

TINJAUAN STABILITAS LERENG AKIBAT BEBAN GEMPA DENGAN PEMODELAN NUMERIS (STUDI KASUS JALAN PLONO KEBUN TEH NGLINGGO KABUPATEN KULONPROGO YOGYAKARTA)

Oleh: Destiyani¹, Zainul Faizien Haza², Angga Darmawan¹

E-mail: destiyani096@gmail.com; zainul@ustjogja.ac.id; anggadarmawan93@gmail.com

ABSTRAK: Penelitian ini meninjau stabilitas lereng menggunakan metode numeris dan analitis. Pemodelan numeris dilakukan dengan menggunakan *software* Geoslope/W dan untuk analitis dengan Metode Bishop yang digunakan sebagai pembanding hasil analisis stabilitas. Dalam kedua metode yang digunakan, dilakukan juga perhitungan terhadap beban gempa dan beban yang bekerja pada lereng. Pada penelitian ini digunakan tiga jenis kemiringan lereng, yaitu 1,5H : 1V, 2H:1V dan 3H:1V. Hasil analisis faktor aman (SF) berdasarkan metode numeris, pada kemiringan 1,5H : 1V tanpa beban gempa diperoleh nilai SF sebesar 2,40 dan dengan beban gempa yaitu 1,81. Pada kemiringan 2H:1V tanpa beban gempa didapatkan 2,41 dan dengan beban gempa diperoleh 1,90. Pada kemiringan 3H:1V tanpa beban gempa didapatkan 2,73 dan dengan beban gempa yaitu 2,04 (aman). Adapun hasil analisis faktor aman (SF) yang diperoleh menggunakan metode analitis adalah pada kemiringan 1,5H : 1V tanpa beban gempa yaitu 1,31 dan dengan beban gempa yaitu 1,05. Pada kemiringan 2H:1V tanpa beban gempa didapatkan 2,03 dan dengan beban gempa yaitu 1,55. Pada kemiringan 3H:1V tanpa beban gempa didapatkan 2,07 dan dengan beban gempa diperoleh nilai 1,70.

Kata kunci: Beban Gempa, Stabilitas Lereng, Metode Numeris

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kemajuan teknologi di era modern ini telah membawa dampak yang besar di berbagai bidang, terutama pembangunan. Pengembangan di bidang pembangunan khususnya bidang geoteknik merupakan salah satu syarat pengetahuan harus dimiliki oleh para perencana geoenjineering. Geoteknik adalah bidang teknik sipil yang berhubungan dengan isu-isu yang berkaitan dengan sifat mekanik teknik sipil dan batuan lereng merupakan salah satu bentuk ilmiah dari proses geologi dengan memiliki sudut kemiringan tertentu terhadap bidang datar (horizontal), seperti lereng bukit atau lereng tebing sungai. Pada dasarnya, lereng merupakan struktur geoteknik yang dapat terjadi oleh alam maupun buatan manusia. Lereng merupakan struktur yang terbuat dari material tanah dan batuan. Permukaan tanah yang tidak selalu membentuk bidang datar dan mempunyai perbedaan elevasi antara satu permukaan dengan permukaan lainnya. Perbedaan elevasi pada lereng dengan kondisi tertentu dapat menyebabkan kelongsoran, oleh karena itu diperlukan suatu kajian tentang studi analisis lereng diperlukan untuk mendapatkan nilai SF (faktor keamanan)/keamanan lereng yang memenuhi syarat, karena perbedaan elevasi lereng pada kondisi tertentu dapat menyebabkan terjadinya longsor.

1) adalah staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa Yogyakarta

2) adalah staf pengajar Program Studi Teknik Sipil Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa Yogyakarta

Analisis stabilitas lereng adalah cara untuk menentukan apakah suatu lereng aman dari longsor. Longsoran yang terjadi harus diperhitungkan saat menilai kemiringan. Longsoran dapat terjadi secara perlahan atau tiba-tiba setiap saat, dengan atau tanpa tanda-tanda. Secara teknis, longsor disebabkan karena berkurangnya kuat geser tanah yang dipengaruhi oleh tekanan air pori.

1.2 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui berapa kemiringan lereng yang harus di capai agar mendapatkan nilai SF yang aman dari kelongsoran
2. Mengetahui perbandingan angka aman (SF) dengan menggunakan metode bishop dan analisis software Geoslope.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 TINJAUAN PUSTAKA

Hardiyatmo (1994) membagi penyebab kelongsoran pada lereng terdiri dari akibat pengaruh dalam (*internal effect*) dan pengaruh luar (*external effect*). Faktor internal penyebab terjadinya longsor adalah lemahnya daya ikat (kohesi) tanah/batuan yang lemah akibatnya partikel tanah/batuan dapat lepas dari ikatan dan menggerakkan partikel lain ke bawah membentuk massa yang lebih besar. Sedangkan faktor eksternal yang dapat mempercepat dan menjadi pemicu longsor tanah dapat terdiri dari berbagai faktor seperti kemiringan lereng, perubahan kelembaban tanah/batuan, tutupan lahan serta pola pengolahan lahan.

Pada umumnya proses terjadinya longsor dimulai dengan masuknya air yang meresap ke dalam tanah kedap akan menambah bobot tanah. Ketika air merembes ke tanah kedap air yang bertindak sebagai permukaan gelincir, tanah menjadi licin dan tanah lapuk di atasnya bergerak keluar dari lereng sepanjang lereng. Faktor penyebab terjadinya longsor yaitu gaya dorong lereng lebih besar daripada gaya hambat. Daya dorong dipengaruhi oleh besar kecilnya sudut kemiringan, air, beban, berat jenis tanah dan batuan, serta gempa. Retensi dipengaruhi oleh kekuatan batuan, tergantung pada kondisi batuan dan tanah. Penyebab pergerakan lereng adalah kondisi batuan dan tanah lereng, struktur geologi, curah hujan, tutupan vegetasi, dan penggunaan lahan lereng.

Chasanah (2012) menyatakan, lereng adalah suatu permukaan miring yang membentuk sudut tertentu terhadap suatu bidang horizontal. Pada tempat dimana terdapat dua permukaan tanah yang berbeda ketinggian, maka akan ada gaya-gaya yang mendorong sehingga tanah yang lebih tinggi kedudukannya cenderung bergerak ke bawah yang disebut gaya potensial gravitasi yang menyebabkan terjadinya tanah longsor.

Tabel 1. Klasifikasi lereng (Chasanah, 2012)

| Kemiringan N (%) | Klasifikasi | Kelas |
|------------------|----------------------|-------|
| 0-3 | Datar | A |
| 3-8 | Landai atau Berombal | B |
| 8-15 | Agak miring | C |
| 15-30 | Miring | D |
| 30-45 | Agak Curam | E |
| 45-65 | Curam | F |
| >65 | Sangat Curam | G |

2.2 ANALISIS STABILITAS LERENG

Analisis stabilitas lereng dapat dilakukan dengan menghitung faktor keamanan lereng menggunakan data sifat-sifat tanah, mekanika tanah, dan bentuk lereng. Secara khusus, dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan tersebut dapat lebih mempertajam analisis secara regional dengan memasukkan aspek fisik. Analisis stabilitas lereng diperlukan banyak faktor yang mempengaruhi hasil perhitungan, seperti kondisi tanah berlapis, kuat geser tanah anisotropik, dan airtanah. penetrasi, dan lain-lain. Lereng yang tidak stabil sangat berbahaya bagi lingkungan sekitarnya, oleh sebab itu analisis stabilitas lereng sangat diperlukan.

Faktor aman didefinisikan sebagai nilai banding antara gaya yang menahan dan gaya yang menggerakkan. Dalam analisis stabilitas lereng, beberapa anggapan dibuat yaitu:

1. Kelongsoran lereng terjadi disepanjang permukaan bidang longsor tertentu dan dapat dianggap sebagai masalah bidang 2 dimensi.
2. Massa tanah yang longsor dianggap sebagai benda masif.
3. Tahanan geser dari massa tanah pada setiap titik sepanjang bidang longsor tidak tergantung dari orientasi permukaan longsor, atau dengan kata lain kuat geser tanah dianggap isotropik.
4. Faktor aman didefinisikan dengan memperhatikan tegangan geser rata-rata sepanjang bidang longsor potensial, dan kuat geser tanah rata-rata sepanjang permukaan longsor. Jadi, kuat geser tanah mungkin terlampaui dititik-titik tertentu pada bidang longsornya.

Bentuk umum untuk perhitungan stabilitas lereng adalah mencari angka keamanan (SF) dengan membandingkan momen-momen yang terjadi akibat gaya yang bekerja.

$$SF = \frac{R \cdot c \cdot L_{AC}}{W \cdot y} \dots\dots\dots (1)$$

dimana:

- SF = Faktor keamanan
- W = Berat tanah yang akan longsor (kN)
- L_{AC} = Panjang lengkungan (m)
- c = Kohesi (kN/m^2)
- R = Jari-jari lingkaran bidang longsor yang ditinjau (m)
- y = Jarak pusat berat W terhadap O (m)

Untuk memperoleh nilai angka keamanan suatu lereng, maka perlu dilakukan *trial and error* terhadap beberapa bidang longsor yang umumnya berupa busur lingkaran dan kemudian

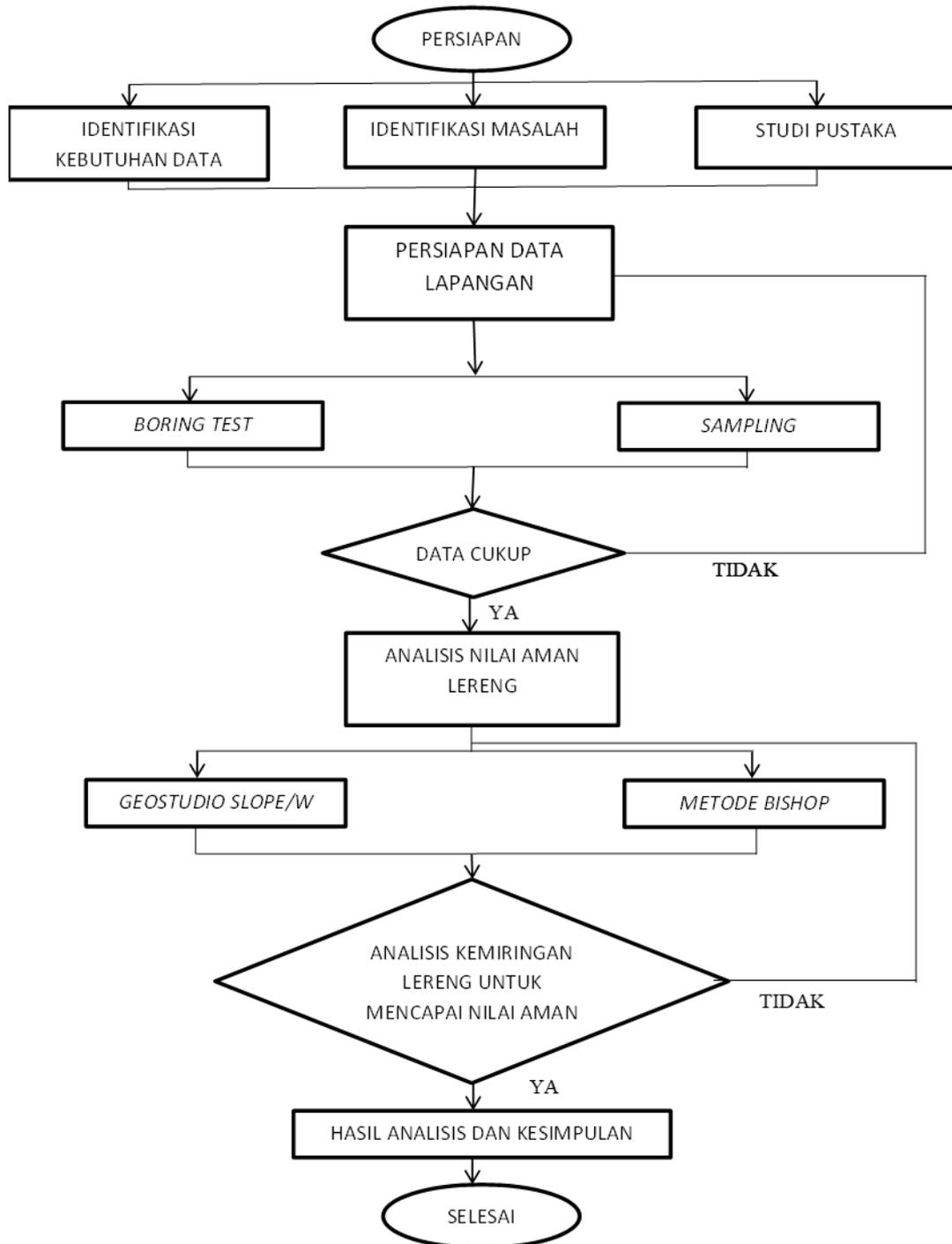
diambil nilai μ minimum sebagai indikasi bidang longsor kritis. Dalam penelitiannya, Bishop (1955) mendapatkan data hubungan tentang angka aman dan kejadian keruntuhan.

Tabel 2. hubungan angka aman (SF) dan kejadian keruntuhan (Emilda, 2021)

| Angka Aman (SF) | Kejadian |
|------------------------|---------------------------|
| $SF \leq 1,07$ | Keruntuhan biasa terjadi |
| $1,07 < SF \leq 1,25$ | Keruntuhan pernah terjadi |
| $SF > 1,25$ | Keruntuhan jarang terjadi |

3. METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi pekerjaan konstruksi Jalan Plono Kebun Teh Nglinggo Kabupaten Kulonprogo Yogyakarta. Titik awal pekerjaan berada dipertigaan Pasar Plono dan titik akhir berada di Kebun Teh Nglinggo sepanjang 3.470 m.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Persiapan data lapangan berupa data *sampling* dan *boring test*. Data *sampling* yang digunakan untuk menentukan kekuatan geser tanah dengan metode *Direct Shear Test*. Dari hasil uji laboratorium sampel *undisturbed* diperoleh nilai parameter sifat fisis dan teknis tanah.

Tabel 3. Data sampling tanah sampel

| Parameter | BH 03 | | | |
|--|---------------|---------------|----------------|----------------|
| | TB.1 (4.5 -5) | TB.2 (9.5-10) | TB.3 (14.5-15) | TB.4 (19.5-20) |
| <i>Index Properties</i> | | | | |
| Berat volume basah (γ_b) (gr/cm ³) | 1,871 | 1,883 | 1,888 | 1,896 |
| Berat volume kering (γ_d) (gr/cm ³) | 1,519 | 1,552 | 1,564 | 1,650 |
| Kadar air (W) (%) | 23,180 | 21,330 | 20,690 | 14,910 |
| Berat jenis (Gs) | 2,683 | 2,681 | 2,654 | 2,641 |
| Porositas (n) (%) | 43,387 | 42,112 | 41,057 | 37,524 |
| Angka pori (e) | 0,766 | 0,727 | 0,697 | 0,601 |
| Derajat saturasi (S) | 0,811 | 0,786 | 0,788 | 0,656 |
| Batas-batas konsistensi | | | | |
| Batas cair (%) | 60,460 | 62,550 | 42,570 | Batuan beku |
| Batas Plastis (%) | 30,640 | 31,400 | 27,380 | Batuan beku |
| Indek Plastisitas | 29,820 | 31,150 | 15,190 | Batuan beku |
| Distribusi ukuran butiran | | | | |
| Kerikil (%) | 5,230 | 5,960 | kompak | Batuan beku |
| Pasir (%) | 17,980 | 19,050 | kompak | Batuan beku |
| Lanau | 20,770 | 26,850 | kompak | Batuan beku |
| Lempung | 56,010 | 48,140 | kompak | Batuan beku |
| Kuat geser langsung | | | | |
| Kohesi (c) (kg/cm ²) | 2,000 | 2,143 | » | » |
| Sudut geser dalam (ϕ) (°) | 10,094 | 13,311 | >30 | >30 |
| Konsolidasi | | | | |
| Koefisien konsolidasi (c_v) (cm ² /det) | 0,040 | 0,057 | kompak | kompak |
| Koefisien kompresi (c_c) | 0,305 | 0,230 | kompak | kompak |
| Koefisien perubahan volume (m_v) (cm ² /kg) | 0,076 | 0,095 | kompak | kompak |

Tabel 4. Boring log (N-SPT)

| Kedalaman(m) | NSPT | Deskripsi |
|--------------|------|------------------|
| 2.6 | 4 | Tanah berpasir |
| 5,2 | 60 | Lempung berpasir |
| 7.6 | 60 | |
| 10 | 60 | |
| 12.6 | 60 | Pasir Berlanau |
| 15 | 60 | |
| 17.6 | 60 | Batuan |
| 20 | 60 | |

Tabel 5. Data Parameter Tanah

| Lapisan | γ_{sat} (KN/m ³) | γ_d (KN/m ³) | c (Kpa) | ϕ |
|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------|--------|
| Lapisan lempung berpasir | 26,320 | 14,904 | 196,132 | 10,094 |
| Lapisan lempung berlanau | 26,301 | 15,229 | 210,155 | 13,311 |
| Lapisan pasir lanau | 26,036 | 15,342 | 9,8066 | 30 |
| Batuan | 25,908 | 16,1825 | 9,8066 | 30 |

Nilai koefisien gempa berpengaruh terhadap pembebanan tanah dan gaya lateral tanah terhadap dinding penahan tanah.

1. Perhitungan koefisien gempa untuk keamanan lereng menggunakan periode ulang 100 tahun.
2. Lokasi penelitian proyek ruas jalan Plogo-Kebun the nglinggo Kabupaten gunung kidul, Yogyakarta yang secara geografis terletak antara 7 o 38'42" - 7 o 59'3" Lintang Selatan dan 110°1'37" - 110°16'26" Bujur Timur dengan koefisien zona (Z = 0,50)
3. Koreksi pengaruh jenis tanah pada lokasi proyek yaitu jenis tanah lempung ($v = 1,20$)
4. Percepatan gempa maksimum yang terkoreksi dipermukaan tanah untuk periode ulang 100 tahun ($a_d = 114\text{cm/det}^2$).
5. Percepatan gempa dasar untuk periode ulang 100 tahun ($a_c = 190$)
6. Koefisien gempa vertical dan horizontal dihitung sebagai berikut:
 Koefisien gempa horizontal $k_h = a_d / g = 114 / 981 = 0,116$
 Koefisien gempa vertical $k_v = 0,5 k_h = 0,5 \times 0,116 = 0,058$

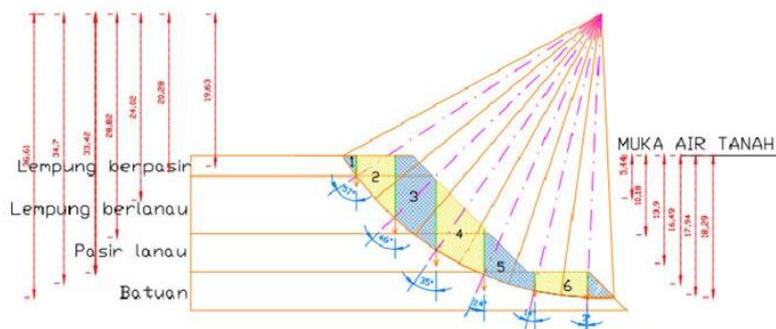
Analisis Stabilitas Lereng

1. Metode Analitis

Metode Analitis yang digunakan dalam penelitian ini adalah Perhitungan analisis lereng dengan metode bishop. Pada proses *modelling* menggunakan program *Autocad* dilakukan *trial and error* beberapa sampel kemiringan dengan berpedoman pada tabel klasifikasi lereng (Lingga, 2019).

Tabel 6. Sampel model kemiringan lereng dengan autocad

| No | Kemiringan |
|----|-----------------------------|
| 1 | 1,5 Horizontal : 1 Vertikal |
| 2 | 2 Horizontal : 1 Vertikal |
| 3 | 3 Horizontal : 1 Vertikal |

**Gambar 2.** Sampel model kemiringan lereng

Perhitungan Analisis SF Metode Bishop

$$SF = \frac{1}{\sum W \sin \alpha_n + q + khWi(LiR)} \sum [c'l \cos \alpha_n + (W - ub) \tan \phi'] \text{ man} \dots\dots\dots(2)$$

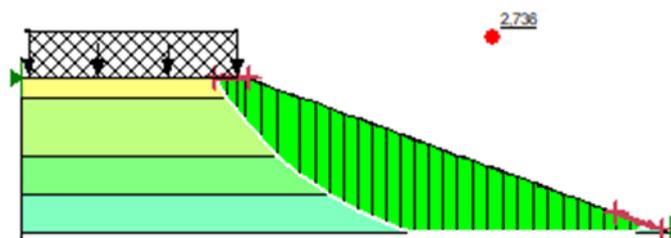
Tabel 7. Tabel perhitungan kemiringan lereng 3H : 1V

| Irisan | W (KN) | αn (°) | h water | u | L | b | W-ub | C L cosαn | Ln (m) | man | K _h x Wi (Ln/R) (kN) | "[c'l cos αn + (W - ub) tan φ']" 1/(man) |
|----------------|---------|--------|---------|------|------|------|--------|-----------|--------|-------|---------------------------------|--|
| 1 | 66,32 | 52 | 0 | 0 | 2,6 | 2,96 | 66,32 | 121,08 | 23 | 0,969 | 4,274 | 155,624 |
| 2 | 1197,76 | 37 | 6,78 | 67,8 | 8,1 | 10,5 | 488,5 | 489,34 | 24,6 | 1,069 | 51,612 | 663,054 |
| 3 | 1518,25 | 26 | 12,15 | 122 | 9,64 | 7,52 | 604,5 | 655,418 | 25 | 1,096 | 95,992 | 845,950 |
| 4 | 2332,45 | 12 | 15,84 | 158 | 9,43 | 9,49 | 829,2 | 697,746 | 33,1 | 1,071 | 69,075 | 998,599 |
| 5 | 1895,76 | -1 | 17,67 | 177 | 7,12 | 8,66 | 365,5 | 538,511 | 34,2 | 0,992 | 65,212 | 708,252 |
| 6 | 1183,34 | -14 | 17,55 | 176 | 2,65 | 9,18 | -427,7 | 194,505 | 36,2 | 0,862 | 55,330 | 2,901 |
| 7 | 140,84 | 0 | 15,49 | 155 | 2,65 | 4,16 | -503,5 | 200,46 | 37,1 | 1 | 17,133 | -25,570 |
| LERENG STATIS | | | | | | | | | | | | 2,07 |
| LERENG DINAMIS | | | | | | | | | | | | 1,7 |

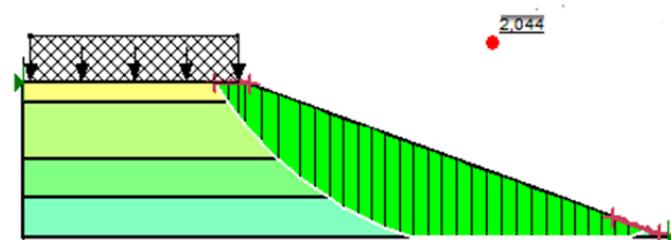
Pada tabel hasil perhitungan kemiringan 3H:1V diperoleh nilai SF statis sebesar 2,07 (Lereng dalam kondisi stabil) atau lereng jarang terjadi kelongsoran, sedangkan pada nilai SF dinamis diperoleh sebesar 1,77 (stabil) atau dapat dikatakan bahwa lereng aman dari kelongsoran.

2. Metode Numeris

Analisis nilai aman lereng pada metode numeris menggunakan *software* Geoslope/w yang terdapat dalam Software Geostudio 2012. Hasil perhitungan dengan program Geoslope/w didapatkan bentuk bidang longsor pada lereng, yang kemudian titik koordinat dari bidang longsor tersebut dijadikan acuan untuk menentukan titik *entry and exit*.



Gambar 3. Hasil analisis lereng statis kemiringan 3H:1V



Gambar 4. Hasil analisis lereng dinamis kemiringan 3H:1V

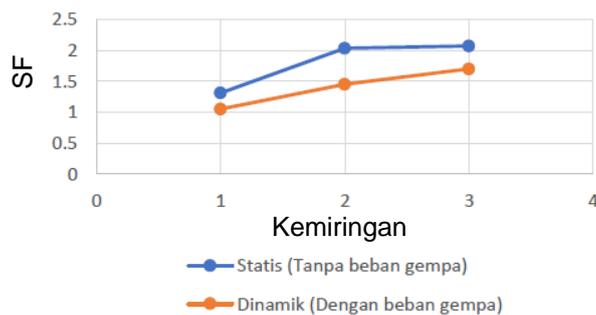
Dari hasil analisis menggunakan program Geoslope/w untuk kemiringan 3H:1V diperoleh nilai SF statis sebesar 2,736 (lereng stabil) dan lereng dinamis sebesar 2,044 (lereng stabil) atau dapat dikatakan lereng dalam kondisi aman dan jarang terjadi kelongsoran.

3. Perbandingan Metode Numeris dan Analitis

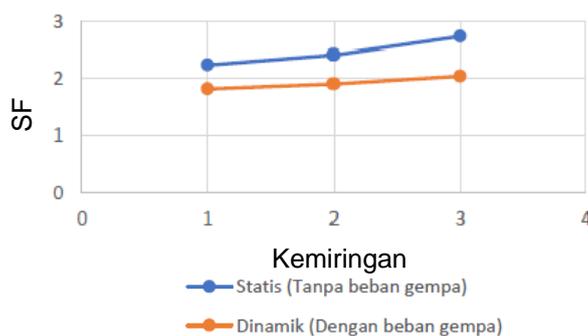
Setelah dilakukan perhitungan dengan program geoslope/w maupun perhitungan manual metode bishop yang disederhanakan, maka dapat dibuat rekapitulasi perhitungan angka keamanan lereng

Tabel 8. Rekapitulasi hasil perhitungan angka keamanan lereng

| Jenis keiringan lereng | Metode Analitis | | | Metode Numeris | | |
|------------------------------|-----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
| | 1,5H:1V | 2H:1V | 3H:1V | 1,5H:1V | 2H:1V | 3H:1V |
| Statis (Tanpa beban gempa) | 1,31 | 2,03 | 2,07 | 2,239 | 2,414 | 2,736 |
| Dinamik (Dengan beban gempa) | 1,05 | 1,45 | 1,70 | 1,817 | 1,905 | 2,044 |



Gambar 5. Grafik analisis keamanan lereng metode Analitis (bishop)



Gambar 6. Grafik analisis keamanan lereng metode Numeris

Pada grafik diatas menjelaskan bahwa semakin tinggi angka nilai SF pada lereng tersebut maka nilai keamanan lereng akan semakin besar atau dapat diartikan bahwa semakin besar nilai SF maka semakin jarang terjadinya kelongsoran pada lereng.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan studi kasus dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari hasil analisis pada tiga kemiringan yang telah dilakukan, diperoleh angka aman (SF) yaitu:
 - a. Untuk kemiringan 1,5H:1V didapatkan nilai SF metode analitis beban statis 1,31 (aman) beban dinamis 1,05 (tidak aman) sedangkan metode numeris beban statis 2,40 (aman) beban dinamis 1,81 (aman).
 - b. Untuk kemiringan 2H:1V didapatkan nilai SF metode analitis beban statis 2,03 (aman) beban dinamis 1,45 (aman) sedangkan metode numeris beban statis 2,41 (aman) beban dinamis 1,90(aman).
 - c. Untuk kemiringan 3H:1V didapatkan nilai SF metode analitis beban statis 2,07 (aman) beban dinamis 1,70 (aman) sedangkan metode numeris beban statis 2,73 (aman) beban dinamis 2,40 (aman).
2. Untuk memperoleh nilai keamanan lereng yang stabil dari kelongsoran yaitu pada kemiringan 2H:1V dan kemiringan 3H:1V karena nilai $SF > 1,25$ baik dengan beban gempa (Dinamis) maupun tanpa beban gempa (Statis).

DAFTAR PUSTAKA

- Aprianti Emilda. (2021). Perbandingan analisis stabilitas lereng dengan menggunakan Metode Fellenius Dan Bishop. Tugas Akhir, Universitas Muhammadiyah Mataram.
- Ardyana Lingga (2019). Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan Program Geoslope. Tugas Akhir, Universitas Islam Indonesia.
- Chasanah Uswatun (2012). Analisis stabilitas lereng dengan perkuatan geotekstil menggunakan Program Geoslope. Tugas Akhir, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Hardiyatmo (2012) Mekanika Tanah II. Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa
- Hardiyatmo, H.C. (2003). Mekanika Tanah II. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.