

ANALISIS PERHITUNGAN STABILITAS LERENG METODE FELLENIUS MENGGUNAKAN PROGRAM PHP

Armando Panjaitan

Oktovian B. A. Sompie, Agnes T. Mandagi

Fakultas Teknik, Jurusan Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado

email: armandopanjaitan92@gmail.com

ABSTRAK

Runtuhnya suatu lereng bisa terjadi akibat adanya gaya dorong yang timbul karena beban pada tanah. Upaya untuk mengurangi runtuhnya suatu lereng dapat dilakukan dengan cara menstabilkan lereng tersebut. Saat ini banyak metode untuk menghitung kestabilan lereng. Salah satu metode yang sering digunakan dalam menghitung stabilitas lereng adalah metode Fellenius. Akan tetapi di dalam metode perhitungan *safety factor* pada stabilitas lereng dengan metode Fellenius jika dihitung secara manual banyak menggunakan rumus sehingga membutuhkan waktu yang lumayan lama. Salah satu cara untuk mendapatkan hasil perhitungan yang singkat dan juga akurat yaitu dengan cara membuat program *safety factor* menggunakan bahasa pemrograman. Jika dibuat perbandingan antara perhitungan manual dengan program, selisih hasilnya kurang dari 1%, artinya program PHP ini layak digunakan.

Kata Kunci: Analisis Stabilitas Lereng, Faktor Aman, Metode Fellenius, PHP

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Proses stabilitas lereng merupakan suatu factor yang sangat penting dalam pekerjaan yang berhubungan dengan penggalian dan penimbunan tanah, batuan dan bahan galian, karena menyangkut persoalan keselamatan manusia (pekerja), keamanan peralatan serta kelancaran produksi. Keadaan ini berhubungan dengan terdapat dalam macam-macam jenis pekerjaan, misalnya pada pembuatan jalan, bendungan, penggalian kanal, penggalian untuk konstruksi, penambangan dan lain-lain.

Suatu sistem analisis yang sesuai untuk mempermudah dan mempercepat proses perhitungan *safety factor* menggunakan metode *fellenius* yang dapat disajikan dalam sebuah program komputer berbasis *web* dengan menggunakan program PHP (*Professional Home Page Hypertext Preprocessor*). Pembuatan program berbasis *web* ini diharapkan dapat menjadi salah satu solusi yang tepat dalam proses perkuliahan maupun di dalam pekerjaan.

Rumusan Masalah

Berdasarkan permasalahan diatas, maka rumusan masalahnya adalah bagaimana mengaplikasikan perencanaan perhitungan *safety factor* pada stabilitas lereng dengan metode *Fellenius* ke dalam program PHP

(*Professional Home Page Hypertext Preprocessor*).

Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini, dibatasi sebagai berikut:

1. Perhitungan stabilitas lereng menggunakan metode *Fellenius* sampai mendapatkan angka *safety factor*.
2. Perhitungan stabilitas lereng tidak dipengaruhi oleh pengaruh air tanah.
3. Perencanaan perhitungan *safety factor* dengan metode *fellenius* dengan menggunakan *script PHP*.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pemrograman ini adalah:

1. Mendapatkan nilai *safety factor* stabilitas lereng yang lebih akurat.
2. Membuat *software* perencanaan perhitungan *safety factor* pada stabilitas lereng dengan metode *fellenius* menggunakan *script PHP* (program komputer berbasis *web*).

Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian pemrograman ini adalah:

1. Hasil penelitian program ini bermanfaat untuk mendapatkan *safety factor*.
2. Mempersingkat perhitungan stabilitas lereng menggunakan metode *Fellenius* dan

- untuk mendapat nilai *safety factor* yang akurat.
3. Bahan pengembangan bahasa pemrograman berbasis web bagi mahasiswa.

KAJIAN PUSTAKA

Tinjauan Umum

Permukaan tanah umumnya memiliki perbedaan elevasi antara satu dengan yang lain atau dengan kata lain permukaan tanah tidak selalu bentuknya datar, itu merupakan salah satu faktor adanya terbentuknya suatu lereng (*slope*).

Disetiap jenis lereng, kemungkinan untuk terjadi suatu longsor pasti akan selalu ada. Ini disebabkan oleh karena gaya dorong (*driving force*) yang sudah melewati gaya berlawanan dari kekuatan geser tanah sepanjang bidang longsor (Das, 1985). Secara teknik dapat dikatakan bahwa longsor terjadi apabila faktor keamanan tidak memenuhi ($F_k < 1,25$).

Kestabilan Lereng

Kestabilan dari suatu jenjang dikontrol oleh kondisi geologi daerah setempat, bentuk keseluruhan lereng pada daerah tersebut, kondisi air tanah setempat, dan juga oleh teknik penggalian yang digunakan dalam pembuatan lereng.

Dibawah ini merupakan nilai kestabilan dari suatu lereng:

Tabel 1. Nilai Faktor Keamanan Lereng dan Intensitas Longsor (Bowles, 1989)

| NILAI FAKTOR KEAMANAN | KEJADIAN ATAU INTENSITAS LONGSOR |
|---------------------------|---|
| F kurang dari 1,07 | Longsor <i>terjadi</i> biasa/sering (Lereng Labil) |
| F antara 1,07 sampai 1,25 | Longsor <i>pernah</i> terjadi (lereng kritis) |
| F diatas 1,25 | Longsor <i>jarang</i> terjadi (lereng relatif stabil) |

Prinsip Dasar Metode Fellenius

Analisis stabilitas lereng cara Fellenius menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan-kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsor.

Data yang diperlukan dalam suatu perhitungan sederhana untuk mencari nilai F (faktor keamanan lereng) adalah sebagai berikut:

- a. Data lereng (terutama diperlukan untuk membuat penampang lereng) meliputi: sudut lereng, tinggi lereng, atau panjang lereng dari kaki lereng ke puncak lereng.
- b. Data mekanika tanah
 - sudut geser dalam (ϕ ; derajat)
 - bobot satuan isi tanah basah (γ_{wet} ; g/cm^3 atau kN/m^3 atau ton/m^3)
 - kohesi (c ; kg/cm^2 atau kN/m^2 atau ton/m^2)
 - kadar air tanah (ω ; %)

Pada lereng yang dipengaruhi oleh muka air tanah nilai F (dengan metoda sayatan, Fellenius) adalah sbb.:

$$F = \frac{c L + \tan \phi \sum (W_i \cos \alpha_i - \mu_i \cdot l_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

Pada lereng yang tidak dipengaruhi oleh muka air tanah, nilai F adalah sbb:

$$F = \frac{c L + \tan \phi \sum (W_i \cos \alpha_i)}{\sum (W_i \sin \alpha_i)}$$

METODE PEMROGRAMAN

Perhitungan Stabilitas Lereng dengan Metode Fellenius

Untuk metode dan rumus perhitungan stabilitas lereng yang digunakan adalah metode *Fellenius*, Cara ini telah banyak digunakan dalam praktek. Karena cara hitungan sederhana dan kesalahan yang terjadi pada sisi yang aman.

Bahan dan Alat

Bahan

Bahan yang digunakan dalam pembuatan program ini adalah:

- a. Materi mengenai contoh perhitungan *safety factor* pada stabilitas lereng dengan metode *fellenius*
- b. Bahasa Pemrograman PHP (*Professional Home Page Hypertext Preprocessor*)
- c. Buku Mekanika Tanah dan Pemrograman PHP (*Professional Home Page Hypertext Preprocessor*).

Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Komputer atau Laptop (*Hard ware*)
- b. *Mouse*, *Modem* dan *Keyboard*
- c. Perangkat Lunak (*Soft ware*)

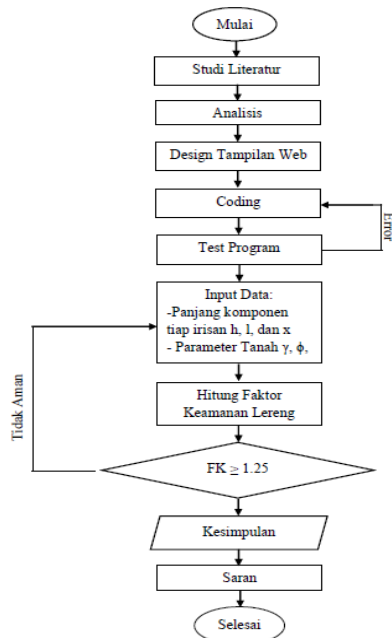
Metode Pelaksanaan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini menggunakan dua metode yaitu metode studi pustaka dan metode pengembangan perangkat lunak.

1. Metode Studi Pustaka
2. Metode Pengembangan Perangkat Lunak
Tahap penerjemahan dari data atau pemecahan masalah yang telah dirancang kedalam bahasa pemrograman.
3. *Testing*
Merupakan tahap pengujian terhadap perangkat lunak yang dibangun.

Diagram Alir Penelitian

Diagram alir penelitian proses pengolahan PHP dapat dilihat dibawah ini:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil akhir dari penelitian ini adalah sebuah program yang bisa menyelesaikan perhitungan analisa stabilitas lereng dengan menggunakan metode fellenius.

Halaman Website

Di dalam proses penyusunan *website* ini penulis menggunakan beberapa halaman HTML yang semuanya itu saling berhubungan. Kode editor yang digunakan dalam membuat atau mendesain web ini

adalah *sublime text* 3. Untuk melihat tampilan pada browser perhatikan uraian berikut ini:

Halaman Beranda

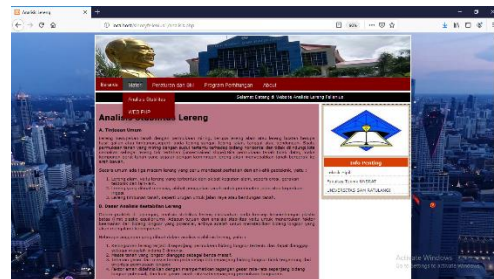
Di dalam halaman ini terdapat penjelasan dan juga petunjuk mengenai Jurusan Teknik Sipil, cabang-cabang ilmunya, Fakultas Teknik UNSRAT, dan juga bisa langsung terhubung dengan website resmi UNSRAT. Tampilan dari halaman Beranda pada program analisis perhitungan stabilitas lereng dengan metode *fellenius* ini disertakan juga gambar.



Gambar 2. Halaman Beranda

Halaman Materi

Halaman Materi pada program analisis perhitungan stabilitas lereng dengan metode *fellenius* ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 3. Halaman Materi

Halaman Peraturan dan SNI

Halaman ini adalah untuk meninjau serta memberikan petunjuk bagaimana peraturan tentang petunjuk dan penanggulangan lonsor dari Standar Nasional Indonesia dan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum.



Gambar 4. Halaman Peraturan dan SNI

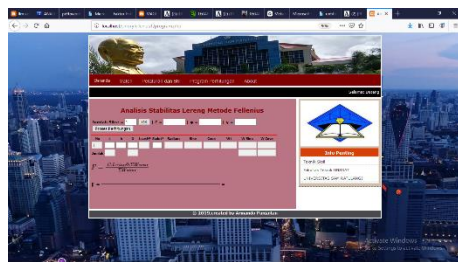
Halaman Program dan Perhitungan

Halaman ini adalah program utama menghitung analisis stabilitas lereng dengan metode *fellenius* menggunakan program yang telah dibuat, halaman ini terdiri dari dua bagian yaitu Cara Menggunakan Program, dan Program Perhitungan.



Gambar 5. Petunjuk Menggunakan Program

Kemudian selanjutnya ada Halaman Menghitung Faktor Aman Lereng, metode *fellenius* dan mendapatkan nilai faktor aman lereng beserta kesimpulan nilai angka aman dan hubungannya dengan intensitas kelongsoran.



Gambar 6. Halaman Perhitungan

Ada beberapa tahapan untuk menggunakan program ini, tahapan-tahapan tersebut adalah sebagai berikut:

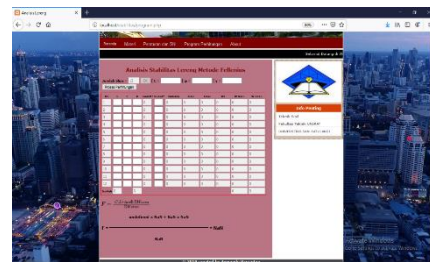
1. Setelah *Client* membuka halaman program perhitungan stabilitas lereng, *Client* melakukan input data manual berdasarkan penampang lereng yang akan dihitung yang terdiri dari:
 - a. Jumlah Slice
 - b. Nilai kohesi (c)
 - c. Sudut Gesek dalam Tanah (ϕ)
 - d. Berat tanah (γ)

Lalu setelah itu dimasukkan juga nilai data lereng yang dihitung secara manual setelah melihat bentuk geometri lereng yang telah di print dari *software* program perhitungan, misalnya seperti:

- a. Nilai L
- b. Nilai h
- c. Nilai X
- d. Sudut setiap irisan lereng

Setelah di *input* ke kolom angka, maka seterusnya adalah menekan tombol Proses Perhitungan dan mendapatkan hasil faktor aman.

2. Setelah *client* memilih perhitungan program analisis stabilitas lereng dengan metode *fellenius*, *Client* dapat menekan tombol Proses Perhitungan di halaman yang sama



Gambar 7. Halaman Input data perhitungan

3. Selanjutnya *client* akan melihat hasil dari analisis perhitungan stabilitas lereng.



Gambar 8. Halaman Tabel Hasil Perhitungan dengan Program

Pemakaian Program

Program ini adalah program interaktif berbasis *web* yang didesain untuk menghitung analisis perhitungan analisis stabilitas lereng dengan metode *fellenius*.

Untuk penggunaannya dapat dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

1. Membuka *browser* dan menuju ke alamat *browser* analisis stabilitas lereng dengan metode *fellenius*.
2. Saat tampilan utama *website* terbuka, klik menu program analisis stabilitas lereng dengan metode *fellenius*.
3. Langkah berikutnya adalah membuat sketsa lereng berdasarkan data penampang lereng yang akan dihitung (dibuat secara manual).
4. Dibuat sayatan-sayatan vertical sampai batas bidang gelincir dan mendapatkan angka yang dibutuhkan untuk kemudian di *input* ke dalam program perhitungan.
5. Selanjutnya jika kedua poin diatas sudah dilakukan maka tinggal memasukkan angka ke kolom data perhitungan pada program

yang dibuat untuk menghitung stabilitas lereng.

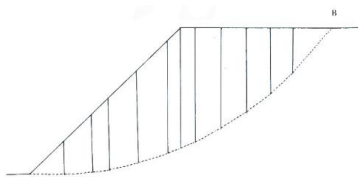
Perbandingan Antara Perhitungan Program dan Perhitungan Manual

Dari pembuatan program analisis perhitungan stabilitas lereng metode Fellenius menggunakan program *Page Hypertext Preprocessor* (PHP) hasil *output* program dapat dibandingkan dengan menghitung secara manual, hal ini dapat dilihat di bawah ini:

1. Perhitungan analisis stabilitas lereng dengan metode *fellenius* dengan menggunakan program *Page Hypertext Preprocessor* (PHP).

Contoh Soal:

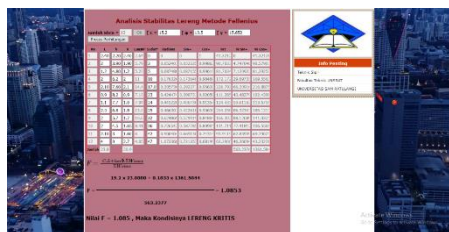
Suatu lereng tunggal-alami memiliki sudut lereng 45°, panjang total dari bidang longsor (arah horizontal) 20,95 m. Tanah mempunyai $\gamma = 15,652 \text{ kN/m}^3$, kohesi (c) = 15,2 kN/m², sudut geser (ϕ) = 10°. Hitung faktor aman dari lereng tersebut.



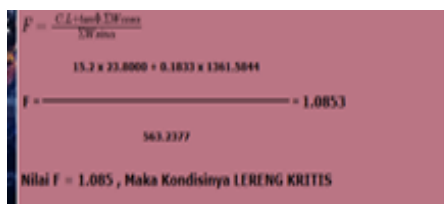
Gambar 9. Bentuk Slice Lereng

Penyelesaian:

Perhitungan menggunakan program Analisis Perhitungan Stabilitas Lereng Metode Fellenius menggunakan Program PHP (*Page Hypertext Preprocessor*) diperoleh hasil seperti pada gambar 10.



Gambar 10. Halaman Tabel Hasil Perhitungan Dengan Program



Gambar 11. Hasil Faktor Aman dan Kesimpulan

2. Perhitungan manual menggunakan metode Fellenius diperlihatkan pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Perhitungan manual Fellenius

| No Slice | L (m) | h (m) | X (m) | Luas (m ²) | Sudut (α°) | rad | Sin α | Cos α | Wt | W sin α | W cos α |
|----------|-------|-------|-------|------------------------|------------|-------|-------|-------|---------|---------|----------|
| 1 | 2,4 | 2,2 | 2,4 | 2,64 | 0 | 0 | 0 | 1 | 41,250 | - | 41,250 |
| 2 | 2 | 3,9 | 1,9 | 5,795 | 3 | 0,052 | 0,052 | 0,999 | 90,547 | 4,739 | 90,423 |
| 3 | 1,2 | 4,8 | 1,2 | 5,22 | 5 | 0,087 | 0,087 | 0,996 | 81,563 | 7,109 | 81,252 |
| 4 | 2 | 6,2 | 2 | 11 | 10 | 0,176 | 0,174 | 0,985 | 171,875 | 29,846 | 169,264 |
| 5 | 2,1 | 7,6 | 2,1 | 14,49 | 17 | 0,306 | 0,292 | 0,956 | 226,406 | 66,195 | 216,513 |
| 6 | 0,9 | 8,2 | 0,9 | 7,11 | 23 | 0,424 | 0,391 | 0,921 | 111,094 | 43,408 | 102,262 |
| 7 | 1,1 | 7,7 | 1 | 7,95 | 24 | 0,445 | 0,407 | 0,914 | 124,219 | 50,524 | 113,479 |
| 8 | 2 | 6,8 | 1,8 | 13,05 | 25 | 0,466 | 0,423 | 0,906 | 203,906 | 86,175 | 184,802 |
| 9 | 2 | 5,7 | 1,7 | 10,625 | 32 | 0,625 | 0,530 | 0,848 | 166,016 | 87,975 | 140,789 |
| 10 | 2 | 4,5 | 1,65 | 8,415 | 36 | 0,727 | 0,588 | 0,809 | 131,484 | 77,285 | 106,373 |
| 11 | 2,1 | 3 | 1,6 | 6 | 42 | 0,900 | 0,669 | 0,743 | 93,750 | 62,731 | 69,670 |
| 12 | 4 | 0 | 2,7 | 4,05 | 47 | 1,072 | 0,731 | 0,682 | 63,281 | 46,281 | 43,158 |
| Jlh | 23,8 | | 20,95 | | | | | | | 562,266 | 1359,236 |

Untuk mencari faktor keamanan dengan metode Fellenius menggunakan rumus:

$$F = \frac{c.L + \tan \phi \cdot \sum W \cos \alpha}{\sum W \sin \alpha}$$

Maka, F = 1,09 (Lereng Kritis)

Kalau dilihat hasil pada perhitungan program PHP dengan perhitungan manual ada perbedaan nilai. Perbedaan ini diakibatkan pada proses pembulatan bilangan desimal dalam perhitungannya.

Selisih hasil perhitungan:

$$\frac{1,09 - 1,0853}{1,09} \times 100\% = 0,4311\%$$

Hasil perbandingan perhitungan hasil dengan program dan hasil perhitungan secara manual didapatkan persentase selisih perhitungan kurang dari 1%, jadi program ini dapat dipakai. Dengan data yang telah anda punya program ini mampu menghitung dengan waktu tidak lebih dari 1 menit setelah memasukkan data lereng yang sebelumnya dihitung secara manual. Sedangkan untuk waktu yang diperlukan dalam menghitung atau menulis hasil perhitungan secara manual memerlukan waktu lebih dari 60 menit. Jika dibandingkan maka akan menghasilkan efisiensi waktu lebih cepat dari pada menggunakan cara manual.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisis data dan pembahasan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Program Analisis Perhitungan Stabilitas Lereng dengan metode fellenius menggunakan program PHP, sangat membantu karena menjadi lebih mudah dan cepat.
2. Waktu penyelesaian soal jauh lebih cepat dengan menggunakan program dibandingkan secara manual, dengan selisih hasil perhitungan kurang dari 1 %.

Saran

1. Adanya program ini diharapkan akan ada lagi pengembangan dan penambahan program dengan bahasa PHP ini dalam ilmu teknik sipil khususnya bidang Geoteknik.
2. Diharapkan program ini sebagai sarana belajar, khususnya untuk mahasiswa.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, E. J., 1989. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*. Erlangga. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C., 2007. *Mekanika Tanah 2*. UGM press. Yogyakarta.
- Jannah Miftahul, Sarwandi, Cyber Creative., 2018. *Mahir Bahasa Program PHP*. Elex Media Komputindo. Jakarta.
- Das, Braja M. 1985, *Mekanika Tanah*, Erlangga. Jakarta
- Murya Yosef., 2017. *41 Script PHP Siap Pakai*. Jasakom. Yogyakarta.