

ANALISIS STABILITAS LERENG DENGAN MENGGUNAKAN GEOSTUDIO 2012 DI BENDUNGAN AMERORO DAM

Muhamad Dzaki Febly Sudarsa^{1*}, Mochammad Dwi Bayu Setyawan²
^{1,2}Program studi Teknik Sipil Universitas Pertahanan RI, dzakifebly@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan lereng Bendungan Ameroro yang dibangun oleh Balai Wilayah Sungai (BWS) Sulawesi IV, Direktorat Jenderal Sumber Daya Air Kementerian PUPR. Bendungan ini memiliki kapasitas tampung sebesar 44,44 juta m³ dan dirancang dengan urugan tipe, tinggi puncak 82 meter, panjang 324 meter, dan lebar 12 meter. Metode analisis kestabilan lereng dilakukan menggunakan software GeoSlope/W 2012 dengan pendekatan irisan, meliputi metode Morgenstern-Price, Ordinary, Bishop, Janbu, dan Spencer. Hasil analisis menunjukkan nilai faktor keamanan (SF) yang bervariasi: Morgenstern-Price (2,171), Ordinary (1,988), Spencer (2,155), Janbu (2,047), dan Bishop (2,178). Hasil ini menunjukkan bahwa kestabilan lereng Bendungan Ameroro berada dalam kondisi aman, dengan nilai SF di atas 1,5, yang merupakan batas aman untuk struktur bendungan. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam evaluasi dan perencanaan bendungan, serta dapat menjadi referensi untuk pengembangan infrastruktur bendungan di masa mendatang.

Kata kunci : *Bendungan Ameroro, kestabilan lereng, analisis faktor keamanan, GeoSlope/W 2012*

Penerbit : Fakultas Teknik Universitas Pasifik Morotai

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lereng merupakan struktur geoteknik yang dapat terbentuk secara alami maupun melalui aktivitas manusia, dan terdiri dari material geoteknik seperti tanah dan batuan. Kestabilan lereng menjadi isu penting dalam rekayasa geoteknik, terutama dalam konteks mekanika tanah dan batuan. Analisis kestabilan lereng harus mengikuti ketentuan yang ditetapkan dalam rekayasa geoteknik, mengingat material geoteknik umumnya memiliki ketahanan geser yang lebih rendah [1]. Ketidakstabilan lereng dapat mengakibatkan keruntuhan, yang sering kali disebabkan oleh nilai keamanan yang rendah sebelum terjadinya pergerakan. Lereng yang stabil, meskipun tidak mengalami pergerakan, dapat memiliki nilai keamanan yang kecil, sehingga tetap berisiko mengalami keruntuhan di masa depan.

Faktor penyebab ketidakstabilan lereng dapat dikelompokkan menjadi dua kategori utama: faktor penyebab kenaikan tegangan dan faktor penyebab penurunan kekuatan. Peningkatan tegangan dapat disebabkan oleh beberapa hal, seperti penambahan berat satuan tanah akibat pembasahan, penambahan beban luar, dan

perubahan kecuraman lereng akibat erosi atau penggalian [2]. Di sisi lain, hilangnya kekuatan dapat terjadi karena berbagai faktor, termasuk adsorpsi air, peningkatan tekanan air pori, dan proses pelapukan. Kehadiran air, khususnya, merupakan salah satu penyebab utama keruntuhan lereng, karena dapat menurunkan tegangan dan kekuatan material.

Pentingnya penelitian mengenai kestabilan lereng tidak dapat diabaikan, mengingat keruntuhan lereng dapat merusak prasarana yang tertimbun longsor dan bangunan yang berada di atasnya. Namun, analisis kestabilan lereng sering kali menghadapi tantangan, terutama pada lereng dengan geologi yang kompleks atau material yang sangat lapuk, di mana variasi material dan kekuatan sulit diidentifikasi. Contoh kasus seperti longsor Bendungan Waco menunjukkan betapa sulitnya menganalisis lereng dengan kondisi tersebut [3].

Metode analisis stabilitas lereng yang umum digunakan adalah berdasarkan batas keseimbangan, di mana faktor keamanan diperkirakan dengan menguji kondisi keseimbangan pada saat keruntuhan dimulai. Meskipun metode ini bersifat statis dan memerlukan asumsi tertentu, pendekatan ini tetap menjadi dasar dalam analisis kestabilan lereng. Selain itu, perkembangan teknik komputer elemen hingga juga menawarkan alternatif dalam menganalisis kestabilan lereng dengan menggunakan teori elastisitas dan plastisitas.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kestabilan lereng Bendungan Ameroro, yang merupakan proyek penting dalam peningkatan daerah irigasi di Kabupaten Konawe. Melalui analisis yang komprehensif, diharapkan dapat diperoleh pemahaman yang lebih baik mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng dan langkah-langkah mitigasi yang dapat diambil untuk mencegah keruntuhan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, pertanyaan penelitian yang muncul adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi kestabilan lereng Bendungan Ameroro berdasarkan analisis faktor keamanan (SF) yang diperoleh dari berbagai metode analisis?
2. Bagaimana perbandingan nilai faktor keamanan berdasarkan *Morgenstern-Price Method*, *Ordinary Method of Slice*, *Bishop Slice Method*, *Janbu Slice Method*, dan *Spencer Method*?
3. Apa saja faktor penyebab yang mempengaruhi kestabilan lereng Bendungan Ameroro?

1.3 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam:

1. Analisis ini akan menambah wawasan dan pengetahuan dalam bidang geoteknik, khususnya mengenai analisis kestabilan lereng bendungan. Hasil analisis dapat menjadi referensi bagi akademisi dan praktisi dalam memahami faktor-faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng.
2. Dengan menganalisis kestabilan lereng Bendungan Ameroro, penelitian ini dapat memberikan informasi yang penting untuk meningkatkan keamanan dan keandalan struktur bendungan. Hal ini sangat penting untuk mencegah keruntuhan yang dapat mengakibatkan kerugian material dan korban jiwa.

3. Hasil analisis dapat digunakan sebagai panduan dalam perencanaan dan desain bendungan di masa mendatang, sehingga dapat mengurangi risiko kegagalan struktur dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya air.

2 METODOLOGI

2.1 Lokasi Penelitian



Gambar 1. Lokasi Studi Penelitian (Google Earth Pro, 2023}

Analisis ini mengambil penelitian studi kasus di Bendungan Ameroro, Kabupaten Konawe, Provinsi Sulawesi Tenggara, Indonesia.

2.2 Pengumpulan Data

1. Sifat Material Tanah

a. Uji Laboratorium

Data Uji Geser Langsung:

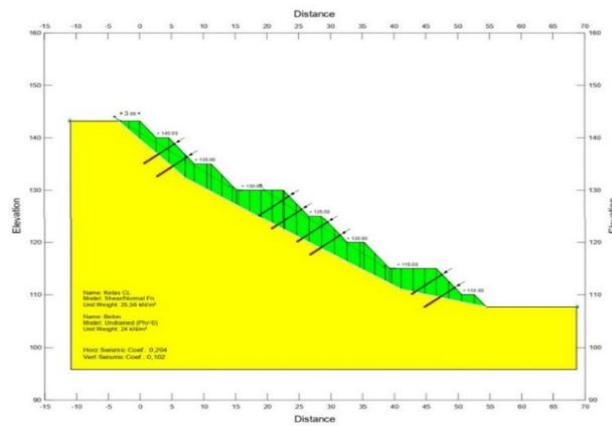
- Kohesi (c): Nilai kohesi diukur menggunakan uji geser langsung, yang menunjukkan kemampuan tanah untuk menahan gaya geser tanpa mengalami pergerakan. Hasil pengujian menunjukkan nilai kohesi sebesar 8.8613 kPa.
- Sudut Gesek Dalam (ϕ): Sudut gesek dalam diukur untuk menentukan seberapa besar gaya geser yang dapat ditahan oleh tanah sebelum mengalami kegagalan. Hasil pengujian menunjukkan sudut gesek dalam sebesar 57.502° .
- Tekanan Air Pori: Tekanan air pori diambil sebagai 0 kPa untuk kondisi tertentu, yang menunjukkan bahwa tidak ada rembesan air yang signifikan pada saat analisis dilakukan.

2. Rincian Data Geometri

Dimensi Bendungan:

Data geometri bendungan diperoleh dari dokumen proyek konstruksi dan pengukuran lapangan. Dimensi yang dicatat meliputi:

- Tinggi Puncak : 82 meter
- Panjang Bendungan : 324 meter
- Lebar Bendungan : 12 meter



Gambar 2. Slope Cut Configuration (Rahmat Hidayat, 2023)

Data mengenai spillway juga dikumpulkan, termasuk:

- Elevasi Ambang Spillway : 122.50 meter
- Tipe Spillway : Ogee
- Saluran Dodger : Terdiri dari dua saluran beton.

3. Pengukuran Geometrik

Pengukuran dan pemodelan geometri lereng dilakukan menggunakan perangkat lunak GeoStudio 2012. Software ini memungkinkan analisis yang lebih akurat terhadap stabilitas lereng berdasarkan bentuk dan kondisi fisik dari bendungan. Data geometrik yang diperoleh digunakan untuk memodelkan kondisi stabilitas lereng dalam berbagai skenario.

4. Data Tambahan

- Dokumen Proyek Konstruksi: Gambar rencana geometri lereng diperoleh dari dokumen proyek konstruksi yang disediakan oleh SNVT BWS Sulawesi IV.
- Sumber Daya Digital: Gambar kondisi lereng yang diambil dari Google Earth digunakan untuk memberikan gambaran visual mengenai kondisi fisik lereng dan sekitarnya.

5. Analisis Stabilitas Lereng

Data yang telah dikumpulkan digunakan untuk melakukan analisis kestabilan lereng menggunakan software GeoSlope/W 2012 dengan pendekatan irisan. Metode yang digunakan dalam analisis ini meliputi:

- Morgenstern-Price
- Ordinary
- Bishop
- Janbu
- Spencer

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Parameter tanah

Analisis Stabilitas Lereng dengan GeoStudio 2012 memerlukan beberapa parameter data masukan seperti berat

jenis tanah (berat jenis kering dan berat jenis jenuh), sudut geser dalam, Modulus Young, Rasio Poisson dan kohesi tanah yang dapat menggambarkan sifat-sifat suatu lapisan tanah dan lereng. Informasi mengenai parameter kekakuan batuan sangat terbatas. Berat satuan dan permeabilitas tidak konstan untuk berbagai jenis batuan. Oleh karena itu, ditetapkan bahwa parameter difokuskan pada parameter kekakuan dan kekuatan, yang memiliki pengaruh paling besar terhadap stabilitas.

Tabel 1. Parameter input

| Name | Condition | Cohesion, C (kPa) | Deep Shear Angle, ϕ ($^{\circ}$) | γ_{dry} (kN/m^3) | γ_{sat} (kN/m^3) | Young's modulus, E (kN/m^2) | Poisson's Ratio, ν |
|---------|-----------|-------------------|---|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------|
| Layer 1 | Drained | >200 | 55 | 19,454 | 24,335 | 33508 | 0,30 |
| Layer 2 | Drained | >200 | 55 | 10,031 | 10,467 | 33508 | 0,25 |

Sumber: Rahmat Hidayat, 2023

3.2 Geometri Titik Koordinat

Dimensi bidang gambar pemodelan ditunjukkan pada Gambar 2, yaitu dengan lebar 78 meter dan kedalaman 48 meter. *Boundary condition effects* untuk pada dasar model adalah fixed sedangkan untuk kedua sisi model adalah roll. Geometri titik kordinat pemodelan dapat dilihat dalam Tabel 2.

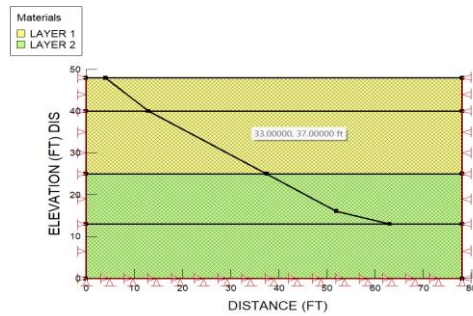
Tabel 2. Titik koordinat pemodelan

| Point | x | y | Satuan |
|-------|----|----|--------|
| 0 | 0 | 0 | M |
| 1 | 78 | 0 | M |
| 2 | 78 | 13 | M |
| 3 | 63 | 13 | M |
| 4 | 52 | 16 | M |
| 5 | 37 | 25 | M |
| 6 | 13 | 40 | M |
| 7 | 4 | 48 | M |
| 8 | 0 | 48 | M |
| 9 | 0 | 40 | M |
| 10 | 0 | 25 | M |
| 11 | 0 | 13 | M |

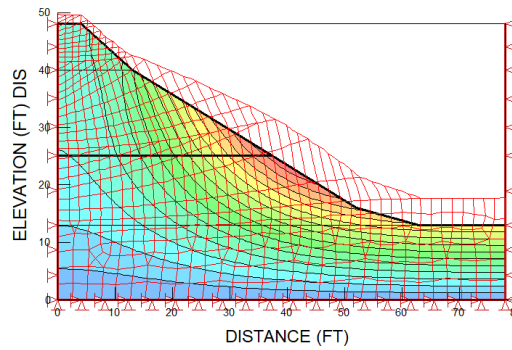
Sumber: Penulis, 2025

3.3 Analisis Lereng dengan Menggunakan Geostudio 2012

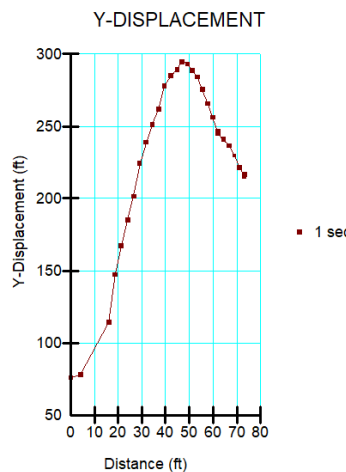
Analisis stabilitas lereng dilakukan dengan dimensi dan data parameter tanah yang identik, namun dengan menggunakan media yang berbeda, yaitu perangkat lunak Geostudio 2012. Berikut adalah gambaran sketsa tanah dan *mesh* lereng yang mengalami deformasi setelah dilakukan ekskavasi.



Gambar 2. Geometri titik pada Geostudio 2012 (Sumber: Penulis, 2025)



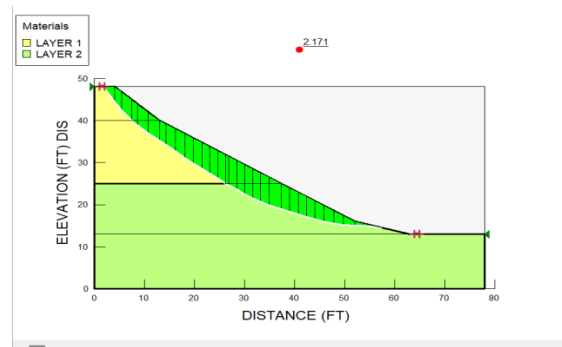
Gambar 3. Mesh Lereng yang Mengalami Deformasi Setelah Ekskavasi (Sumber: Penulis, 2025)



Gambar 4. Grafik Y-Displacement Lereng (Sumber: Penulis, 2025)

- *Morgenstern-Price Method*

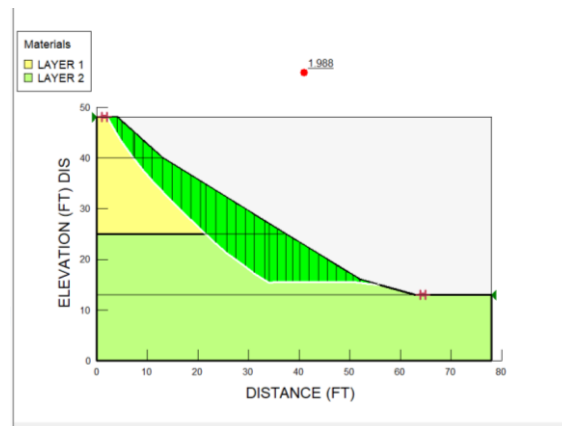
Metode ini pertama kali dikembangkan pada tahun 1965 oleh dua ahli geoteknik terkemuka, yakni Karl V. Morgenstern dan Vaughn W. Price. Metode ini menghasilkan analisis dengan mempertimbangkan keseimbangan dari setiap gaya normal dan momen yang beroperasi pada setiap lapisan bidang lereng. Dalam proses analisisnya, terdapat asumsi sederhana yang digunakan untuk menunjukkan hubungan antara gaya geser sepanjang irisan (X) dan gaya normal di sekitar irisan. Dengan menerapkan metode ini, diperoleh nilai faktor keamanan sebesar 2,171. Menurut klasifikasi, lereng termasuk dalam kategori aman dengan jarang terjadinya longsor (kelas stabil).



Gambar 5. Analisis Lereng *Morgenstern-Price Method* (Sumber: Penulis, 2025)

- *Ordinary Method of Slice*

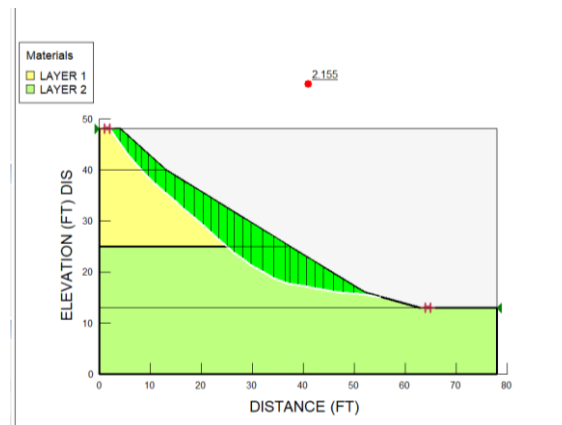
Metode ini awalnya dikembangkan oleh Fellenius pada tahun 1936. Asumsi dalam metode ini adalah bahwa resultan gaya antar irisan adalah nol dan bekerja sejajar dengan permukaan bidang runtuh. Selain itu, bidang runtuh dianggap berbentuk busur lingkaran. Penggunaan metode ini menghasilkan nilai FS sebesar 1,988 , yang menunjukkan bahwa lereng termasuk dalam kategori jarang terjadi longsoran (kelas stabil).



Gambar 6. Analisis Lereng *Ordinary Method of Slice* (Sumber: Penulis, 2025)

- *Bishop Slice Method*

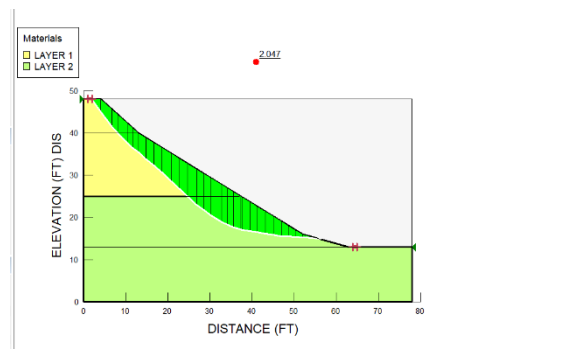
Bishop Slice Method diperkenalkan pada tahun 1955 oleh Alan Wilfred Bishop dari Imperial College di London. Metode ini mengesampingkan gaya gesek antar irisan dan kemudian mengasumsikan bahwa gaya normal cukup untuk menentukan gaya-gaya antar irisan. Selain itu, metode ini menganggap bahwa gaya-gaya yang bekerja pada sisi-sisi irisan memiliki resultan nol dalam arah vertikal. Metode Bishop digunakan untuk menganalisis permukaan gelincir yang berbentuk lingkaran. Dengan menerapkan metode ini, diperoleh nilai FS 2,155 , yang menunjukkan bahwa lereng termasuk dalam kategori aman dan memiliki kecenderungan jarang terjadi longsor (kelas stabil).



Gambar 7. Analisis Lereng *Bishop Slice Method*

- *Janbu Slice Method*

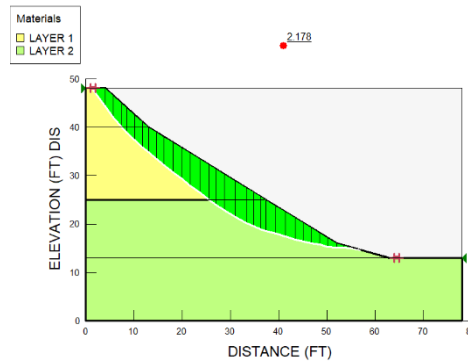
Janbu Slice Method, yang dikembangkan oleh Profesor Norwegia, N. Janbu pada tahun 1954, mendasarkan diri pada asumsi bahwa gaya geser antar irisan adalah nol. Pendekatan ini memastikan kesetimbangan gaya dalam arah vertikal untuk setiap irisan dan kesetimbangan gaya dalam arah horizontal untuk seluruh irisan. Dengan menerapkan metode ini, diperoleh nilai FS sebesar 2,047. yang menunjukkan bahwa lereng termasuk dalam kategori aman dan memiliki kecenderungan jarang terjadi longsor (kelas stabil).



Gambar 8. Analisis Lereng *Janbu Slice Method*

- *Spencer Method*

Spencer (1967) mengembangkan dua persamaan faktor keamanan, satu terkait dengan momen keseimbangan dan satu lagi terkait dengan kesetimbangan gaya horizontal. *Spencer Method* mempertimbangkan gaya antar irisan baik normal maupun geser, memastikan kesetimbangan kedua gaya dan momen. Asumsi dalam metode ini adalah bahwa kemiringan dari resultan gaya geser antar irisan sebanding dengan fungsi tertentu yang diasumsikan. Dengan menggunakan metode ini, diperoleh nilai FS sebesar 2,178, menunjukkan bahwa lereng termasuk dalam kategori aman dengan jarang terjadinya longsor (kelas stabil).



Gambar 9. Analisis Lereng *Spencer Method*

Berdasarkan percobaan menggunakan Geostudio 2012 menunjukkan nilai FS maksimum sebesar 2,178 (*Spencer Method*) dan nilai FS minimum 1,988 (*Ordinary Method of Slice*). Meskipun terdapat perbedaan dalam nilai faktor keamanan hasil analisis stabilitas lereng antara kedua metode tersebut, selisihnya tidak terlalu signifikan.

Tabel 3. Hasil Analisis Lereng Geostudio 2012

| Geostudio 2012 | |
|---------------------------------|-------|
| Metode | FS |
| <i>Morgenstern-Price Method</i> | 2,171 |
| <i>Ordinary Method of Slice</i> | 1,988 |
| <i>Bishop Slice Method</i> | 2,155 |
| <i>Janbu Slice Method</i> | 2,047 |
| <i>Spencer Method</i> | 2,178 |

4 KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap kestabilan lereng Bendungan Ameroro, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kondisi Kestabilan Lereng: Hasil analisis menggunakan software GeoSlope/W 2012 menunjukkan bahwa faktor keamanan (Factor of Safety) untuk lereng Bendungan Ameroro adalah 2.108. Nilai ini berada di atas batas aman 1,5, yang menunjukkan bahwa kondisi lereng berada dalam keadaan stabil dan mampu menahan gaya geser tanpa mengalami keruntuhan
2. Karakteristik Material Tanah: Uji laboratorium yang dilakukan menunjukkan bahwa nilai kohesi tanah adalah 8.8613 kPa dan sudut gesek dalam sebesar 57.502°. Parameter ini sangat penting dalam menentukan kemampuan tanah untuk menahan gaya geser, yang berkontribusi pada kestabilan lereng.
3. Pengaruh Tekanan Air Pori : Tekanan air pori diambil sebagai 0 kPa, yang menunjukkan bahwa tidak ada rembesan air yang signifikan pada saat analisis dilakukan. Hal ini berkontribusi pada kestabilan lereng, mengingat keberadaan air dapat menurunkan kekuatan tanah.
4. Data Geometri dan Spillway: Data geometri bendungan, termasuk dimensi dan kondisi spillway, diperoleh dari dokumen proyek konstruksi dan pengukuran lapangan. Elevasi ambang spillway yang tercatat adalah 122.50 meter dengan tipe Ogee, yang juga berperan dalam pengelolaan aliran air dan kestabilan struktur bendungan.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam evaluasi dan perencanaan bendungan, serta dapat menjadi referensi untuk pengembangan infrastruktur bendungan yang lebih aman dan berkelanjutan di masa mendatang. Hasil analisis ini diharapkan dapat digunakan sebagai panduan dalam perencanaan dan desain bendungan di masa depan, sehingga dapat mengurangi risiko kegagalan struktur dan meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya air.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hidayat, R., Nasution, A. and Ashad, H. 2023. SLOPE STABILITY ANALYSIS OF AMERORO DAM. *Jurnal Scientia*. 12, 02 (May 2023), 1983-1996.
- [2] Alhadar, dkk. 2020. Analisis Stabilitas Lereng pada Tanah Clay Shale Proyek Jalan Tol Semarang-Solo Paket VI STA 22+700 sampai 22+775. *Jurnal Karya Teknik Sipil*, Vol. 3, No. 2, Hal. 336-334.
- [3] Beene, R.R.W. (1967) "Waco Dam Slide," *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, ASCE, Vol. 93, SM4, July, pp. 35-44.
- [4] Amrinsyah Nasution. 2017. *Mekanika Tanah Stabilitas Lereng & Struktur Pondasi*. Bandung: Penerbit ITB.
- [5] Aversa, S., et al. 2016. *Lanslides and Engineered Slopes. Experience, Theory, and Practice*. The Netherlands: CRC Press/Balkema.
- [6] Benz, T., Nordal, S. 2010. *Numerical Methods In Geotechnical Engineering: (NUMGE 2010)*. USA: CRC Press.