

ANALISIS STABILITAS LERENG BATUAN DENGAN METODE PERKUATAN GROUND ANCHOR & SOIL NAILING DI LABUAN BAJO, NTT

Lois Caroline Setiawan¹, Gregorius Sandjaja Sentosa² dan Ali Iskandar³

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl.Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: lois30caroline@gmail.com

² Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl.Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: Gregoriuss@ft.untar.ac.id

³ Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl.Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: ali.iskandar1999@gmail.com

ABSTRAK

Stabilitas lereng yang akan ditinjau berada di daerah Labuan Bajo, Nusa Tenggara Timur. Bahaya longsor yang dapat terjadi di sekitar lereng sudah dapat teridentifikasi sejak awal perencanaan, namun hal tersebut diabaikan oleh pihak terkait sehingga penggalian tanah dilakukan secara langsung dengan sudut kemiringan lereng 70° dengan tinggi lereng >20 m tanpa adanya perkuatan. Sehingga pada tanggal 22 Agustus 2017 terjadi longsor yang menyebabkan munculnya retakan pada tepi jalan raya. Maka, diperlukan back analysis untuk memperoleh kestabilan lereng. Perkuatan yang digunakan adalah ground anchors dan soil nailing dengan sudut kemiringan pemasangan 30° dan pemasangan dilakukan setiap jarak 2 m. Back analysis ini dibantu dengan 2 program yaitu Plaxis 2D dan Geoslope Slope/W dengan kondisi undrained dan drained. Setelah dilakukan perkuatan, diperoleh nilai keamanan pada program Plaxis 2D adalah 2.7 untuk kondisi undrained dan 2.4 untuk kondisi drained. Selain itu, pada program Plaxis 2D akan menghasilkan nilai deformasi dan gaya tarik yang terjadi pada masing-masing perkuatan. Sedangkan pada program Slope/W hanya menghasilkan pola keruntuhan dan nilai keamanan. Nilai keamanan yang diperoleh untuk kondisi undrained berkisar 2.5 dan kondisi drained berkisar 2.2-2.4.

Kata kunci: stabilitas lereng, nilai keamanan, soil nailing, ground anchor, Plaxis 2D, Slope/W

1. PENDAHULUAN

Lereng terdiri dari lereng buatan dan lereng alami yang terbentuk dari kontur bumi. Maka, dapat diartikan lereng adalah permukaan tanah yang memiliki perbedaan ketinggian yang dibentuk oleh manusia maupun alamiah dengan sudut kemiringan tertentu yang diukur dari arah horizontal. Lereng dapat menjadi tidak stabil sehingga dapat menyebabkan sebuah kegagalan (longsor) yang diakibatkan oleh kuat geser tanah yang lebih kecil dibandingkan dengan tegangan geser yang terjadi pada lereng.

Dalam menangani hal tersebut, diperlukan analisis stabilitas lereng dengan parameter tanah yang telah disediakan. Dimana dalam menganalisis stabilitas lereng nilai faktor keamanan harus perlu diperhitungkan. Karena dengan semakin tingginya nilai faktor keamanan, potensi lereng mengalami kegagalan akan kecil. Kemudian, setelah melakukan analisis maka diperlukan penentuan konstruksi perkuatan lereng yang efisien. Analisis stabilitas lereng dapat dibantu dengan 2 *software* yaitu *Plaxis 2D* dan *Geoslope*. Untuk kasus yang terjadi di Labuan Bajo desain awal yang digunakan adalah *soil nailing*. Namun, karena masalah waktu pekerjaan pihak-pihak yang terkait mengabaikan langkah pelaksanaan yang harus diikuti sehingga langsung dilakukan penggalian sehingga menyebabkan kelongsoran yang akan diperkuat dengan *ground anchor* dan *soil nailing*. Tujuan penelitian ini adalah menganalisis perbedaan *safety factor*, deformasi, dan gaya tarik yang terjadi pada lereng setelah diberikan perkuatan, mengetahui pola keruntuhan yang terbentuk, menganalisis perbedaan kondisi *undrained* dan *drained* pada *software Plaxis 2D* dan *Geoslope*.

Faktor keamanan stabilitas lereng

Menurut SNI 8460:2017 “Persyaratan Perancangan Geoteknik”, nilai faktor keamanan untuk lereng batuan yang stabil dapat dilihat pada tabel 1. Selain itu, Bowles (1984:597) menyatakan nilai keamanan berdasarkan studi keruntuhan lereng pada tabel 2.

Tabel 1 Rekomendasi Nilai Faktor Keamanan Untuk Lereng Batuan

| Kondisi Lereng Batuan | Rekomendasi nilai faktor keamanan |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Kondisi Permanen | 1.5 |
| Kondisi Sementara | 1.3 |

Tabel 2 Faktor Keamanan Berdasarkan Studi Keruntuhan Lereng

| Faktor Keamanan | Kondisi |
|----------------------|----------------------------|
| $F < 1.07$ | Keruntuhan dapat terjadi |
| $1.07 < F \leq 1.25$ | Keruntuhan mungkin terjadi |
| $F > 1.25$ | Keruntuhan jarang terjadi |

Ground anchor* (angkur tanah) dan *soil nailing

Ground anchors merupakan salah satu cara perbaikan konstruksi tanah yang berfungsi untuk menyalurkan gaya tarik yang bekerja pada ankur ke lapisan tanah atau batuan pendukung. Gaya tarik tersebut berfungsi untuk memberikan keseimbangan antara ankur, struktur yang akan diangkur, dan pada tanah yang ada disekitarnya. *Soil nailing* adalah suatu perkuatan lereng yang bersifat pasif dengan menggunakan batang baja (*nail bar*) yang berfungsi untuk memindahkan beban ke tanah sekitar *soil nailing*. Efek yang diberikan adalah meningkatkan gaya normal dan perlawanan tahanan geser tanah selama terjadi potensial gelincir dan mengurangi gaya dorong pada bidang gelincir.

Plaxis 2D

Program *plaxis* merupakan program yang didasarkan oleh metode elemen hingga (*finite element*) yang menyimulasikan perilaku tanah untuk mendapatkan nilai deformasi dan stabilitas dari suatu struktur geoteknik yang dibangun. Analisis perhitungan yang dilakukan pada kondisi *plane-strain* dan *axis-symmetric*. Model geometri ini terdiri dari *points*, *lines*, dan *clusters*.

Geoslope

Geoslope merupakan suatu program yang didasarkan pada metode prinsip kesetimbangan gaya (*limit equilibrium*). Fungsi dari program ini adalah untuk menghitung faktor keamanan berdasarkan kondisi pelapisan material. Program ini didasarkan pada metode *limit equilibrium*, analisis kelongsoran yang akan dihitung dengan mengasumsikan bidang kelongsoran menjadi *circular* atau *non circular* yang dibagi menjadi beberapa bagian (*slices*).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Metode pengumpulan dan analisis data

Data yang digunakan diperoleh dari 7 data *bore log* lama dan 4 data *bore log* baru. Data tersebut digunakan untuk korelasi parameter tanah yang akan di *input* ke dalam *Plaxis 2D* dan *Geoslope*. Parameter tanah dibedakan menjadi kondisi *undrained* dan *drained*.

Pemodelan lereng dan perkuatan lereng

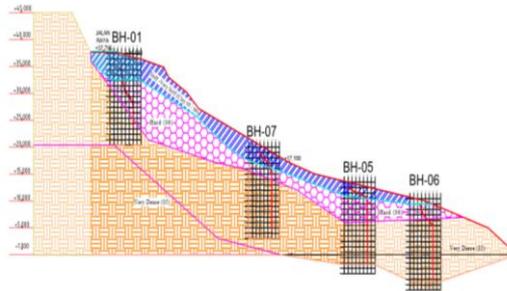
Pemodelan lereng menggunakan *Plaxis 2D* dan *Geoslope*, lereng tersebut akan digali secara langsung sampai kedalaman 28.5 yang selanjutnya dicek nilai keamanannya. Jika nilai yang diperoleh ≥ 1.5 , diperlukan reduksi parameter hingga mendekati nilai 1.07 untuk mengkondisikan keadaan sesuai lapangan yang mengalami longsor. Setelah didapat, gunakan parameter tersebut dan lakukan pemodelan perkuatan dengan *ground anchor* dan *soil nailing* sehingga diperoleh nilai SF ≥ 1.5 .

3. HASIL PEMBAHASAN

Back analysis yang akan dilakukan untuk menganalisis kelongsoran yang terjadi di Labuan Bajo akan dibantu dengan 2 program yaitu *Plaxis 2D* dan *Geoslope*. Lereng akan dikondisikan menjadi *undrained* dan *drained*. Pada program *Geoslope* perhitungan analisis akan dilakukan dengan menggunakan metode *grid and radius*.

Klasifikasi tanah pada lereng longsor

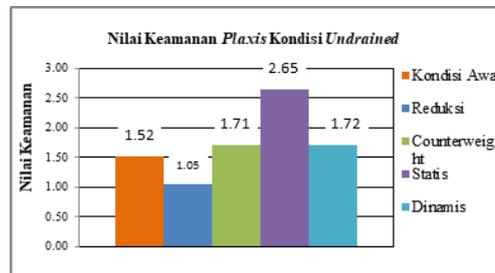
Berdasarkan hasil data *bore log*, diperoleh klasifikasi tanah yang terkandung terdiri dari 3 lapisan yaitu lapis 1 dengan tipe *Clay (Stiff-V.Stiff)*, lapis 2 dengan tipe *Clay, (Hard)*, dan lapis 3 dengan tipe *Sand (V.Dense)* yang dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1 Klasifikasi Tanah

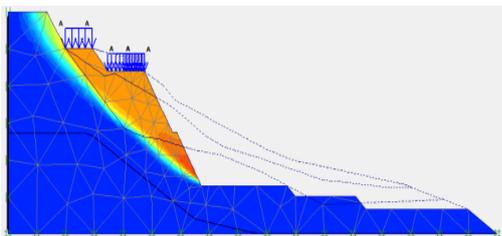
Hasil analisis lereng kondisi *undrained* pada *plaxis 2D*

Pada kondisi *undrained* dilakukan analisis pada tahapan penggalian secara langsung sampai kedalaman 28.5 m, kemudian dilakukan reduksi parameter karena nilai SF yang tidak mendekati 1.07, dilakukan penanganan sementara dengan *counterweight* pada kaki lereng, dan pada tahap terakhir pemodelan perkuatan lereng untuk keadaan statis dan dinamis (gempa). Nilai keamanan yang dihasilkan pada masing-masing tahapan dapat dilihat pada gambar 2.

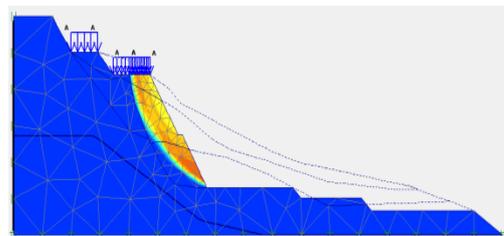


Gambar 2 Rangkuman Nilai Keamanan Kondisi *Undrained Plaxis 2D*

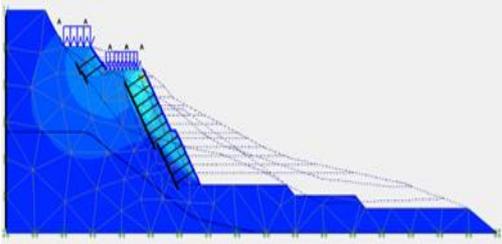
Berdasarkan gambar 2, nilai keamanan setelah dilakukan perkuatan meningkat sehingga lereng dikatakan telah stabil dan memenuhi syarat keamanan untuk statis $SF \geq 1.5$ dan dinamis $SF \geq 1.3$. Pola kelongsoran yang terjadi dapat dilihat pada gambar 3,4,5, dan 5.



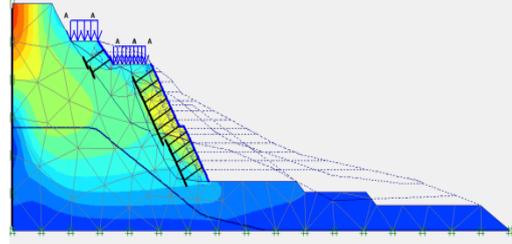
Gambar 3 Pola Kelongsoran *Undrained* Untuk Kondisi Awal



Gambar 4 Pola Kelongsoran *Undrained* Untuk Reduksi Parameter



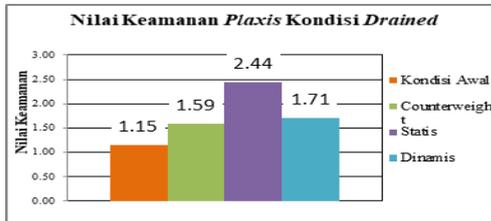
Gambar 5 Pola Kelongsoran *Undrained* Perkuatan Lereng Keadaan Statis *Plaxis 2D*



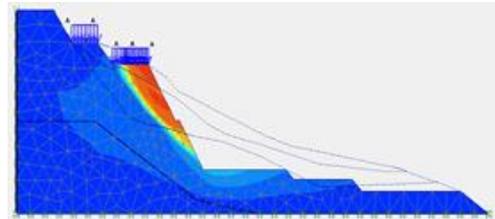
Gambar 6 Pola Kelongsoran *Undrained* Perkuatan Lereng Keadaan Dinamis *Plaxis 2D*

Hasil analisis lereng kondisi *drained* pada *plaxis 2D*

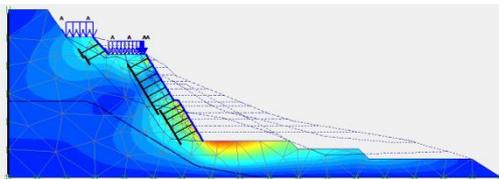
Pada kondisi *drained* tidak dilakukan reduksi karena nilai SF saat penggalian langsung sudah mendekati nilai 1.07. Gambar 7 adalah nilai keamanan pada tahapan penggalian langsung sampai dilakukan perkuatan. Pola keruntuhan yang dihasilkan pada masing-masing tahapan dapat dilihat pada gambar 8,9, dan 10.



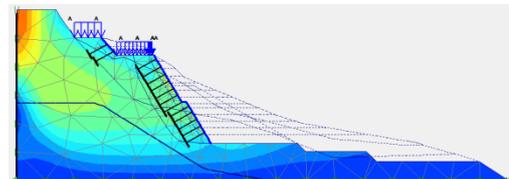
Gambar 7 Rangkuman Nilai Keamanan *Drained* *Plaxis 2D*



Gambar 8 Pola Kelongsoran *Drained* Kondisi Awal



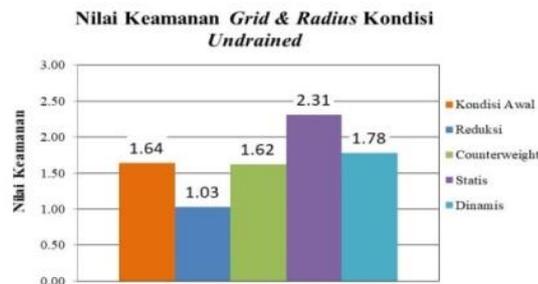
Gambar 9 Pola Kelongsoran *Drained* Keadaan Statis *Plaxis 2D*



Gambar 10 Pola Kelongsoran *Drained* Keadaan Dinamis *Plaxis 2D*

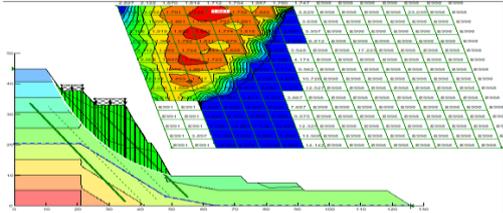
Hasil analisis lereng kondisi *undrained* pada *geoslope* dengan metode *grid and radius*

Dalam program *Geoslope* hasil yang diperoleh adalah nilai keamanan pada gambar 11 dan bidang longsor yang berbentuk *circular*. Perkuatan pada program ini dimodelkan sebagai *point loads*. Besaran *point loads* untuk *soil nailing* sebesar 27.579 kN untuk keadaan statis dan keadaan dinamis sebesar 270.995 kN. Sedangkan, untuk *ground anchor* berasal dari gaya *prestress* 642.95 kN.

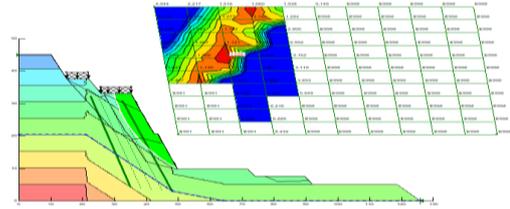


Gambar 11 Rangkuman Nilai *Undrained* Pada *Geoslope* Metode *Grid and Radius*

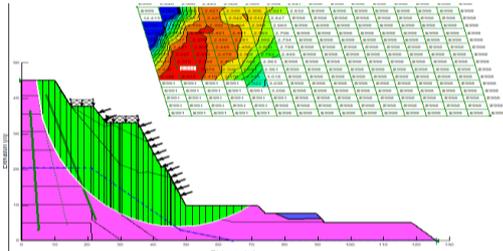
Berdasarkan gambar 11, nilai keamanan dari program *Geoslope* pada saat perkuatan digunakan lereng dinyatakan stabil. Pola kelongsoran dapat dilihat pada gambar 12,13,14, dan 15.



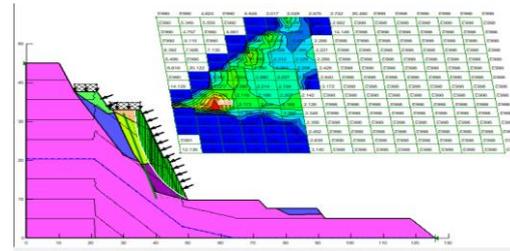
Gambar 12 Pola Kelongsoran *Undrained* Kondisi Awal Metode *Grid and Radius*



Gambar 13 Pola Kelongsoran *Undrained* Untuk Reduksi Parameter Metode *Grid and Radius*



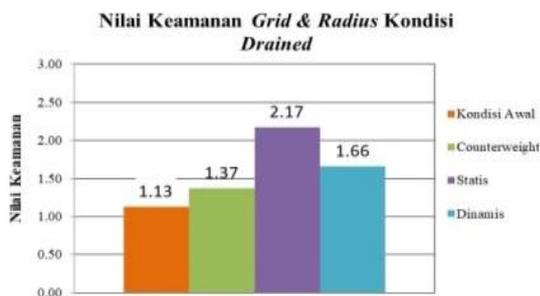
Gambar 14 Pola Kelongsoran *Undrained* Keadaan Statis Metode *Grid and Radius*



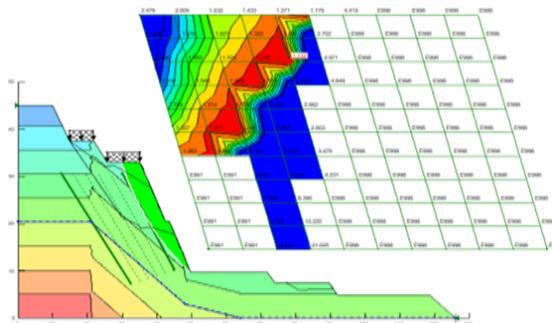
Gambar 15 Pola Kelongsoran *Undrained* Keadaan Dinamis Metode *Grid and Radius*

Hasil analisis lereng kondisi *drained* pada pada *geoslope* dengan metode *grid and radius*

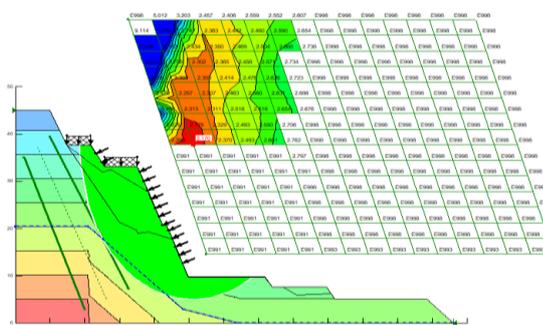
Tahapan dalam menganalisis kondisi *drained* dengan program *Geoslope* sama seperti pada *Plaxis 2D* yang tidak memerlukan reduksi parameter. Nilai keamanan yang dihasilkan pada kondisi *drained* dapat dilihat pada gambar 16 yang menyatakan bahwa lereng sudah dalam keadaan stabil setelah adanya perkuatan. Pada pemasangan perkuatan dimana untuk keadaan statis pada *nailling* besaran *point loads* yang diberikan adalah 10.518 kN dan keadaan dinamis adalah 264.0849 kN. Sedangkan, untuk *ground anchor* diberikan beban sebesar 642.95 kN.



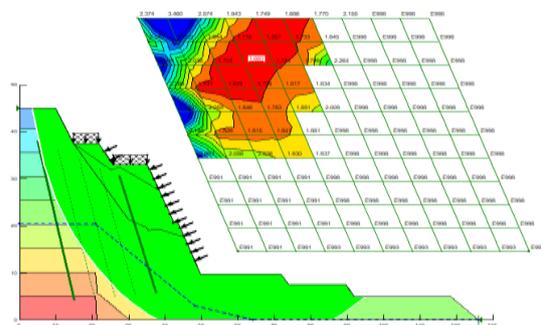
Gambar 16 Rangkuman Nilai Keamanan *Drained* Metode *Grid and Radius*



Gambar 17 Pola Kelongsoran *Drained* Kondisi Awal Metode *Grid and Radius*



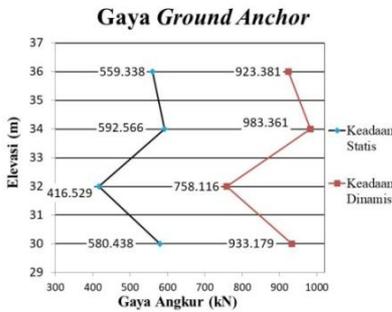
Gambar 18 Pola Kelongsoran *Drained* Keadaan Statis Metode *Grid and Radius*



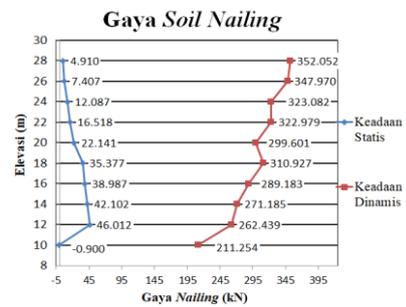
Gambar 19 Pola Kelongsoran *Drained* Keadaan Dinamis Metode *Grid and Radius*

Analisis perbedaan gaya *ground anchor* dan *soil nailing* pada keadaan statis dan dinamis

Analisis dengan menggunakan program *Plaxis 2D* akan menghasilkan gaya tarik yang bekerja pada *ground anchor* dan *soil nailing*. Gaya tarik yang dihasilkan untuk kondisi *undrained* akan ditampilkan melalui grafik pada gambar 20 dan 21.

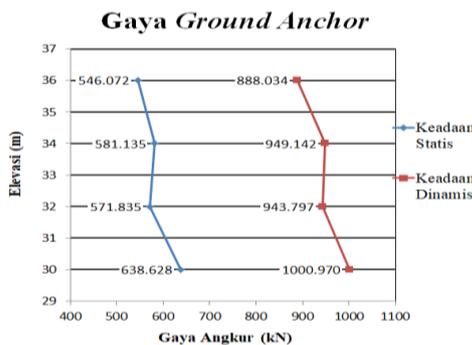


Gambar 20 Gaya Tarik Yang Bekerja Pada *Ground Anchor* Kondisi *Undrained*

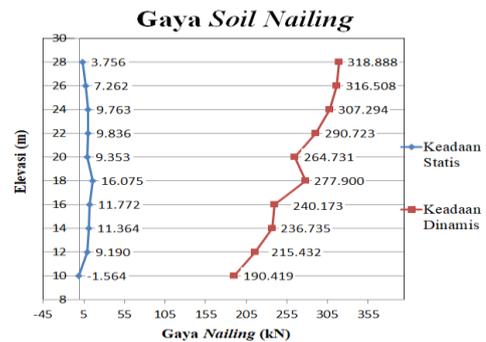


Gambar 21 Gaya Tarik Yang Bekerja Pada *Soil Nailing* Untuk Kondisi *Undrained*

Sedangkan, untuk gaya tarik yang bekerja pada *ground anchor* dan *soil nailing* untuk kondisi *drained* akan ditampilkan pada gambar 22 dan 23.



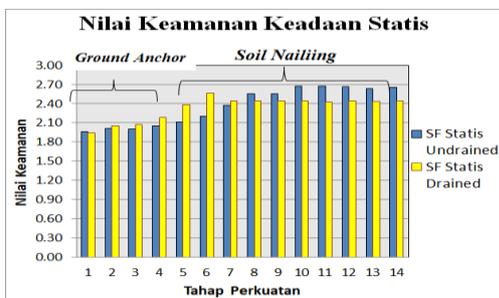
Gambar 22 Gaya Tarik Yang Bekerja Pada *Ground Anchor* Untuk Kondisi *Drained*



Gambar 23 Gaya Tarik Yang Bekerja Pada *Soil Nailing* Untuk Kondisi *Drained*

Analisis perbandingan perkuatan lereng kondisi *undrained* dan *drained* pada *plaxis 2D* dan *geoslope*.

Dalam melakukan analisis perkuatan lereng dengan mengkondisikan *undrained* dan *drained* akan menghasilkan nilai keamanan yang berbeda untuk kondisi *undrained* dan *drained* pada program *Plaxis 2D* yang terdapat pada gambar 24 dan 25.

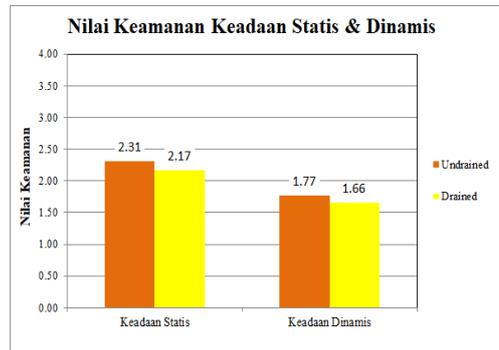


Gambar 24 Perbedaan Nilai Keamanan Kondisi *Undrained* dan *Drained* Pada Keadaan Statis



Gambar 25 Perbedaan Nilai Keamanan Kondisi *Undrained* dan *Drained* Pada Keadaan Dinamis

Selain dari program *Plaxis 2D* perbedaan nilai keamanan dapat dilihat dari program *Geoslope* pada metode *grid and radius* dapat dilihat pada gambar 26.



Gambar 26 Perbedaan Nilai Keamanan Untuk Kondisi *Undrained* dan *Drained* Metode *Grid & Radius*

Berdasarkan gambar diatas, baik dari program *Plaxis 2D* dan *Geoslope* dengan metode *grid and radius* menghasilkan nilai keamanan dimana kondisi *undrained* yang lebih besar dibandingkan dengan kondisi *drained*. Hal ini menyatakan bahwa lereng dalam kondisi kritis saat kondisi *drained*.

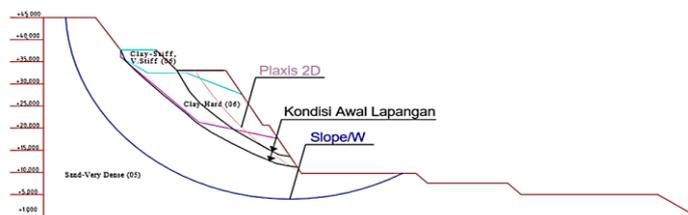
Analisis perbandingan program *plaxis 2D* dan *geoslope* saat perkuatan lereng

Perbandingan yang dihasilkan dapat dilihat dari nilai keamanan dan pola keruntuhan yang terjadi pada kedua program. Pada tabel 3 akan tertera nilai keamanan dari kedua program.

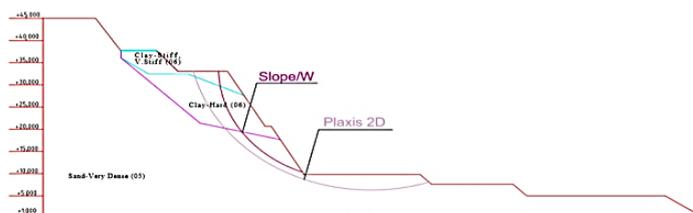
Tabel 3 Perbandingan Nilai Keamanan Pada *Plaxis 2D* dan Metode *Grid & Radius* Kondisi *Undrained* dan *Drained*

| Metode | Faktor Keamanan | | Metode | Faktor Keamanan | |
|--------------------------|-----------------|---------|--------------------------|-----------------|---------|
| | Statis | Dinamis | | Statis | Dinamis |
| <i>Plaxis Undrained</i> | 2.65 | 1.72 | <i>Plaxis Drained</i> | 2.44 | 1.71 |
| <i>Grid & Radius</i> | 2.31 | 1.76 | <i>Grid & Radius</i> | 2.17 | 1.66 |

Berdasarkan tabel 3, nilai keamanan yang dihasilkan tidak berbeda jauh. Namun, hal ini tidak dapat dijadikan acuan dan harus dilihat dari pola keruntuhan yang terjadi. Untuk kondisi *undrained* pada keadaan statis dapat dilihat pada gambar 27 dan keadaan dinamis pada gambar 28.

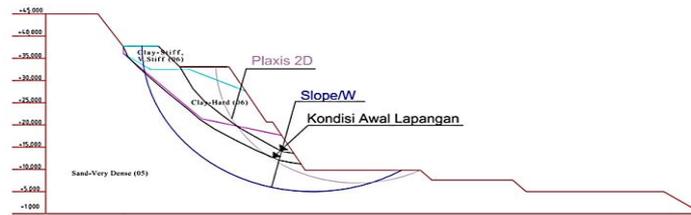


Gambar 27 Perbandingan Pola Keruntuhan *Undrained* Statis *Plaxis 2D* dan *Grid and Radius*

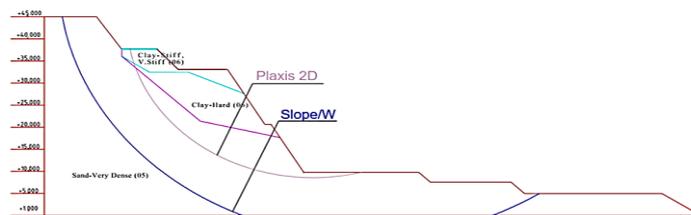


Gambar 28 Perbandingan Pola Keruntuhan *Undrained* Dinamis *Plaxis 2D* dan *Grid and Radius*

Sedangkan, pola keruntuhan pada kondisi *drained* statis terdapat pada gambar 29 dan *drained* dinamis pada gambar 30.



Gambar 29 Perbandingan Pola Keruntuhan *Drained* Statis *Plaxis 2D* dan *Grid and Radius*



Gambar 30 Perbandingan Pola Keruntuhan *Drained* Dinamis *Plaxis 2D* dan *Grid and Radius*

Berdasarkan pola keruntuhan yang terbentuk, hasil dari metode *Grid & Radius* cukup berbeda jauh dengan prediksi pola keruntuhan pada keadaan nyata dan hasil dari *Plaxis 2D*. Hal ini disebabkan karena pada metode ini kita mencari nilai keamanan dengan mengasumsikan titik pusat kelongsoran. Selain itu, pada metode ini pola yang terbentuk dipaksakan untuk menjadi pola *circular* dan dalam melakukan analisis dengan menggunakan program *Geoslope* tidak dimodelkan perkuatan yang digunakan seperti pada *Plaxis 2D*.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil *back analysis* yang dilakukan dengan menggunakan program *Plaxis 2D* dan *Geoslope* pada kondisi *undrained* dan *drained*, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pola gerakan massa yang terjadi berada diantara tipe pergerakan *single rotational slide* dan *multiple rotational slide*.
2. Perkuatan yang digunakan adalah *permanent ground anchor* dan *soil nailing* dengan jarak horizontal dan vertikal 2 m dengan sudut kemiringan 30°.
3. Setelah dilakukan *back analysis* nilai SF yang diperoleh dengan menggunakan *Plaxis 2D* dan program *Slope/W* dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4 Nilai Keamanan

| Metode Perhitungan | Nilai Keamanan | | | |
|--------------------|----------------|---------|---------|---------|
| | Undrained | | Drained | |
| | Statis | Dinamis | Statis | Dinamis |
| FEM | 2.65 | 1.72 | 2.44 | 1.71 |
| Grid & Radius | 2.31 | 1.76 | 2.17 | 1.66 |

4. Analisis stabilitas lereng dengan menggunakan program *Geoslope* dan *Plaxis 2D* menghasilkan nilai keamanan yang lebih kecil untuk kondisi *drained* dibandingkan kondisi *undrained*.
5. Perbedaan hasil dari program *Plaxis 2D* dengan metode *grid and radius* disebabkan karena konsep dasar perhitungan pada *grid and radius* adalah dengan menentukan titik-titik pusat dan radius lingkaran secara *trial and error*.

DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, J.E. (1991). *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah) Edisi kedua*. Jakarta : Erlangga.
- British Standard Institution. (1989). "Code of Practice For Ground Anchorages". Publikasi : BS 8081 : 1989.
- Budhu, Muni dan J.E. Bowles. (2007). *Soil Mechanic and Foundations 3rd Edition*. America : John Wiley & Sons, Inc.
- Byrne, R.J. (1996). "Manual for Design and Costruction Monitoring of Soil Nail Wall". Publikasi : FHWA-SA-96-069R . Washington, D.C. Federal Highway Administration.
- Hunt, Roy E. (2005). *Geotechnical Engineering Investigation Handbook (Second Edition)*. New York : Taylor & Francis Group.
- Plaxis 2D Tutorial Manual*. The Netherlands. (2016).
- Plaxis Material Models Manual*. The Netherlands. (2016).
- SNI 8460:2017. Persyaratan Perancangan Geoteknik.
- Terzaghi, Karl and Peck, B. Ralph.(1967). *Soil Mechanics in Engineering Practice, Second Edition*. New York : John Wiley & Sons.
- Wesley, Laurence D.(2012). *Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan & Residu*. Yogyakarta : Andi