

ANALISIS ANGKA KEAMANAN *DIAFRAGMA WALL* MENGUNAKAN PERMODELAN MOHR COLOUMB DENGAN PARAMETER TOTAL DAN EFEKTIF

Ferra Fahriani

Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil Universitas Bangka Belitung

Email: f2_ferra@yahoo.com

ABSTRAK

Pada satu lereng buatan (galian dalam) memerlukan suatu konstruksi penahan tanah yang besar untuk menahan tekanan lateral yang terjadi agar lereng dalam keadaan stabil. Analisis kestabilan suatu lereng ditunjukkan pada suatu angka keamanan. Ketika dipasang suatu konstruksi penahan tanah perlu dianalisis angka keamanan dari penahan tanah tersebut. Pemilihan parameter tanah yang tepat sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil analisis yang tepat. Pada penelitian ini akan dianalisis angka keamanan suatu diafragma wall yang dipasang sebagai penahan pada suatu galian dalam. Dengan menganalisis besarnya bending momen pada diafragma wall yang terjadi menggunakan program PLAXIS selanjutnya dapat ditentukan besarnya angka keamanan diafragma wall. Permodelan tanah menggunakan permodelan Mohr – Coloumb yang di analisis dengan analisis drained dan undrained menggunakan parameter total dan efektif digunakan pada penelitian ini. Hasil analisis didapatkan bahwa semakin dalam galian, faktor keamanan galian yang didapat semakin kecil. Analisis galian dalam menggunakan analisis drained memberikan faktor keamanan yang kecil dibandingkan undrained. Dari Angka keamanan yang paling kecil didapat dalam desain galian dalam keadaan kritis terjadi pada kondisi drained. Untuk itu disarankan penggunaan analisis drained pada analisis galian dalam, sebagaimana telah diungkapkan pada beberapa teori tentang pemilihan parameter pada galian dalam.

Kata Kunci : *Galien Dalam, Faktor Keamanan, Diafragma Wall, Drained, Undrained*

PENDAHULUAN

Kestabilan suatu tanah akan terganggu akibat adanya suatu penggalian, baik penggalian dangkal maupun dalam. Suatu galian yang dalam dan luas memerlukan penahan tebing galian agar tetap vertikal, maka dapat dipakai konstruksi penahan tanah yang dikonstruksikan sebelum dilaksanakan suatu penggalian. Galian yang dalam menyebabkan beban lateral menjadi sangat besar sehingga memerlukan konstruksi penahan tanah yang besar pula. Pada kasus galian dalam, selain angka keamanan pada galian perlu pula dianalisis angka

keamanan pada dinding penahan sebagai penyangga galian tersebut. Pada penelitian ini diafragma wall merupakan konstruksi yang digunakan sebagai penahan galian tanah. Dengan menganalisis besarnya bending momen pada *diafragma wall* yang terjadi menggunakan program *PLAXIS* selanjutnya dapat ditentukan besarnya angka keamanan *diafragma wall* pada penelitian ini. Permodelan tanah menggunakan permodelan Mohr – Coloumb yang di analisis dengan analisis *drained* dan *undrained* menggunakan parameter total dan efektif digunakan pada penelitian ini. Pada penelitian ini akan

diannalis pengaruh pemilihan parameter tanah terhadap angka keamanan diafragma wall.

TINJAUAN PUSTAKA

Faktor Keamanan Diafragma Wall

Perhatian utama pada suatu perencanaan dan pelaksanaan pada penggalian adalah pengaruh yang kuat pada konstruksi yang berhubungan dengan pergerakan tanah pada terhadap properti dan sarana disekitarnya. Selama penggalian tegangan pada tanah disekeliling daerah galian berubah. Perubahan paling besar pada sisi dinding penahan yaitu berkurangnya tegangan pada permukaan galian hasil dari pegerakan tanah secara horizontal diikuti pergerakan tanah secara vertikal pada suatu keseimbangan dan meningkatnya tegangan vertikal akibat menurunnya muka air tanah akibat penurunan segera dan konsolidasi pada tanah. Pergerakan tanah ini dapat menyebabkan bangunan khususnya pondasi mengalami translasi, rotasi, deformasi, distorsi dan akhirnya mengakibatkan kerusakan, jika jaraknya melebihi batas yang ditolensi .

Bila suatu dinding dalam keadaan diam, yaitu bila suatu dinding tidak bergerak ke satu arah baik ke kanan maupun ke kiri dari posisi awal, maka massa tanah tersebut dalam keadaan keseimbangan elastik. Rasio antara tekanan arah vertikal dan horizontal dinamakan koefisien tekanan tanah dalam keadaan diam (*Ko*) dengan

$$Ko = \sigma_h / \sigma_v \dots\dots\dots (1)$$

Menurut Jaky (1944) , *Ko* untuk tanah berbutir :

$$Ko = 1 - \sin \Phi \dots\dots\dots (2)$$

Menurut Brooke dan Ireland (1965), *Ko* untuk tanah lempung :

$$Ko = 0,95 - \sin \Phi \dots\dots\dots (3)$$

Jika suatu dinding yang membatasi suatu massa tanah tersebut diijinkan bergerak, maka tekanan tanah horizontal dalam element tersebut akan berkurang secara terus menerus dan akhirnya dicapai suatu keseimbangan plastis. Kondisi tersebut dinamakan sebagai kondisi aktif.

Menurut Rankine (1857) tekanan tanah yang bekerja pada dinding tersebut (σ_a) dinamakan tekanan tanah aktif:

$$\sigma_a = \sigma_v \times k_a - 2c \sqrt{k_a} \text{ , } k_a = \text{ koefisien tekanan tanah aktif} = \text{tg}^2 (45 - \Phi/2)$$

Sedangkan keadaan tanah pasif adalah apabila suatu dinding didorong untuk masuk secara perlahan-lahan kearah dalam tanah, maka tegangan horizontal (σ_h) akan bertambah secara terus menerus . Pada keadaan ini, keruntuhan tanah akan terjadi yang dikenal sebagai tekanan tanah pasif.

Menurut Rankine (1857) tekanan tanah yang bekerja pada dinding tersebut (σ_p) dinamakan tekanan tanah pasif

$$\sigma_p = \sigma_v \times k_p + 2c \sqrt{k_a} \dots\dots\dots (4)$$

$$k_p = \text{ koefisien tekanan tanah pasif} = \text{tg}^2 (45 + \Phi/2) \dots\dots\dots (5)$$

Dalam menghitung batas ultimit suatu dinding penahan tanah, harus diperhitungkan hal-hal berikut ini :

1. Stabilitas keseluruhan struktur
2. Keruntuhan akibat *heaving*
3. Keruntuhan akibat tekanan hidrolik

Analisis faktor keamanan suatu lereng dapat menggunakan konsep gaya maupun konsep momen. Pada penelitian ini faktor keamanan *diafragma wall* dianalisis dengan konsep momen yang didapat dengan membagi momen *ultimate diafragma wall* dengan momen maksimum *diafragma wall*. Momen maksimum didapat dari hasil analisis dengan *PLAXIS*, seperti yang terdapat pada formula dibawah ini :

$$SF = \frac{\text{Momen Ultimate}}{\text{Momen}_{\max} \text{ Diafragma Wall}} \dots\dots (6)$$

Permodelan Mohr – Coloumb

Permodelan tanah dalam menganalisis keruntuhan tanah dalam geoteknik ada beberapa macam . Pada penelitian ini digunakan permodelan c . Model Mohr – Coloumb adalah model elastis- plastis yang terdiri dari lima buah parameter:

- a. E dan ν untuk memodelkan elastisitas tanah
- b. Φ dan c untuk memodelkan plastisitas tanah
- c. Ψ sebagai sudut dilatasi

Model c disarankan untuk analisis awal masalah geoteknik yang dihadapi. Model ini mempunyai nilai kekakuan rata-rata yang konstan. Karena kekakuannya yang konstan itu maka perhitungannya cenderung cepat sehingga dapat diperoleh bentuk deformasi dari model secara cepat. Disamping kelima parameter diatas, kondisi tegangan awal dari tanah memegang peranan penting dari seluruh masalah deformasi tanah. Tegangan horizontal tanah

harus dibentuk terlebih dahulu dengan menentukan nilai *Ko* yang tepat.

Adapun kriteria keruntuhan yang diajukan oleh Mohr Coloumb (1773), Coloumb menyarankan bahwa keruntuhan yang terjadi pada kondisi kuat geser tanah, tegangan normal yang terjadi memenuhi persamaan berikut ini:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \Phi \dots\dots\dots (7)$$

Undrined Drained Shear Strength

Pada kondisi *undrained shear strength*, kadar air dan volume pada suatu lempung adalah konstan dan *excess pore pressure* dihasilkan. *Shear strength* pada kondisi ini didefinisikan sebagai *undrained shear strength*.

Jika lempung *saturated* pada kondisi *undrained* dianalisis pada kondisi total, perhitungan tekanan air pori tidak diperlukan. Dibawah kondisi ini dimana $\Phi = 0$ metode yang digunakan untuk analisis ini adalah *undrained shear strength* yang sama dengan nilai kohesi pada keruntuhan Coulomb untuk tegangan total. Untuk asumsi ini, *undrained shear strength* untuk lempung *saturated* tidak berpengaruh pada perubahan *confining pressure* selama kadar air tidak berubah.

Drained Shear Strength

Berdasarkan *effective stress principle*, ketahanan maksimum geser pada tanah bukan merupakan fungsi dari tegangan normal, tetapi perbedaan antara tegangan normal dan tekanan air pori, seperti ketika tanah digali, volume tanah berubah yang akan menyebabkan perubahan tekanan air pori Δu . Perubahan pada tekanan air pori ini bisa meningkat atau menurun dari waktu ke waktu tergantung tipe tanah dan tipe

tegangan yang terjadi. Pada kondisi *fully drained* (waktu yang lama) Δu terdisipasi sehingga $\Delta u = 0$. Untuk *partially drained* atau kondisi *undrained*, nilai dari Δu tergantung dari pembeban dibandingkan dengan drainase dalam tanah. Perubahan tekanan air pori, yang disebabkan oleh perubahan tegangan pada kondisi *undrained*.

METODE PENELITIAN

Analisis angka keamanan diafragma dilakukan pada studi kasus pembangunan gedung basement di Jakarta yang menggunakan konstruksi penahan tanah berupa *diafragma wall* menggunakan software *PLAXIS*. Pada penelitian ini akan faktor keamanan terhadap *diafragma wall* didapat membagi momen *ultimate diafragma wall* dengan momen maksimum *diafragma wall* yang didapat dari hasil analisis dengan *PLAXIS*. Adapun hal-hal yang akan dibahas pada makalah ini menyangkut studi pemodelan tanah Mohr Coulomb dengan analisis *drained* dan *undrained*. Keluarannya akan berupa perhitungan bending momen yang terjadi pada dinding penahan tanah. Adapun pendekatan parameter yang dipelajari pada penelitian ini menyangkut analisis pemodelan Mohr Coulomb ini adalah analisis *undrained* dan *drained* menggunakan parameter total dan efektif. Pada penelitian ini, pemodelan Mohr Coulomb dilakukan tiga pendekatan parameter yaitu :

- Metode A : Analisis *undrained* menggunakan parameter total
- Metode B : Analisis *undrained* menggunakan parameter efektif

- Metode C : Analisis *drained* menggunakan parameter efektif

Tahapan Konstruksi Galian Dalam

Tahap konstruksi galian dalam ini dimodelkan dalam program *PLAXIS* sesuai dengan kondisi lapangan, diawali dengan pemasangan konstruksi penahan tanah berupa *diafragma wall*. Galian ini menggunakan *diafragma wall* dengan tebal 0,6 m dan pelat lantai dengan tebal 28 cm

Setelah itu dilakukan tahapan penggalian. Galian dalam ini dilakukan dalam 3 tahapan galian dengan pemasangan pelat lantai pada tiap galian yang menggunakan metode *top down*. Pada kegiatan konstruksi dengan metode *top down*, lantai dasar pada permukaan tanah dapat dipasang setelah *diafragma wall* dan *bore pile* serta kolom-kolom selesai dipasang. Tanah kemudian digali dari bawah lantai sampai ke level selanjutnya dan dipindahkan melalui lubang bukaan pada pelat lantai. Adapun tahapan penggalian menyangkut :

- Pekerjaan penggalian tahap I, pada kedalaman 0 m -2,5 m
- Pemasangan pelat lantai 1, pada kedalaman 2 m
- Pekerjaan penggalian tahap II, pada kedalaman 2,5 m -7 m
- Pemasangan pelat lantai 2, pada kedalaman 5 m
- Pekerjaan penggalian tahap III, pada kedalaman 7 m -11 m

Parameter Tanah

Adapun parameter tanah yang akan digunakan dalam analisis galian akan diuraikan pada Tabel 1 dibawah ini.

Material type yang digunakan pada penelitian ini adalah *drined* dan *undrined*. Untuk analisis *drained* dan *undrined* yang menggunakan parameter efektif nilai $c = 0,2 \text{ kN/m}^2$ pada tiap lapisan.

Tabel 1 Parameter Tanah

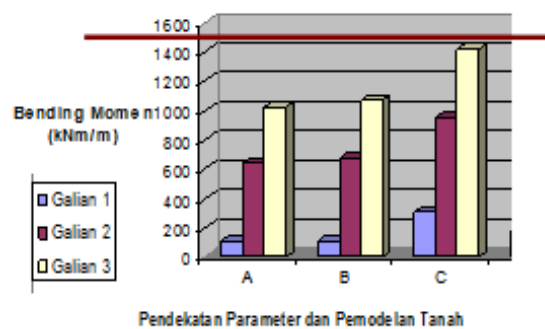
| Depth (m) | Soil Description | γ dry (kN/m ³) | γ wet (kN/m ³) | k_x - k_y (m/day) |
|-----------|-------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 0-1 | Aspal urugan | 20,0 | 25,0 | 86,4 |
| 1-13,5 | Lempung kelanauan | 14,5 | 19,5 | $8,64 \times 10^{-3}$ |
| 13,5-25,5 | Pasir Halus | 15 | 20,0 | 0,864 |
| 25,5 -27 | Pasir Halus Kelempungan | 16 | 21,0 | 0,0864 |
| 27-33,5 | Pasir Halus 2 | 15 | 20,0 | 0,864 |
| 33,5-41,5 | Pasir Kasar Berkerikil | 19 | 24,0 | 86,4 |
| 41,5-50 | Cadas Kepasiran | 19 | 24,0 | 86,4 |

| Depth (m) | Soil Description | ν | N | ϕ' (°) | E (kN/m ²) |
|-----------|-------------------------|-------|-------|-------------|------------------------|
| 0-1 | Aspal urugan | 0,30 | 3 | 10 | 8775,00 |
| 1-13,5 | Lempung kelanauan | 0,35 | 3 | 13 | 8775,00 |
| 13,5-25,5 | Pasir Halus | 0,30 | 7,17 | 27 | 20972,25 |
| 25,5 -27 | Pasir Halus Kelempungan | 0,35 | 2 | 23 | 5850,00 |
| 27-33,5 | Pasir Halus 2 | 0,30 | 22,33 | 29 | 65315,25 |
| 33,5-41,5 | Pasir Kasar Berkerikil | 0,30 | 60 | 31 | 175500,00 |
| 41,5-50 | Cadas Kepasiran | 0,35 | 60 | 32 | 175500,00 |

HASIL DAN PEMBAHASAN

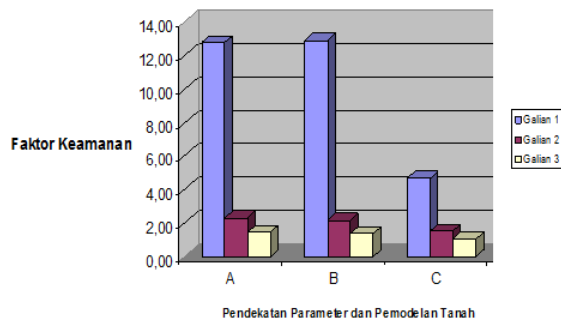
Dari hasil analisis menggunakan program PLAXIS didapat nilai bending momen pada diafragma wall untuk masing-masing analisis. Gambar 1 berikut ini menunjukkan besarnya bending momen maksimum yang terjadi pada dinding penahan tanah pada masing-masing metode pada tiap tahapan galian. Faktor Keamanan terhadap *diafragma wall* didapat membagi momen *ultimate diafragma wall* sebesar 1450 kNm dengan momen maksimum *diafragma wall* yang didapat dari hasil analisis dengan PLAXIS, seperti yang terdapat pada formula dibawah ini :

$$SF = \frac{\text{Momen Ultimate}}{\text{Momen}_{\text{max}} \text{ Diafragma Wall}}$$



Keterangan :
— Batas *ultimate* bending momen

Gambar 1. Bending momen maksimum pada *diafragma wall*



Gambar 2. Faktor keamanan *diafragma wall*

Berikut adalah diagram yang menunjukkan besarnya faktor keamanan terhadap diafragma wall pada masing-masing metode A, B, C, D dan E pada tiap-tiap galian.

Dari gambar 2 terlihat bahwa semakin dalam galian faktor keamanan galian yang didapat semakin kecil. Analisis galian dalam menggunakan analisis *drained* memberikan faktor keamanan yang kecil dibandingkan *undrained*. Dari Angka keamanan yang paling kecil didapat dalam desain galian dalam keadaan kritis terjadi pada kondisi *drained*. Untuk itu disarankan penggunaan analisis *drained* pada analisis galian dalam, sebagaimana telah diungkapkan pada beberapa teori tentang pemilihan parameter pada galian dalam

DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson, JH (1982) .The Mechanic of Soil, McGraw-Hill Book Company UK, England
- Abramson, Lee W (1996).Slope Stability and Stabilization Methods, A Willey-Interscience Publication, USA
- Bowles, JE (1991) .Sifat-Sifat Fisik dan Geoteknis Tanah, Erlangga, Jakarta
- Brinkgreve, R.B.J (1998). Plaxis 2D-Versi 8 , A.A Balkema, Rotterdam
- Britto,AJ (1987). Crtical State soil Mechanic Via Finite Elements, Ellis Harwood Limited , USA
- Edil,Tuncer (1982). Seepage ,Slope and Embankments, Departement of Civil And Environmental Engineering Unoversity of Wiswconsin-Madison
- Gue, S,S and Y.C Tan. (1998) .“Design and Constuction Consideration for Deep Excavtion” SSP Geotechnics Sdn Bhd, Selangor, 1-20.