yang dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$FS = \frac{S_a}{S_m} = \frac{c + N' \cdot \tan \phi}{W \cdot \sin \alpha}$$

Analisis untuk tegangan efektif adalah :

batas dengan memperhatikan faktor aman. Pada metode ini, Bishop memperkenalkan suatu penyelesaian yang lebih teliti dari pada metode *Ordinary Slices* (Das, 1994, Edil, 1982). Pengaruh gaya - gaya pada sisi setiap irisan diperhitungkan. Resultan gaya-gaya pada sisi setiap irisan diasumsikan bekerja dalam arah horizontal.

$$X_n - X_{n+1} = 0$$

$$F_v = - N_n \cdot \cos \alpha_n - (S_m)_n \cdot \sin \alpha_n + W_n + (X_n - X_{n+1}) = 0$$

$$FS = \frac{\sum \{ [c'_n \cdot b_n + (w_n - U_n \cdot b_n) \tan \phi'_n] \left(\frac{1}{m\alpha} \right) \}}{\sum w_n \cdot \sin \alpha_n}$$

dimana :

$$m\alpha = \cos \alpha_n \left[1 + (\tan \alpha_n \cdot \tan \phi'_n) / FS \right] = \cos \alpha_n + [(\sin \alpha_n \cdot \tan \phi'_n) / FS]$$

Angka keamanan pada persamaan diatas dapat juga dipergunakan untuk metode analisis tegangan total dan metode analisis tegangan efektif. Bila memakai metode analisis tegangan total dengan nilai $u = 0$, keamanan (FS) adalah :

$$FS = \frac{\sum(c_n \cdot b_n \cdot \sec \alpha_n)}{\sum w_n \cdot \sin \alpha_n} = \frac{\sum(c_n \cdot L_n)}{\sum w_n \cdot \sin \alpha_n}$$

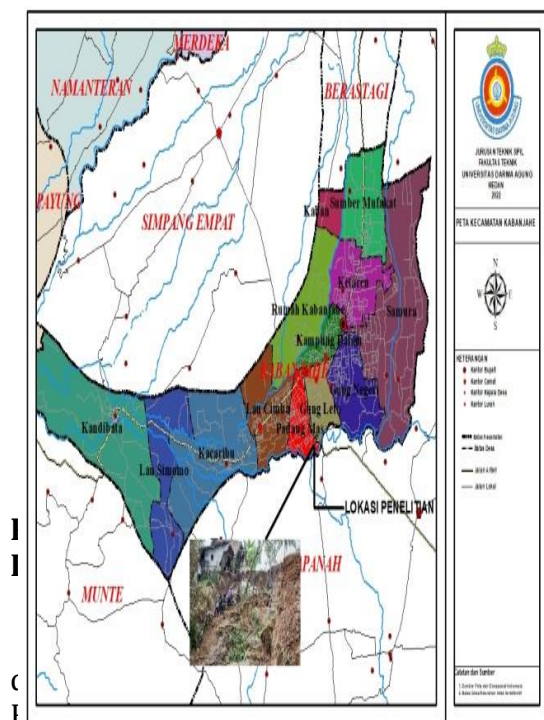
3. METODE PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Desa Padang Mas Kecamatan Kabanjahe Kabupaten Karo. Untuk pengujian

laboratorium, sampel tanah diambil dengan keadaan tanah terganggu (*disturbed sampel*) dan tidak terganggu (*undisturbed sample*). Pada kondisi tidak terganggu sampel tanah diambil dengan menggunakan tabung. Pengambilan tanah tidak terganggu dengan cara memasukkan tabung dengan kedalaman kurang lebih 1 meter pada lokasi penampang lereng.

Gambar 3.1. Peta Lokasi Penelitian



Sumber Peta RBI Geodesi
Gambar 3.2. Lokasi Pengambilan Sampel Tanah

Metode pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode pengumpulan data primer. Data primer diperoleh langsung dari studi lapangan dan studi laboratorium. Jenis penelitian empiris (penelitian hukum empiris) mencoba mengamati secara langsung lapangan dalam suatu penelitian tertentu, yang menganggapnya sebagai fakta yang dapat diandalkan.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan dalam bentuk penelitian empiris, penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif. Penelitian kualitatif merupakan pendekatan yang menghasilkan data deskriptif. Data yang digunakan dalam penelitian ini dikelompokkan menjadi beberapa kelompok sebagai berikut:

1. Informasi primer, yaitu informasi yang diperoleh langsung dari lapangan berupa pernyataan dari pihak terkait.
2. Data Sekunder, merupakan penunjang dari data primer yang

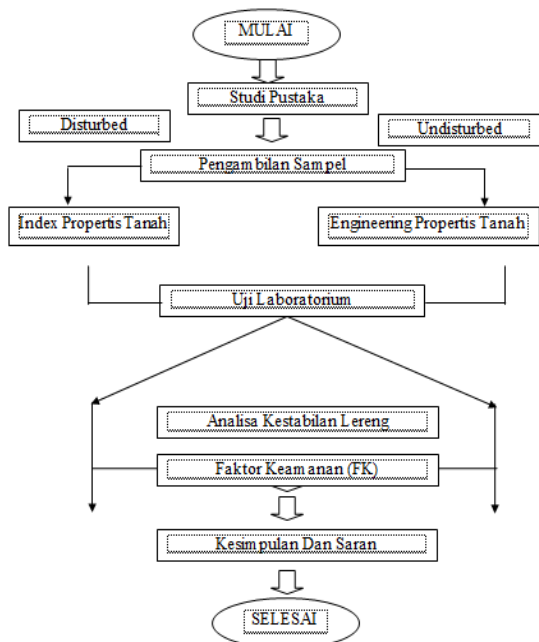
Agung. Adapun pengujian-pengujian tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Kadar Air (*Water Content Test*)
2. Pengujian Berat Jenis Butir Spesifik (*Spesific Gravity Test*)
3. Pengujian Berat Isi (*Unit Weight Test*)
4. Pengujian Analisa Saringan (*Sieve Analysis Test*)
5. Pengujian Batas- Batas Atterberg (*Atterberg Limit*)
6. Pengujian Kuat Geser Tanah (*Direct Shear Test*)

Metodologi Penelitian

sudah ada. Data yang diperoleh dari studi kepustakaan yang berupa buku-buku, hasil-hasil penelitian yang berwujud laporan, dan sebagainya. Sumber data ini merupakan sumber data yang membantu memberikan keterangan atau data pelengkap sebagai bahan pembanding.

3. Metode Dokumentasi :
Dokumentasi adalah gambar atau foto yang berhubungan dengan topik penelitian. Setelah bahan terkumpul, kemudian dianalisis dengan menggunakan teknik **Gambar 3.3. Kerangka Berpikir**



4. HASIL DAN PEMBAHASAN Pengujian Indeks Propertis Tanah

Pengujian index propertis tanah dimaksudkan untuk mendapatkan nilai parameter kadar air, berat isi, berat jenis, analisa saringan, dan Atterberg limit.

1. Uji Kadar Air Tanah

Sampel I : tanah tidak terganggu (*undisturbed*)

- Berat Container (W_1) = 5.31 gram
- Berat container + Tanah basah (W_2) = 126.84 gram

analisis deskriptif, artinya penulis mencoba menggambarkan informasi yang terkumpul dalam bentuk catatan, bahan penelitian dan buku-buku dan lain-lain. dokumentasi diperlukan untuk menunjukkan bahwa penulis benar-benar melakukan penelitian dan hasil dokumentasi digunakan untuk mendukung penelitian tersebut. Dalam proses ini, penulis menggunakan foto, transkrip wawancara dan buku untuk mencari informasi.

- Berat container + Tanah kering (W_3) = 95.17 gram

Maka diperoleh :

$$\text{Berat air} = W_2 - W_3 = 31.67 \text{ gram}$$

$$\text{Berat tanah kering} = W_3 - W_1 = 89.86 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar air (W)} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \%$$

$$= \frac{126.84 - 95.17}{95.17 - 5.31} \times 100 \%$$

$$= 35.24 \%$$

Dari hasil pengujian diperoleh:

$$\text{Kadar air rata-rata :} \frac{\text{sampel 1} + \text{sampel 2}}{2} = \frac{37.22 + 35.24}{2} = 36.23 \%$$

Sampel II : tanah tidak terganggu (*undisturbed*)

- Berat Container (W_1) = 5.35 gram

- Berat container + Tanah basah (W_2) = 127.81 gram

- Berat container + Tanah kering (W_3) = 94.59 gram

Maka diperoleh :

$$\text{Berat air} = W_2 - W_3 = 33.22 \text{ gram}$$

$$\text{Berat tanah kering} = W_3 - W_1 = 89.24 \text{ gram}$$

$$\text{Kadar air (W)} = \frac{W_2 - W_3}{W_3 - W_1} \times 100 \%$$

$$= \frac{127.81 - 94.59}{94.59 - 5.35} \times 100 \%$$

$$= 37.22 \%$$

2. Berat Jenis

Sampel I : tanah tidak terganggu (*undisturbed*)

- a) Berat piknometer kosong = 91.47 gram (W1)
- b) Berat piknometer + tanah kering = 149.28 gram (W2)
- c) Berat piknometer + tanah + air = 371.28 gram (W3)
- d) Berat piknometer + air pada t⁰ c = 337.27 gram (W4)
- d) Berat piknometer + air pada t⁰ c = 346.30 gram (W4)

e) Berat tanah (Ws) = W2 - W1

$$GS = \frac{W2 - W1}{(W2 - W1) + (W4 - W2)} = 2.521$$

Rata - rata berat jenis (GS) = 2.46

3. Pengujian Analisa Saringan

Sampel I : Saringan No. 200
Berat butiran yang tertinggal = 128.61 gram

Persentase berat butiran tertinggal

$$= \frac{\text{berat butiran yang tertinggal}}{\text{berat total tanah}} \times 100 \%$$

$$= \frac{289.20}{500} \times 100 \%$$

$$= 57.84 \%$$

Persentase komulatif butir tanah %
Persentase komulatif melalui

$$= 100 \% - \text{persentase komulatif}$$

$$= 100 \% - 57.84 \%$$

$$= 42.16 \%$$

Sampel II : Saringan No. 200
Berat butiran yang tertinggal = 107.60 gram

Persentase berat butiran tertinggal

$$= \frac{\text{berat butiran yang tertinggal}}{\text{berat total tanah}} \times 100 \%$$

$$= \frac{312.64}{500} \times 100 \%$$

$$= 62.53 \%$$

Persentase komulatif butir tanah %

- e) Berat tanah (Ws) = W2 - W1 = 57.81 gram
- f) Temperatur (T) = 26 ° (dari table koreksi 0.9997)

$$GS = \frac{W2 - W1}{(W2 - W1) + (W4 - W2)} = 2.4$$

Sampel II : tanah tidak terganggu (*undisturbed*)

- a) Berat piknometer kosong = 95.04 gram (W1)
- b) Berat piknometer + tanah kering = 147.40 gram (W2)
- c) Berat piknometer + tanah + air = 377.90 gram (W3)

Persentase komulatif melalui

$$= 100 \% - \text{persentase komulatif}$$

$$= 100 \% - 62.53 \%$$

$$= 37.47 \%$$

4. Uji Berat Isi

Sampel I tanah tidak terganggu (*undisturbed*)

- d = 6,50 cm h = 30,40 cm
- Berat (W1) = 2.439,00 gram
- Berat ring + tanah (W2) = 3.972,00 gram
- Maka berat tanah (W2 - W1) = 1.533,00

Maka volume tanah (V)

$$= \frac{1}{4} \pi \cdot d^2 \cdot h$$

$$= \frac{1}{4} \times 3.14 \times 6,50^2 \times 30,40$$

$$= 1.008,77 \text{ cm}^3$$

Kadar air (W) sampel I = 37.22 % (dari hasil pengujian kadar air)

Berat isi tanah basah (γ_w)

$$= \frac{\text{Berat tanah}}{\text{Volume tanah}}$$

$$= \frac{Wb}{v}$$

$$= \frac{1.533,00}{1.008,77}$$

$$= 1,520 \text{ gr/cm}^3$$

Berat isi tanah kering (γ_d)

$$= \frac{\gamma_w}{1 + w/100}$$

$$= \frac{1,520}{1 + 37,22/100}$$

$$\begin{aligned} &= 1,109 \\ \text{gr/cm}^3 & \\ \text{Berat jenis tanah (GS)} &= \\ 2.46 & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan Angka pori (e)} &= \frac{G_s}{\gamma_d} - 1 \\ &= \frac{2,46}{1,109} - 1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 1,2182 \\ \text{Porositas (n)} &= \frac{G_s}{1+e} \end{aligned}$$

$$= \frac{2,46}{2,2182} = 0,554$$

$$\begin{aligned} \text{Derajat kejenuhan (Sr)} &= \\ \frac{\text{water content} \times G_s}{e} \times 100 & \\ &= \frac{37,22 \times 2,46}{1,2182} \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% & \\ &= 75.161 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \text{ Pemeriksaan plastis indeks (P.I)} & \\ P.I = L.L - P.L & \\ = 36,97 \% - 25,53 \% = 11,44 \% & \end{aligned}$$

6. Pengujian Direct Shear Test

$$P1 = 5 \text{ kg}$$

$$P2 = 10 \text{ kg}$$

$$P3 = 15 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Tinggi sampel} &= 2 \text{ cm} \\ \text{Diameter} &= 6,5 \text{ cm} \\ \text{Maka Luas} &= \frac{1}{4} \pi d^2 \\ &= \frac{1}{4} \times 3,14 \times 6,5^2 \\ &= 33,166 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_1 = 5/33,166 = 0,150 \text{ kg/cm}$$

$$\sigma_2 = 10/33,166 = 0,301 \text{ kg/cm}$$

$$\sigma_3 = 15/33,166 = 0,452 \text{ kg/cm}$$

Dari hasil pengujian geser dalam pada saat beban 5 kg bacaan maksimum

Maka Gaya Geser = Deal Reading x kalibrasi

$$\begin{aligned} &= 27,25 \times 0,2 \\ &= 5,45 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Geser } (\tau_1) &= \text{Gaya Geser} / \\ \text{Luas} & \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= 5,45 / 33,166 \\ &= 0,164 \text{ kg / cm}^2 \end{aligned}$$

Dengan cara dan metode yang sama beban 10 kg bacaan maksimum

Maka Gaya Geser = Deal Reading x kalibrasi

$$= 43,06 \times 0,2 = 8,612 \text{ kg}$$

Derajat kejenuhan (Sr) = 75.161 %, dari tabel 3.2. dengan derajat kejenuhan = 75.161 % maka kondisi tanah dalam keadaan Tanah Sangat Lembab.

5. Batas-Batas Atterberg

Sampel I :

1. Pemeriksaan batas plastis (Plastis Limit)

$$PL = 26,23 \%$$

$$LL = 38,56 \%$$

2. Pemeriksaan plastis indeks (P.I)

$$P.I = L.L - P.L$$

$$= 38,56 \% - 26,23 \%$$

$$= 12,33 \%$$

Sampel II :

1. Pemeriksaan batas plastis (plastis limit)

$$PL = 25,53 \%$$

$$LL = 36,97 \%$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Geser } (\tau_1) &= \text{Gaya Geser} / \text{Luas} \\ &= 8,612 / 33,166 \end{aligned}$$

$$= 0,260 \text{ kg / cm}^2$$

Dengan cara dan metode yang sama beban 15 kg bacaan maksimum

Maka Gaya Geser = Dial Reading x kalibrasi

$$= 55 \times 0,2 = 11 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Geser } (\tau_1) &= \text{Gaya Geser} / \text{Luas} \\ &= 11 / 33,166 \end{aligned}$$

$$= 0,331 \text{ kg / cm}^2$$

Maka Persamaan :

$$\text{Tegangan geser} = c + \sigma \tan \emptyset$$

$$0,164 = C + 0,151 \tan \emptyset$$

$$0,260 = C + 0,301 \tan \emptyset$$

$$0,331 = C + 0,452 \tan \emptyset$$

Persamaan 1 dan 2

$$0,164 = C + 0,151 \tan \emptyset$$

$$0,260 = C + 0,301 \tan \emptyset$$

$$-0,096 = -0,15 \tan \emptyset$$

$$\tan \emptyset = (-0,096)/(-0,15) = 0,64$$

$$\emptyset_1 = 32,619 = 32^\circ 37' 9.28''$$

Substusi persamaan 1

$$0,164 = C + 0,151 \tan 32,619$$

$$0,164 = C + 0,151 \times 0,64$$

$$C_1 = 0,067 \text{ kg/cm}^2$$

Persamaan 2 dan 3

$$0,260 = C + 0,301 \tan \emptyset$$

$$0,331 = C + 0,452 \tan \emptyset$$

$$-0,071 = -0,151 \tan \emptyset$$

$$\tan \emptyset = (-0,071)/(-0,151) = 0,470$$

$$\emptyset 2 = 25,173 = 25^\circ 10' 24,69''$$

Substitusi persamaan 2

$$0,260 = C + 0,301 \tan 25,173$$

$$0,260 = C + 0,301 \times 0,470$$

$$C 2 = 0,118 \text{ kg/cm}^2$$

Persamaan 1 dan 3

$$0,164 = C + 0,151 \tan \emptyset$$

$$0,331 = C + 0,452 \tan \emptyset$$

$$-0,167 = -0,301 \tan \emptyset$$

$$\tan \emptyset = (-0,167)/(-0,301) = 0,554$$

$$\emptyset 3 = 28,986 = 28^\circ 59' 11,23''$$

Substitusi persamaan 3

$$0,331 = C + 0,452 \tan 28,986$$

$$0,331 = C + 0,452 \times 0,553$$

$$C 3 = 0,081 \text{ kg/cm}^2$$

Secara analitis

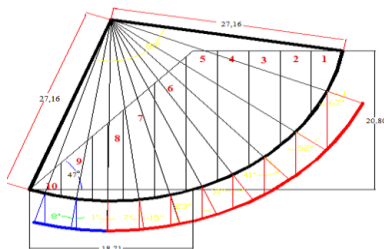
$$C \text{ analitis} = \frac{C1+C2+C3}{3} =$$

Analisa Stabilitas Lereng Dengan Metode Fellenius

Pada penelitian ini, untuk menghitung faktor keamanan pada lereng digunakan metoda Fellenius. Parameter tanah :

1. Berat volume tanah (γ) : 17,15 kN/m³
2. Kadar Air (W) : 36,23 %
3. Berat Jenis (G_s) : 2,455
4. Liquid Limit $LL = 37,765$: Plastis
Limit $PL = 25,88$: $PI = 11,885$
5. Kohesi tanah (C) : 8,25 kN/m²
6. Sudut geser dalam tanah ϕ : 28,59 °

Gambar 4.1. Sketsa Potongan Metode Fellenius Skala 1:100



$$= \frac{0,067 + 0,118 + 0,081}{3}$$

$$= 0,088 \text{ kg/cm}^2$$

$$\emptyset \text{ analitis} = \frac{\emptyset 1 + \emptyset 2 + \emptyset 3}{3}$$

$$= \frac{32,619 + 25,173 + 28,986}{3}$$

$$= 28^\circ 55' 33,6''$$

Maka dari grafik diperoleh ;

$$C = 0,085 \text{ kg/cm}^2 \text{ dan}$$

$$\emptyset = 29^\circ 1' 48,99''$$

$$\text{Maka } C \text{ rata-rata} = \frac{C \text{ analisa} + C \text{ grafis}}{2}$$

$$= \frac{0,088 + 0,085}{2}$$

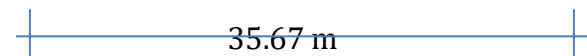
$$= 0,086 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Dan } \emptyset = \frac{\emptyset \text{ analisa} + \emptyset \text{ grafis}}{2}$$

$$=$$

$$\frac{28^\circ 55' 33,6'' + 29^\circ 1' 48,99''}{2}$$

$$= 28^\circ 1' 41,3''$$



Perhitungan Luas dan Titik Berat Setiap Irisan Bidang Longsor

Untuk mempermudah perhitungan luas bidang longsor dilakukan 10 irisan.

Irisan 1 :

luas bidang 1

$$= \frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi}$$

$$= \frac{1}{2} \times 3,91 \times 9,87$$

$$= 19,295 \text{ m}^2$$

Dari hasil perhitungan luas dari irisan bidang longsor diatas, maka untuk mencari titik berat dari irisan diatas dilakukan perhitungan sebagai berikut :

$$\text{Luas} = 19,295 \text{ m}^2$$

$$Y_1 = \frac{9,87}{3} = 3,29 \quad (\text{arah sumbu } y)$$

$$X_1 = \frac{3,91}{3} = 1,303 \quad (\text{arah sumbu } x)$$

$$\begin{aligned}
 A_1.Y_1 &= \text{luas} \times Y_1 \\
 &= 19,295 \times 3,29 \\
 &= 63,481 \\
 A_1.X_1 &= \text{luas} \times X_1 \\
 &= 19,295 \times 1,303 \\
 &= 25,141
 \end{aligned}$$

Jadi untuk penentuan titik beratnya didapat dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 X_z &= \frac{\sum A_i \times X_i}{\sum A} \\
 &= \frac{\sum 25.141}{\sum 19.295} = 1,302 \text{ m} \\
 Y_z &= \frac{\sum A_i \times Y_i}{\sum A} \\
 &= \frac{\sum 63.481}{\sum 19.295} = 3,290 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Maka untuk mencari berat dari bidang gelincir atau irisan tanah diatas, didapat hasil sebagai berikut:

Berat tanah (W)= luas x berat tanah (γb)

$$\begin{aligned}
 &= 19,295 \times 17,15 \\
 &= 38,690 \text{ m} \\
 &\text{Luas persegi} = \text{panjang} \times \text{lebar} \\
 &= 9,87 \times 3,92 \\
 &= 38,690 \text{ m}^2 \\
 &\text{Luas segitiga} = \frac{1}{2} \times \text{alas} \times \text{tinggi} \\
 &= \frac{1}{2} \times 4,18 \times 3,92 \\
 &= 8,193 \text{ m}^2 \\
 &\text{Luas keseluruhan} \\
 &= 38,690 + 8,193 \\
 &= 46,883 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan luas dari irisan bidang longsor diatas, maka untuk mencari titik berat dai irisan diatas dilakukan perhitungan sebagai berikut: Irisan dibagi menjadi dua, yaitu: luas Persegi dan luas Segitiga

1. Persegi

$$\begin{aligned}
 \text{Luas keseluruhan} &= 38,690 \text{ m}^2 \\
 Y_1 &= \frac{9,87}{2} = 4,935 \text{ m (arah sumbu y)} \\
 X_1 &= \frac{3,92}{2} = 1,96 \text{ m (arah sumbu x)} \\
 A_1.Y_1 &= \text{luas} \times Y_1 \\
 &= 38,690 \times 4,935 \\
 &= 190,935 \\
 A_1.X_1 &= \text{luas} \times X_1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 331,391 \text{ kg} \\
 L &= \frac{80^\circ}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \\
 &= \frac{80^\circ}{360} \times 2 \times 3,14 \times 27,16 \\
 &= 37,903 \text{ m} \\
 c.L &= 8.6 \times 37,903 \\
 &= 325,968 \text{ kg/cm} \\
 \text{Cos} \theta &= \cos 67^\circ = 0.391 \\
 \text{tan} \emptyset &= \tan 28,59 = 0,545
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W \times \cos \theta \times \tan \emptyset \\
 &= 331,391 \times 0,391 \times 0,545 \\
 &= 70,618 \\
 \sin \theta &= \sin 67^\circ = 0,920 \\
 W \times \sin \theta &= 331,391 \times 0,920 \\
 &= 304,879
 \end{aligned}$$

Irisan 2.

2. Segitiga

$$\begin{aligned}
 \text{Luas} &= 8,193 \text{ m}^2 \\
 Y_1 &= \frac{4,18}{3} = 1.393 \text{ (arah sumbu y)} \\
 X_1 &= \frac{3,92}{3} = 1.306 \text{ (arah sumbu x)} \\
 A_1.Y_1 &= \text{luas} \times Y_1 \\
 &= 8,193 \times 1,393 = 11,413 \\
 A_1.X_1 &= \text{luas} \times X_1 \\
 &= 8,193 \times 1,306 = 10,700
 \end{aligned}$$

Maka:

$$\begin{aligned}
 A_1.Y_1 \text{ total} &= 190,935 + 11,413 \\
 &= 202,348 \\
 A_1.X_1 \text{ total} &= 75.832 + 10,700 \\
 &= 86,532
 \end{aligned}$$

Jadi untuk penentuan titik beratnya didapat dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 X_z &= \frac{\sum A_i \times X_i}{\sum A} \\
 &= \frac{\sum 86,532}{\sum 46,883} \\
 &= 1,846 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$Y_z = \frac{\sum A_i \times Y_i}{\sum A} = \frac{\sum 202,348}{\sum 46,883} = 4,316 \text{ m}$$

Maka untuk mencari berat dari bidang gelincir atau irisan tanah diatas, didapat hasil sebagai berikut :

Berat tanah (W)= luas x berat tanah (γb)

$$= 46,883 \times 17,15 = 804,043 \text{ kg}$$

$$L = \frac{80^\circ}{360} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r = \frac{80^\circ}{360} \times 2 \times 3,14 \times 28,67$$

$$= 40,010 \text{ m}$$

$$c \cdot L = 8,6 \times 40,010 = 344,086$$

$$\text{Cos } \theta = \cos 52^\circ = 0,616$$

$$\tan \emptyset = \tan 28,59 = 0,545$$

$$W \times \cos \theta \times \tan \emptyset = 804,043 \times 0,616 \times 0,545 = 269,933$$

F < 1,2	: Kerentanan tinggi, gerakan tanah sering terjadi (lereng labil)
1,2 < F < 1,7	: Kerentanan tanah menengah, gerakan tanah dapat terjadi (lereng kritis)
1,7 < F < 2,0	: Kerentanan rendah, gerakan tanah jarang terjadi (lereng relative stabil)

Berdasarkan tabel 4.2. bila Faktor Keamanan 1,2 < 1,274 < 1,7 : maka lereng dalam kondisi kritis. Sehingga perlu dilakukan penanganan stabilitas lereng.

5. SIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dilaboratorium dapat disimpulkan bahwa :

- Dengan pengujian indeks propertis tanah didapat hasil sebagai berikut:
 - Kadar air sebesar 36,23 %
 - Berat jenis didapat sebesar 2,455
 - Derajat kejenuhan (Sr) = 75.161 %, dari tabel 3.2. dengan derajat kejenuhan = 75.161 % maka kondisi tanah dalam keadaan Tanah Sangat Lembab.

$$\begin{aligned} \text{Sin } \theta &= 0,788 \\ W \times \text{Sin } \theta &= 804,043 \times 0,788 \\ &= 633,585 \end{aligned}$$

Tabel 4.1. Perhitungan Stabilitas Lereng Metode Fellenius

Bidang	Luas (m ²)	γ _{tanah} (kN/m ³)	Berat W (kNm)	C (kN/m ²)	θ	Cos θ	tan θ	W x cos θ x tan θ	Sin θ	W Sin θ	Σ L	c L
1	19,295	17,15	331,391	8,600	67	0,391	0,545	70,618	0,920	304,879		
2	46,883	17,15	804,043	8,600	52	0,616	0,545	269,933	0,788	633,585		
3	61,711	17,15	1058,440	8600	47	0,682	0,545	393,412	0,731	773,719		
4	75,013	17,15	1286,473	8,600	33	0,839	0,545	388,246	0,545	701,129		
5	82,291	17,15	1396,872	8,600	24	0,914	0,545	695,823	0,407	568,527		
6	76,724	17,15	1299,861	8,600	15	0,965	0,545	683,629	0,258	335,364	51,276	445,127
7	63,172	17,15	1070,469	8,600	7	0,992	0,545	578,738	0,121	129,527		
8	50,189	17,15	879,231	8,600	1	0,999	0,545	478,702	0,017	14,947		
9	28,429	17,15	502,964	8,600	8	0,990	0,545	271,374	0,139	69,912		
10	11,756	17,15	179,583	8,600	6	0,944	0,545	92,392	0,104	18,677		
								4122,867		3550,266		

$$\begin{aligned} \text{FK} &= \frac{c \cdot L + W \cos \theta \times \tan \emptyset}{(W \cdot \sin \theta)} \\ &= \frac{445,127 + 4122,867}{3550,266} \\ &= 1,274 \end{aligned}$$

Tabel 4.2. Faktor Keamanan oleh Ward (1976)

- Berdasarkan klasifikasi AASHTO sampel tanah termasuk dalam A-2-6 dan berdasarkan klasifikasi USCS tanah sampel termasuk golongan ML (Lanau berlempung).
- Dengan pengujian kuat geser tanah dari uji *direct Shear Test* yang dilakukan pada tanah asli maka diperoleh \emptyset diperoleh 28° 59' 35.70" dan c diperoleh 0.086 kg/cm², maka kekuatan geser tanah asli dari lapangan untuk pembebanan 5 kg.
- Hasil perhitungan metode fellenius diperoleh faktor aman (FK) lereng sebesar 1,274 dari stabilitas lereng dengan menggunakan metode fellenius, lereng dalam kondisi kritis. Sehingga perlu dilakukan penanganan stabilitas lereng.

Saran

- Pengambilan sampel tanah undisturbed harus benar-benar tidak terganggu.

- b) Pengujian geser langsung di laboratorium membutuhkan ketelitian dan penelitian lebih lanjut untuk menentukan hasil yang baik.
- c) Hasil uji geser langsung untuk pengujian kekuatan tanah juga sangat baik, kami menggunakan Triaxial tester dan Unfined Compression Test untuk mendapatkan hasil yang sempurna.

L.D. Wesley (1973), Mekanika Tanah terjemahan : Ir.A.M.Luthfi, Pekerjaan Umum, Jakarta

R.F.Craig (1989), Budi Susilo.S, Mekanika Tanah, Edisi IV, Erlangga.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Braja M Das (1993), Mekanika Tanah (*Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*), Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Braja M Das (1993), Mekanika Tanah (*Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*), Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Guy Sangrelat, Gilbert Olivari dan Bernard Cambou (1989), Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi, Bagian I & II, Airlangga.
- James K.Mitchell (2002), Fundamentals of Soil Behavior, University of California, Berkeley, Jhon Wiley & Sons, Inc.
- Joseph E Bowles dan Johan K.Hainim (1989), Sifat - Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah), Cetakan II, Erlangga.
- Ir. M. Endayanti, MT (1996), Laporan Praktikum - Experimental Laboratorium Lanjut Institut Teknologi Bandung.
- Ir. M. Endayanti, MT (1997), Studi Konsolidasi Radial Dengan Berbagai Nilai Koefisien Permeabilitas Disekitar Tiang Pancang Pada Tanah Lempung, Tesis (S2), Institut Teknologi Bandung.
- Ir.G.Djatmiko Soedarno (1993), Mekanika Tanah 2 , Kanisius, Yogyakarta.
- Ir. Sunggono Kh (1982), Mekanika Tanah, Penerbit Nova Bandung.