Journal of Innovative and Creativity
Journal Homepage: https://joecy.org/index.php/joecy
e-mail: journaljoecy@gmail.com

Faculty of Education
University of Pahlawan Tuanku Tambusai
ISSN 2775-771X (Online)
ISSN 2962-570X **(Printed)**
5 (3) 2025, Page: 25657-25670

Cliff Stability Analysis Of Batang Lembang River In Solok Regency Using Geostudio

Angga Putra Arlis[1], Tiara Mahardika[2], Eri Stiyanto[3], Wiliya[4], Wahyu Araska[5]
[1,2,3,4,5]Lecturer in Civil Engineering, Padang State Polytechnic,
Kampus Politeknik Negeri Padang Limau Manis, Kec. Pauh, Padang, 25164, Indonesia

Corresponding Author: Tiara Mahardika, tiara@pnp.ac.id

Published: September , 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas tebing sungai dalam rangka proyek pembangunan sarana dan prasarana pengendalian banjir Batang Lembang (Tahap II) yang berlokasi di Solok, Sumatera Barat. Proyek ini mencakup tiga lokasi utama, yaitu Selayo di Kabupaten Solok (BH01), VI Suku di Kota Solok (BH02), dan KTK di Kota Solok (BH03). Analisis stabilitas lereng dilakukan menggunakan metode slope/w dan faktor keamanan yang mengacu pada SNI 8640-2017 mengenai "Persyaratan Perancangan Geoteknik". Berdasarkan hasil analisis, faktor keamanan pada beberapa kondisi di lokasi Selayo dan VI Suku tidak memenuhi standar minimum yang ditetapkan, sementara di lokasi KTK, faktor keamanan menunjukkan hasil yang sesuai dengan persyaratan. Penelitian ini juga mengusulkan modifikasi terhadap geometri lereng dan penambahan elemen perkuatan, seperti cerucuk dolken, untuk meningkatkan stabilitas tebing di lokasi yang tidak memenuhi syarat. Selain itu, evaluasi dilakukan terhadap potensi modifikasi penampang sungai untuk memperbaiki kestabilan lereng, dengan fokus pada perubahan geometri dan penambahan elemen perkuatan. Hasil analisis menunjukkan bahwa dengan penerapan modifikasi tersebut, beberapa lokasi yang sebelumnya tidak memenuhi standar faktor keamanan dapat diperbaiki, sehingga sesuai dengan ketentuan geoteknik yang berlaku. Temuan dari penelitian ini memberikan rekomendasi teknis untuk meningkatkan stabilitas tebing sungai, yang diharapkan dapat memberikan kontribusi penting terhadap kelancaran pembangunan sarana dan prasarana pengendalian banjir yang aman dan berkelanjutan di kawasan Batang Lembang. Penelitian ini juga menawarkan wawasan mengenai penerapan standar geoteknik terbaru dan menekankan pentingnya analisis kondisi lokal dalam merancang solusi mitigasi bencana banjir yang efektif. Selain itu, hasil penelitian ini dapat menjadi acuan bagi perencanaan pembangunan serupa di wilayah lain dengan karakteristik yang serupa.

Keywords: stabilitas, faktor keamanan, slope/w

© The Author(s). 2021 Open Access This article is licensed under a Creative Commons Atibution 4.0 International License, which permits use, sharing, adaptation, distribution and reproduction in any medium or format, as long as you give appropriate credit to the original author(s) and the source, provide a link to the Creative Commons licence, and indicate if changes were made. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons licence, unless indicated otherwise in a credit line to the material. To view a copy of this licence, visit http://creativecommons.org/licenses/by/4.0

PENDAHULUAN

Stabilitas lereng mengacu pada kondisi di mana lereng tetap kokoh dan tidak mengalami pergerakan atau longsoran tanah dan batuan akibat gaya-gaya yang bekerja padanya. Berbagai faktor yang mempengaruhi kestabilan lereng meliputi sifat fisik tanah, kedalaman air tanah, serta bentuk dan geometri lereng itu sendiri. Dalam analisis kestabilan lereng, prinsip keseimbangan gaya diterapkan, yang melibatkan gaya gravitasi, kohesi tanah, dan gaya gesek antar partikel tanah. Stabilitas lereng dapat dipahami sebagai kemampuan lereng untuk tetap tidak bergerak meskipun terpapar pada tekanan eksternal maupun internal.

Masalah stabilitas tebing sungai memiliki dampak yang luas, tidak hanya dalam bidang teknik sipil, tetapi juga di sektor sosial, ekonomi, dan lingkungan. Ketidakstabilan pada tebing sungai dapat memicu bencana alam seperti longsor, yang berisiko merusak infrastruktur vital, merusak lahan pertanian, serta membahayakan keselamatan masyarakat. Sebagai contoh, di Kabupaten Solok,

Sumatera Barat, kajian terhadap stabilitas tebing sungai Batang Lembang menjadi sangat penting dalam upaya merancang sistem pengendalian banjir yang efektif dan aman, serta mengurangi potensi kerusakan yang dapat merugikan perekonomian daerah.

Menurut data dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR), stabilitas tebing sungai dipengaruhi oleh sejumlah faktor, termasuk curah hujan, perubahan permukaan tanah, dan karakteristik material dasar tebing. Ketidakstabilan ini bisa memperburuk kondisi lingkungan, khususnya saat volume air sungai meningkat akibat banjir, yang sering terjadi pada musim hujan. Fenomena ini menegaskan pentingnya kajian stabilitas tebing secara kuantitatif, mengingat potensi kerugian yang dapat ditimbulkan, baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dampak dari ketidakstabilan tebing sungai tidak hanya terbatas pada kerusakan fisik, namun juga membawa konsekuensi sosial dan ekonomi. Kehilangan infrastruktur akibat longsor dapat mengganggu aktivitas ekonomi, merusak sistem transportasi, dan berdampak pada keberlanjutan sumber daya alam yang bergantung pada ekosistem sungai. Laporan dari Direktorat Jenderal Sumber Daya Air menunjukkan bahwa kerugian akibat bencana alam yang melibatkan ketidakstabilan tebing sungai diperkirakan mencapai miliaran rupiah setiap tahunnya.

Penelitian ini bertujuan untuk memperdalam pemahaman tentang stabilitas tebing sungai Batang Lembang menggunakan pendekatan kuantitatif yang melibatkan data geoteknik, analisis numerik, dan permodelan geoteknik. Penelitian ini juga merujuk pada standar internasional, seperti SNI 8640:2017 yang menetapkan persyaratan perancangan geoteknik, serta prinsip-prinsip dalam Eurocode 7 dan British Standards (BS 8002).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah membahas stabilitas tebing sungai dengan menggunakan berbagai metode analisis. Beberapa studi relevan menunjukkan keterkaitan antara faktor-faktor seperti jenis tanah, kedalaman air, dan struktur tebing terhadap tingkat keamanan lereng. Namun, terdapat kekurangan pemahaman mengenai interaksi antara faktor-faktor ini, terutama dalam kondisi ekstrem seperti saat banjir atau surut cepat. Sebagai contoh, penelitian oleh Widiantoro et al. (2020) mengungkapkan bahwa faktor keamanan pada kondisi banjir sering kali tidak memenuhi standar yang ditetapkan, sementara Susilo et al. (2023) menunjukkan bahwa penggunaan struktur penguat pada lereng dapat meningkatkan faktor keamanan secara signifikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kesenjangan tersebut dengan menganalisis variabel-variabel utama secara simultan dan mengevaluasi pengaruhnya terhadap stabilitas tebing sungai.

Beberapa variabel yang akan dianalisis dalam penelitian ini meliputi faktor keamanan (FK), jenis material, kemiringan lereng, kedalaman air, dan kekuatan geser tanah. Berdasarkan teori geoteknik dan model stabilitas lereng, diasumsikan bahwa hubungan antara variabel-variabel ini bersifat non-linear. Penelitian ini juga bertujuan untuk menguji hipotesis bahwa perubahan parameter tanah, seperti jenis material atau kedalaman air, dapat memberikan dampak signifikan terhadap kestabilan tebing sungai, terutama dalam kondisi ekstrem.

Penelitian ini akan mengkaji beberapa pertanyaan utama, di antaranya: Bagaimana pengaruh perubahan kondisi permukaan tanah dan kedalaman air terhadap faktor keamanan lereng sungai? dan Apakah penerapan struktur penguat dapat meningkatkan stabilitas tebing sungai pada kondisi kritis? Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memberikan rekomendasi berbasis data kuantitatif yang dapat digunakan untuk merancang sistem pengendalian banjir dan perlindungan tebing sungai yang lebih efektif.

Hipotesis yang diuji dalam penelitian ini adalah bahwa perubahan kondisi permukaan tanah dan kedalaman air memiliki pengaruh signifikan terhadap stabilitas tebing sungai Batang Lembang. Diharapkan hasil dari analisis ini akan menghasilkan rekomendasi yang dapat meningkatkan keamanan infrastruktur tebing sungai, serta memberikan dasar ilmiah yang kokoh untuk perbaikan desain sistem pengendalian banjir yang lebih adaptif dan berkelanjutan.

METODE PENELITIAN

Stabilitas lereng merujuk pada kondisi di mana lereng tetap tidak bergerak atau tidak mengalami longsoran meskipun terdapat gaya-gaya yang bekerja padanya. Faktor-faktor yang memengaruhi kestabilan ini mencakup sifat fisik tanah, kedalaman air tanah, serta geometri atau bentuk lereng itu sendiri. Dalam menganalisis kestabilan lereng, prinsip keseimbangan gaya diterapkan, yang mencakup pengaruh gaya gravitasi, kohesi tanah, serta gaya gesek antara partikel tanah. Stabilitas lereng dapat diartikan sebagai kemampuan lereng untuk tetap mempertahankan posisi stabilnya meskipun menerima tekanan dari gaya-gaya eksternal maupun internal.

Beberapa faktor penting yang digunakan untuk menilai kestabilan lereng antara lain adalah faktor keamanan (Safety Factor/FK), yang dihitung dengan membandingkan gaya yang menahan pergerakan lereng dengan gaya yang mendorong terjadinya pergerakan lereng tersebut. Jenis tanah memegang peranan kunci dalam kekuatan lereng, di mana ketahanan tanah terhadap gesekan dan kohesi akan menentukan sejauh mana lereng dapat menahan gaya eksternal. Kondisi air, baik yang berada di permukaan maupun di dalam tanah, juga mempengaruhi kestabilan lereng karena peningkatan kadar air dapat mengurangi kohesi tanah dan menambah berat tanah, yang pada akhirnya dapat memicu terjadinya longsoran.

Teori mengenai stabilitas lereng dapat ditemukan dalam berbagai literatur geoteknik, salah satunya adalah yang tercantum dalam SNI 8640-2017 tentang perancangan geoteknik, serta referensi internasional seperti karya Fellenius (1936). Dalam analisis stabilitas lereng, software geoteknik seperti GeoStudio dan Slope/W banyak digunakan untuk melakukan perhitungan numerik, yang memperhitungkan bentuk lereng, tipe material tanah, serta kondisi air. Software ini memungkinkan simulasi yang lebih cepat dan akurat dibandingkan dengan perhitungan manual. Penggunaan software seperti GeoStudio memfasilitasi simulasi perhitungan faktor keamanan lereng dengan mempertimbangkan kondisi lapangan yang dinamis. Software ini menggunakan model numerik untuk menghitung faktor keamanan serta memvisualisasikan distribusi gaya pada lereng, termasuk pengaruh kondisi muka air, baik air permukaan maupun air tanah.

Analisis menggunakan software seperti Slope/W didasarkan pada teori keseimbangan gaya dan metode analisis elemen hingga (Finite Element Method/FEM) yang digunakan dalam geoteknik, serta Limit Equilibrium Method (LEM) untuk penilaian kestabilan lereng. Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa software geoteknik ini efektif dalam memprediksi faktor keamanan lereng pada berbagai kondisi geoteknikal (Lee et al., 2021; Chen et al., 2020). Namun, beberapa studi juga menemukan perbedaan signifikan antara hasil simulasi dan data lapangan, terutama pada kondisi ekstrem seperti hujan deras atau fluktuasi cepat pada muka air (Zhao et al., 2019). Lee et al. (2021) menilai bahwa penggunaan Slope/W efektif dalam memprediksi stabilitas lereng untuk proyek perbaikan infrastruktur, dengan hasil yang konsisten dengan pengamatan lapangan. Sementara itu, Zhao et al. (2019) menunjukkan bahwa perbedaan yang cukup besar antara hasil analisis menggunakan model numerik dan data lapangan terjadi ketika kondisi air tanah mengalami fluktuasi yang cepat.

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini menghubungkan berbagai variabel yang mempengaruhi stabilitas lereng, seperti faktor keamanan (FK), jenis tanah, dan kondisi air. Faktor keamanan dipengaruhi oleh jenis tanah dan kadar air tanah; semakin tinggi kadar air, semakin besar pengaruhnya terhadap kestabilan lereng. Penggunaan software geoteknik seperti Slope/W dapat membantu mengoptimalkan prediksi kestabilan lereng dengan mempertimbangkan kondisi lapangan yang lebih dinamis.

Hipotesis

H1: Faktor keamanan stabilitas lereng akan menurun seiring dengan peningkatan kadar air tanah.

H2: Penggunaan software seperti GeoStudio atau Slope/W akan menghasilkan analisis stabilitas lereng yang lebih akurat dibandingkan dengan metode manual pada kondisi lereng yang kompleks.

Penelitian ini menunjukkan hubungan antara variabel-variabel yang mempengaruhi stabilitas lereng dengan menggunakan software geoteknik. Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa

penggunaan software dapat memperkirakan kestabilan lereng dengan akurasi tinggi, namun kondisi lapangan tetap menjadi faktor yang signifikan dalam mempengaruhi hasil analisis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisis stabilitas lereng pada beberapa lokasi di tebing sungai Batang Lembang menggunakan software SLOPE/W.



Gambar 1. Lokasi tinjauan Pembangunan Sarana Batang Lembang (BH-01, BH-02, BH-03)

Dari lokasi tinjauan pembangunan sarana batang lembang dapat ditinjau hasil yang diperoleh berdasarkan kondisi yang diuji. Berikut beberapa analisis stabilitas pada lokasi (BH-01, BH-02, dan BH-03):

1. Lokasi Selayo (BH-01)

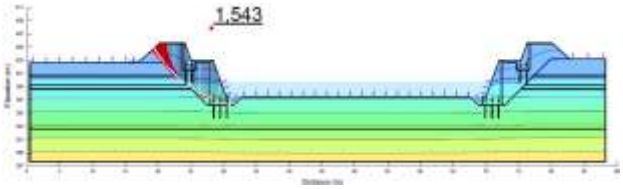
Untuk material timbunan (dipadatkan, kepadatan >95%) menggunakan material setempat spesifikasi dari material tersebut sama dengan material yg ditunjukan pada parameter layer 1 yaitu Random Tanah dengan jenis Lean Clay (Verry Stiff). Data input parameter pada Lokasi Selayo (BH-01) dengan data perkuatan lereng yaitu shear capacity 22.78 kPa dengan berat jenis 24.00 kN/m^3 berdasarkan hasil uji laboratorium dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Rekapitulasi Parameter BH-01 (Selayo P.2)

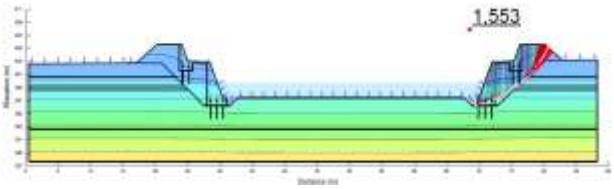
Kedalaman(m)	NSPT	Soil	Kekerasan	γwet (kN/m^3)	γdry (kN/m^3)	γsat (kN/m^3)	Cu (kN/m^2)	ϕ°	e	WC (%)
4,00 – 10,0	62	Sand Gravel (SP -SW)	Very Dense	15,85	13,02	17,825	24,615	10,5	0,96	21,74

Kondisi Muka Air Normal:

Faktor keamanan pada sisi kiri (FK = 2,237) dan sisi kanan (FK = 2,182) memenuhi syarat dengan faktor keamanan lebih dari 1,5, sesuai dengan standar SNI 8640-2017.



(a). Kondisi Muka Air Normal -Sandaran Kiri. FK = 2,237

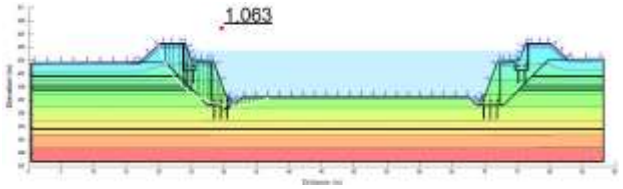


(b). Kondisi Muka Air Normal -Sandaran Kanan. FK = 2,182

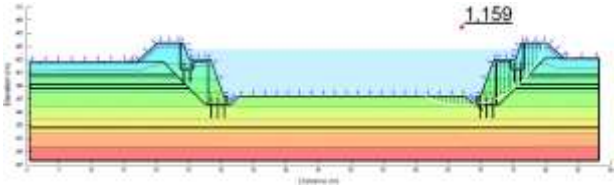
Gambar 2. Kondisi Muka Air Normal Lokasi Selayo (BH-01)

Kondisi Muka Air Banjir:

Faktor keamanan pada sisi kiri (FK = 1,063) dan sisi kanan (FK = 1,159) tidak memenuhi syarat karena faktor keamanannya di bawah 1,5.



(a). Kondisi Muka Air Banjir -Sandaran Kiri. FK = 1,063

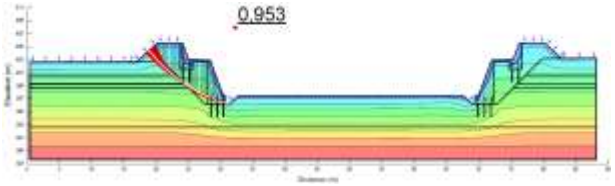


(b). Kondisi Muka Air Banjir -Sandaran Kanan. FK = 1,159

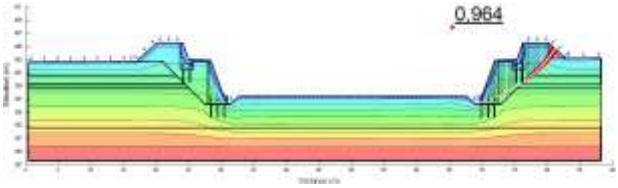
Gambar 3. Kondisi Muka Air Banjir Lokasi Selayo (BH-01)

Kondisi Muka Air Surut Cepat:

Faktor keamanan pada sisi kiri (FK = 0,953) dan sisi kanan (FK = 0,964) tidak memenuhi syarat karena faktor keamanannya lebih rendah dari standar minimum 1,2.



(a). Kondisi Muka Air Surut Cepat -Sandaran Kiri. FK = 0,953

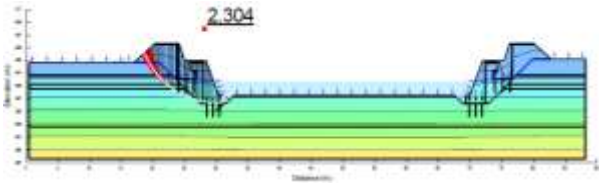


(b). Kondisi Muka Air Surut Cepat -Sandaran Kanan. FK = 0,964

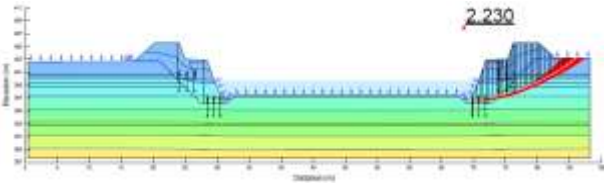
Gambar 4. Kondisi Muka Air Surut Cepat Lokasi Selayo (BH-01)

Dari hasil analisis slope/w tersebut, dengan faktor keamanan minimum yang tertera pada (SNI 8640-2017 "Persyaratan perancangan geoteknik"). Tinjauan beberapa kondisi menunjukkan sisi kiri dan kanan dari penampang sungai hasilnya menunjukkan pada kondisi muka air banjir dan kondisi surut cepat masih dianggap tidak memenuhi syarat.

Modifikasi Penampang Sungai Lokasi Selayo Kab. Solok(BH-01)

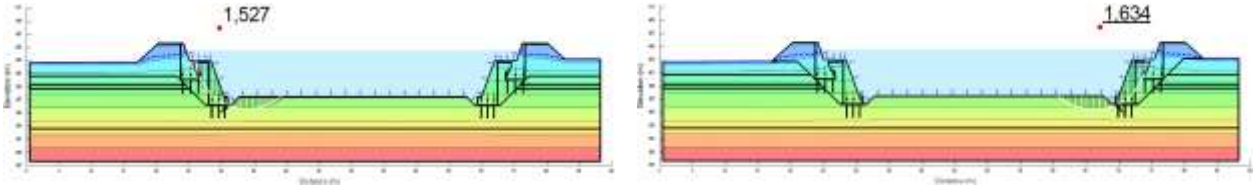


(a). Kondisi Muka Air Normal – Sandaran Kiri. FK = 2,304



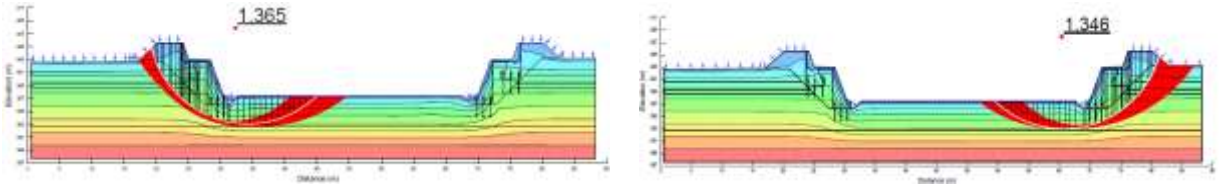
(b). Kondisi Muka Air Normal – Sandaran Kanan. FK = 2,330

Gambar 5. Modifikasi - Kondisi Muka Air Normal Lokasi Selayo (BH-01)



(a). Kondisi Muka Air Banjir – Sandaran Kiri. FK = 1,527 (b). Kondisi Muka Air Banjir – Sandaran Kanan. FK = 1,634

Gambar 6. Modifikasi - Kondisi Muka Air Banjir Lokasi Selayo (BH-01)



(a). Kondisi Muka Air Surut Cepat – Sandaran Kiri. FK = 1,365 (b). Kondisi Muka Air Surut Cepat – Sandaran Kanan. FK = 1,346

Gambar 7. Modifikasi - Kondisi Muka Air Surut Cepat Lokasi Selayo (BH-01)

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng dengan metode slope/w pada penampang BH-01, diperoleh nilai faktor keamanan (FK) pada berbagai kondisi muka air. Pada kondisi muka air normal, FK sandaran kiri sebesar 2,304 dan sandaran kanan sebesar 2,230, keduanya melebihi syarat minimum 1,5 sehingga dinyatakan aman. Pada kondisi muka air banjir, FK sandaran kiri sebesar 1,527 dan sandaran kanan sebesar 1,634, yang juga masih memenuhi syarat minimum 1,5 sesuai SNI 8640-2017 tentang persyaratan perancangan geoteknik. Sementara itu, pada kondisi surut cepat, FK sandaran kiri sebesar 1,365 dan sandaran kanan sebesar 1,346, lebih rendah dibanding kondisi normal dan banjir, namun tetap memenuhi syarat minimum 1,2. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa seluruh kondisi yang dianalisis menunjukkan nilai faktor keamanan di atas batas minimum yang dipersyaratkan, sehingga penampang hasil modifikasi ini dinyatakan stabil terhadap berbagai kondisi hidrologi. Tinjauan beberapa kondisi menunjukan Memenuhi Persyaratan faktor keamanan minimum.

2. Lokasi VI Suku (BH-02)

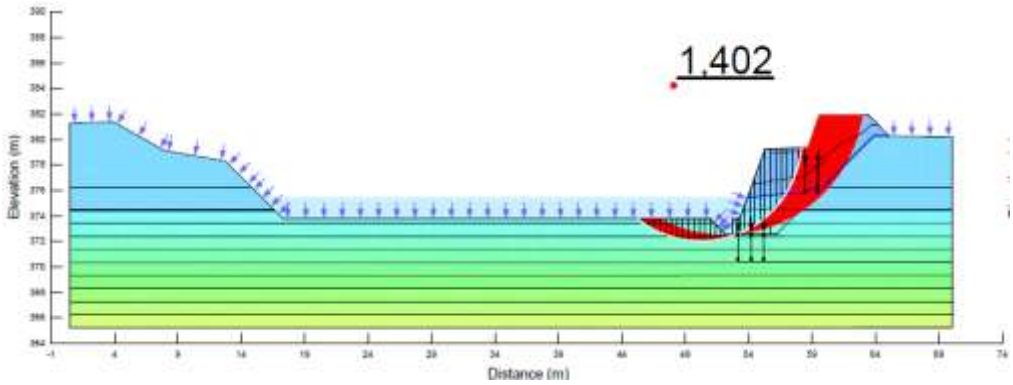
Data input parameter pada Lokasi VI Suku (BH-02) dengan data perkuatan lereng yaitu shear capacity 22.78 kPa dengan berat jenis 24.00 kN/m^3 berdasarkan hasil uji laboratorium dapat dilihat pada Tabel 2.

Table 2. Rekapitulasi Parameter BH-02 (VI Suku TG.15)

Kedalaman (m)	NSPT	Soil	Kekerasan	γwet (kN/m^3)	γdry (kN/m^3)	γsat (kN/m^3)	Cu (kN/m^2)	ϕ^o	e	WC (%)
5,80 – 15,00	55	Sand Gravel (SP)	Very Dense	15,96	14,23	18,402	26,674	24,8	0,74	12,17

Kondisi Muka Air Normal:

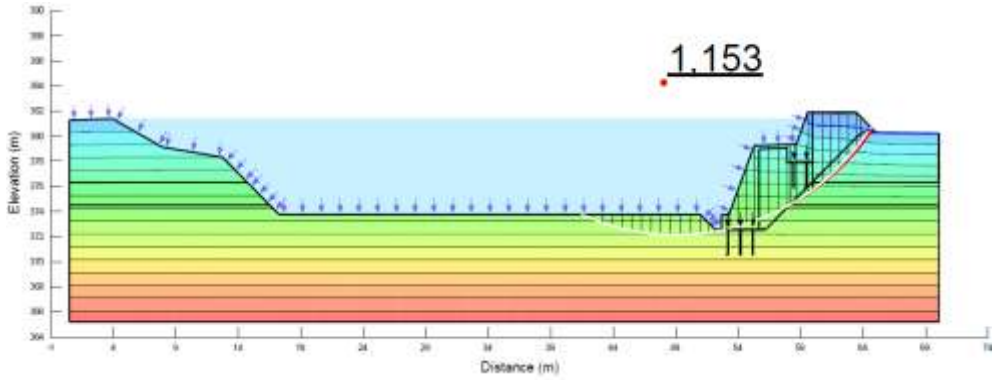
Faktor keamanan pada sisi kanan (FK = 1,402) tidak memenuhi syarat karena masih di bawah nilai minimum yang disyaratkan, yakni 1,5.



Gambar 8. Kondisi Muka Air Normal – Sandaran Kanan. FK = 1,402

Kondisi Muka Air Banjir:

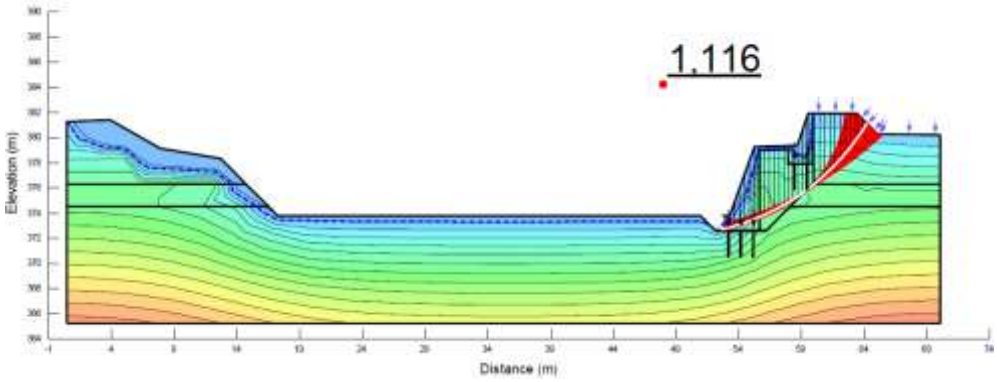
Faktor keamanan pada sisi kanan (FK = 1,153) juga tidak memenuhi syarat karena kurang dari 1,5.



Gambar 9. Kondisi Muka Air Banjir – Sandaran Kanan. FK = 1,153

Kondisi Muka Air Surut Cepat:

Faktor keamanan pada sisi kanan (FK = 1,116) tidak memenuhi syarat karena kurang dari 1,2.



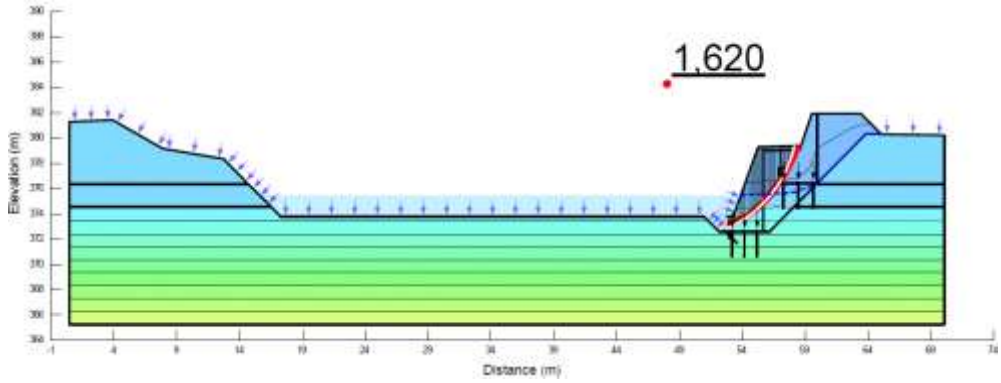
Gambar 10. Kondisi Muka Air Surut Cepat – Sandaran Kanan. FK = 1,116

Dari hasil analisis slope/w tersebut, dengan faktor keamanan minimum yang tertera pada (SNI 8640-2017 "Persyaratan perancangan geoteknik"). Tinjauan beberapa kondisi menunjukan Tidak Memenuhi Persyaratan terhadap faktor keamanan minimum.

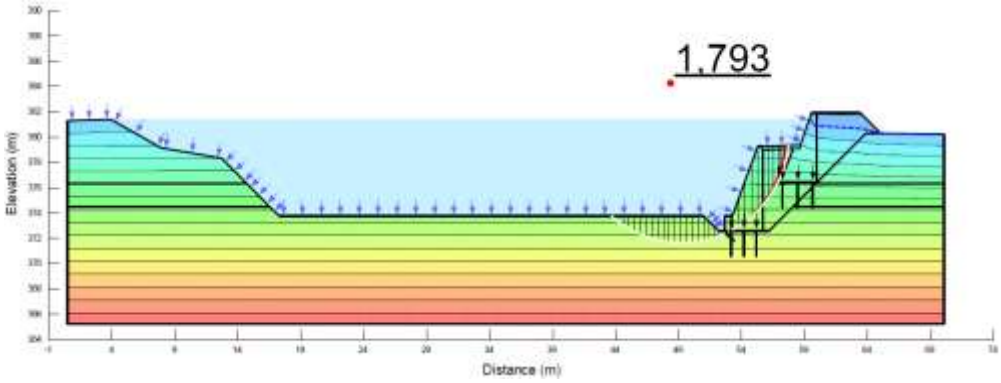
Modifikasi Penampang Sungai Lokasi VI Suku Kota Solok (BH-02)

Pemodelan modifikasi penampang sungai pada lokasi VI Suku, Kota Solok (BH-02) dilakukan untuk menganalisis stabilitas tebing sungai terhadap variasi kondisi muka air, sehingga dapat memastikan

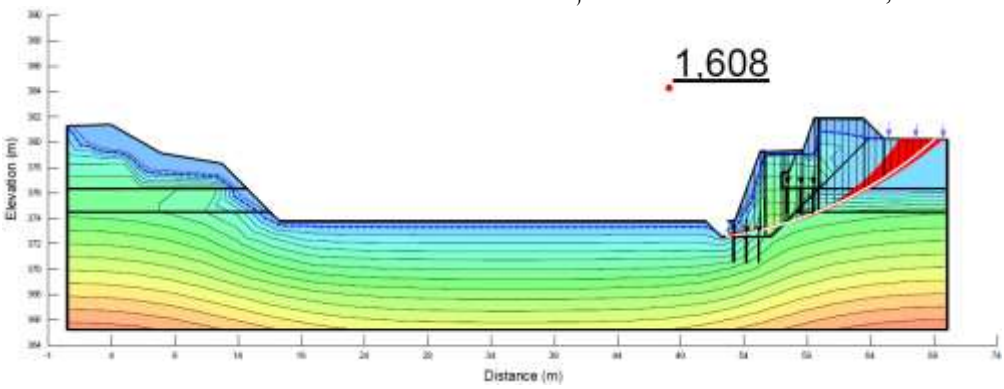
keamanan lereng sesuai persyaratan geoteknik yang berlaku. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 11, Gambar 12, dan Gambar 13 yang memperlihatkan hasil pemodelan serta nilai faktor keamanan pada berbagai kondisi muka air.



Gambar 11. Modifikasi - Kondisi Muka Air Normal – Sandaran Kanan. FK = 2,012



Gambar 12. Modifikasi - Kondisi Muka Air Banjir – Sandaran Kanan. FK = 2,482



Gambar 13. Modifikasi - Kondisi Muka Air Surut Cepat – Sandaran Kanan. FK = 1,429

Berdasarkan hasil analisis stabilitas lereng menggunakan *slope/w* pada pemodelan modifikasi penampang BH-02, diperoleh nilai faktor keamanan (FK) yang bervariasi sesuai dengan kondisi muka air. Pada kondisi muka air normal, nilai FK sebesar 1,620 dan pada kondisi muka air banjir sebesar 1,793, keduanya melebihi syarat minimum 1,5 sehingga dinyatakan stabil. Sementara itu, pada kondisi surut cepat, nilai FK sebesar 1,608 yang masih lebih besar dari syarat minimum 1,2, sehingga tetap memenuhi kriteria keamanan. Dengan demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa penampang BH-02 memenuhi persyaratan faktor keamanan minimum sesuai ketentuan dalam SNI 8640-2017 tentang perancangan geoteknik, baik pada kondisi normal, banjir, maupun surut cepat, sehingga modifikasi penampang dapat dinyatakan stabil terhadap variasi kondisi hidrologi (banjir, aliran normal, dan surut cepat) yang memengaruhi kestabilan tebing sungai.

3. Lokasi KTK (BH-03)

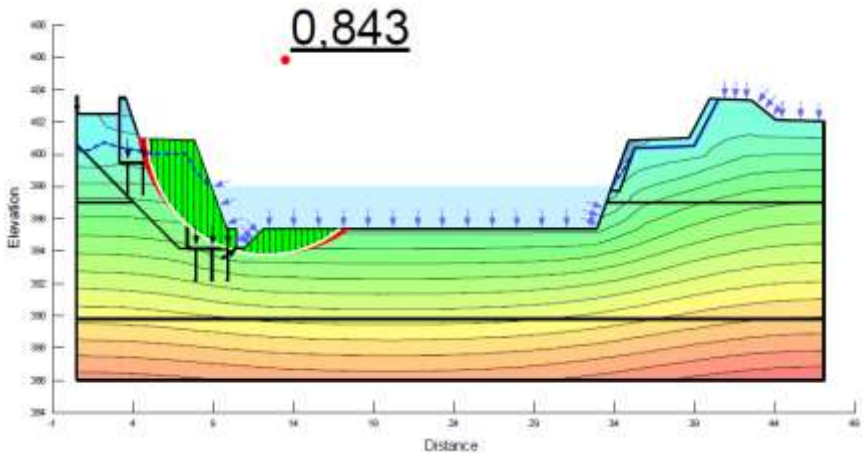
Untuk material backfill / timbunan (dipadatkan, kepadatan > 95%) pada penampang BH-03 perlu didatangkan material freedrain berupa material random batu untuk meminimalisir tekanan air pori. Data input parameter pada Lokasi KTK Solok (BH-03) dengan data perkuatan lereng yaitu shear capacity 22.78 kPa dengan berat jenis 24.00 kN/m^3 berdasarkan hasil uji laboratorium dapat dilihat pada Tabel 3.

Table 3. Rekapitulasi Parameter BH-03 (KTK P.4)

Kedalaman (m)	NSPT	Soil	Kekerasan	γwet (kN/m^3)	γdry (kN/m^3)	γsat (kN/m^3)	Cu (kN/m^2)	ϕ^o	e	WC (%)
4,00 – 11,20	22	Lean Clay (CL)	Medium	15,18	11,17	16,841	15,593	12,5	1,37	35,95

Kondisi Muka Air Normal:

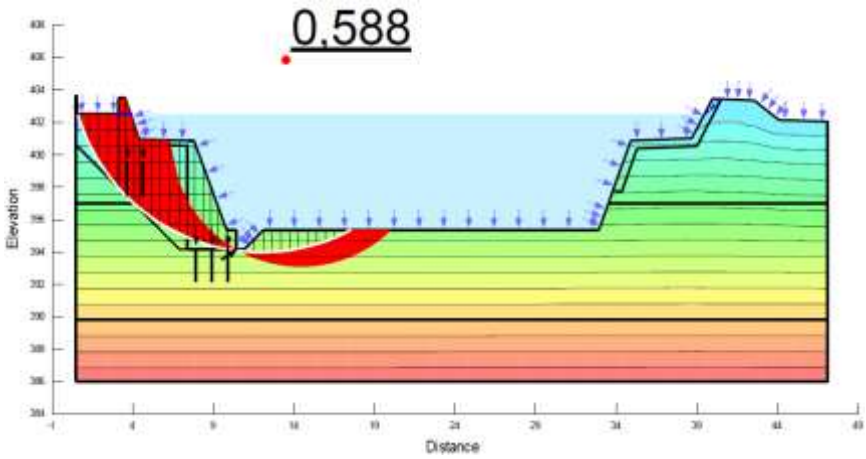
Faktor keamanan pada sisi kanan (FK = 2,301) memenuhi syarat dengan lebih dari 1,5.



Gambar 14. Kondisi Muka Air Normal – Sandaran Kanan. FK = 0,843

Kondisi Muka Air Banjir:

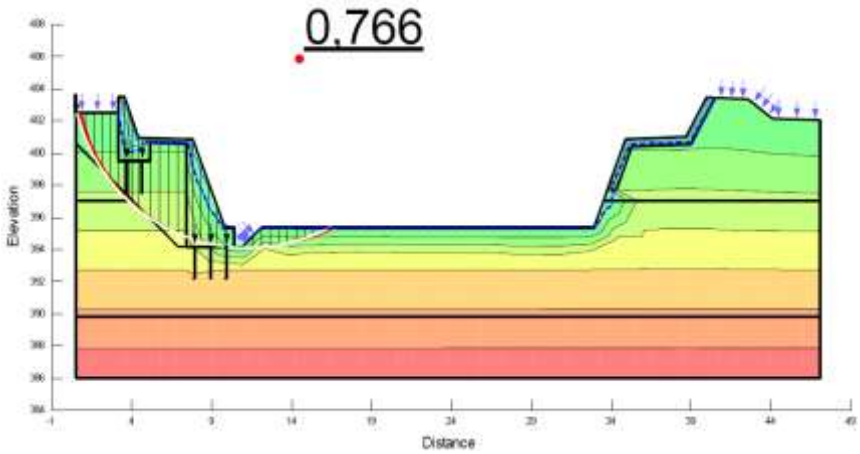
Faktor keamanan pada sisi kanan (FK = 1,538) memenuhi syarat dengan lebih dari 1,5.



Gambar 15. Kondisi Muka Air Banjir – Kanan. FK = 0,588

Kondisi Muka Air Surut Cepat:

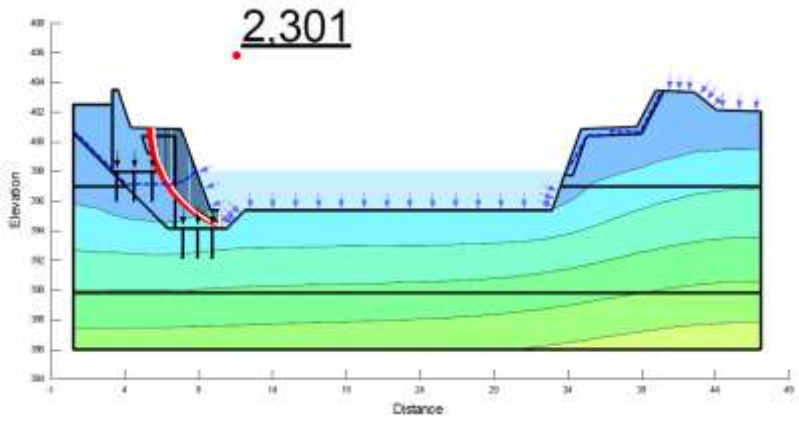
Faktor keamanan pada sisi kanan (FK = 1,917) memenuhi syarat dengan lebih dari 1,2.



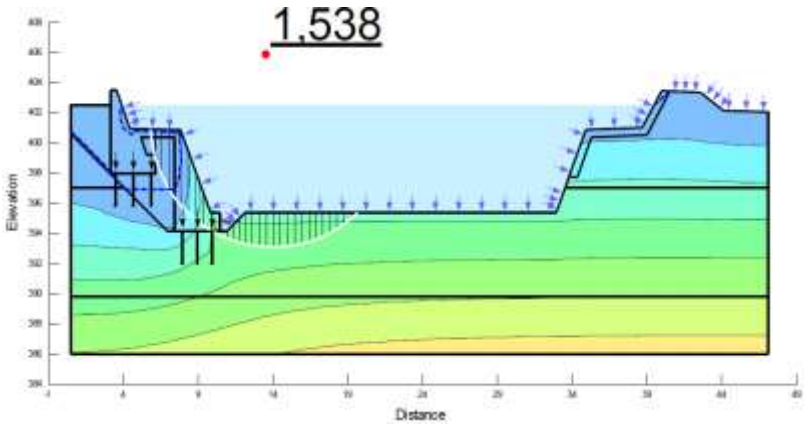
Gambar 16. Kondisi Muka Air Surut Cepat – Sandaran Kanan. FK = 1,116

Modifikasi Penampang Sungai Lokasi KTK Solok (BH-03)

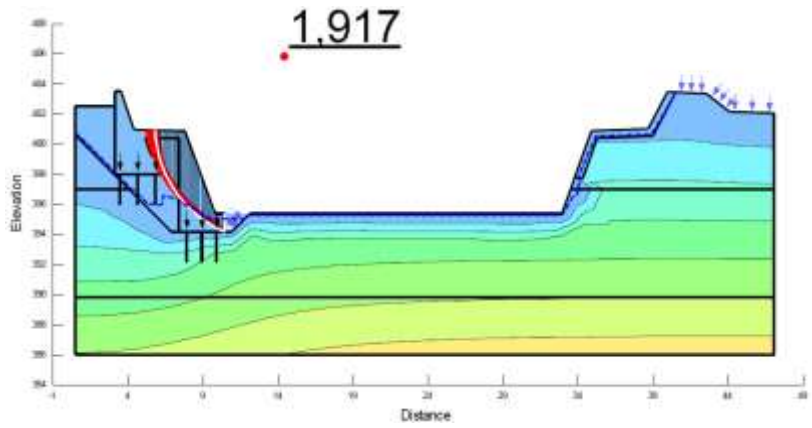
Pemodelan modifikasi penampang sungai pada lokasi KTK Solok (BH-03) disusun untuk mengkaji respon stabilitas tebing terhadap kondisi muka air yang berbeda, serta menilai efektivitas rancangan modifikasi dalam menjaga faktor keamanan. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 17, Gambar 18, dan Gambar 19 yang memperlihatkan hasil pemodelan serta nilai faktor keamanan pada berbagai kondisi muka air.



Gambar 17. Modifikasi - Kondisi Muka Air Normal – Sandaran Kanan. FK = 2,301



Gambar 18. Modifikasi - Kondisi Muka Air Banjir – Sandaran Kanan. FK = 1,538

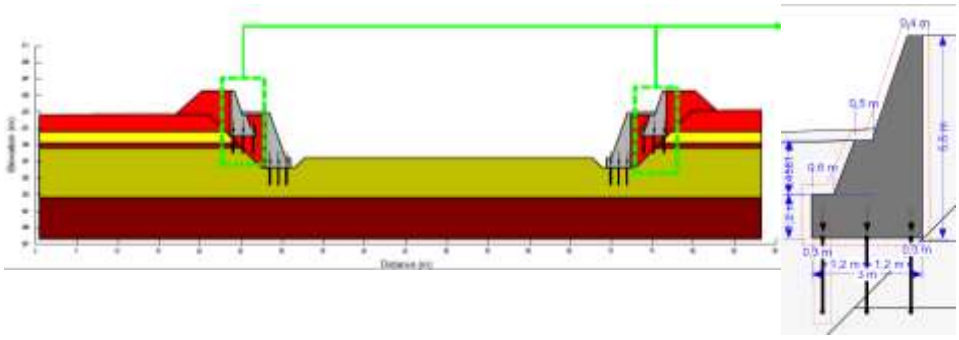


Gambar 19. Modifikasi - Kondisi Muka Air Surut Cepat – Sandaran Kanan. FK = 1,917

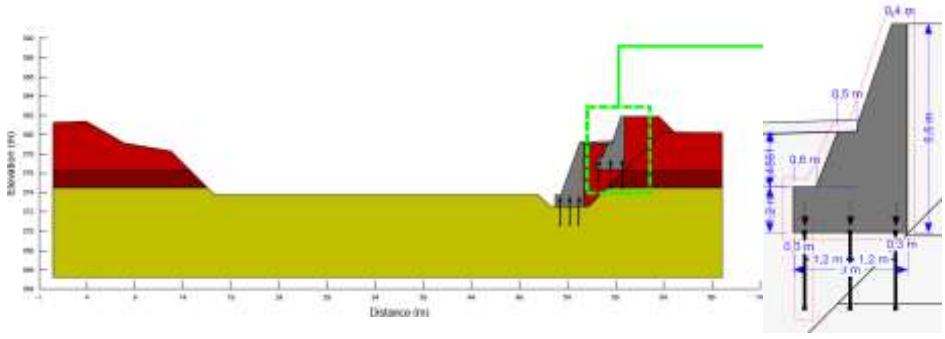
Berdasarkan hasil pemodelan modifikasi pada lokasi KTK Kota Solok (BH-03), analisis stabilitas lereng menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan (FK) bervariasi sesuai kondisi muka air. Pada kondisi muka air normal, diperoleh FK sebesar 2,301 yang jauh di atas syarat minimum 1,5, sehingga tebing dinyatakan stabil. Pada kondisi muka air banjir, FK menurun menjadi 1,538, namun masih memenuhi persyaratan minimum 1,5 sesuai standar SNI 8640-2017 tentang perancangan geoteknik. Sementara itu, pada kondisi surut cepat, FK tercatat sebesar 1,917 yang juga melampaui syarat minimum 1,2, sehingga tetap berada dalam kondisi aman. Secara keseluruhan, hasil analisis ini menunjukkan bahwa modifikasi penampang pada lokasi BH-03 telah mampu menjaga kestabilan tebing sungai dalam berbagai variasi muka air dan memenuhi persyaratan faktor keamanan minimum.

4. Modifikasi Penampang Sungai

Untuk ketiga lokasi yang dimodifikasi, termasuk perbaikan geometri dan penambahan cerucuk dolken, hasil analisis menunjukkan bahwa semua kondisi kini memenuhi persyaratan faktor keamanan minimum sesuai dengan SNI 864 0-2017.



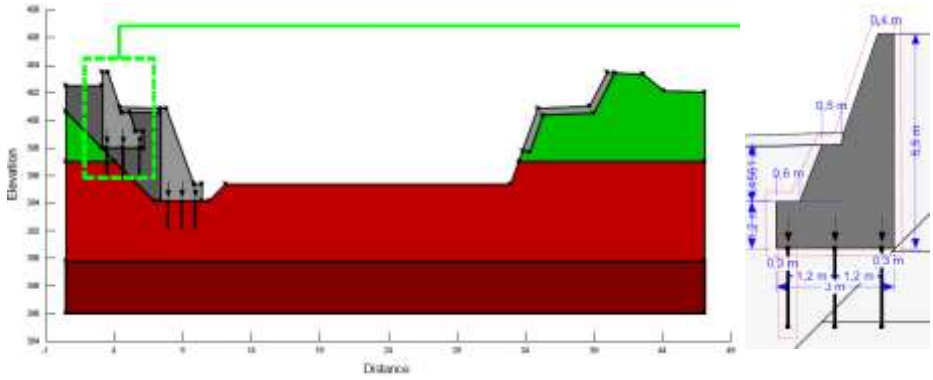
Gambar 20. Pemodelan Modifikasi Penampang Sungai Lokasi Selayo Kab. Solok – BH-01



Gambar 21. Pemodelan Modifikasi Penampang Sungai Lokasi VI Suku (Kota Solok) – BH-02

Pada kedua lokasi yaitu Selayo Kab. Solok – BH-01 (Gambar 20.) dan Lokasi VI Suku (Kota Solok) (Gambar 21.) Merupakan pemodelan modifikasi penampang dengan DPT pasangan batu bagian atas dilakukan perubahan geometri dan penambahan 1 row cerucuk dolken, dengan konfigurasi sebagai berikut :

1. Jarak antar dolken memanjang : 1 m
2. Jarak antar dolken melintang : 1,2 m



Gambar 22. Pemodelan Modifikasi Penampang Sungai Lokasi KTK (Kota Solok) – BH-03

Kemudian untuk lokasi KTK Kota Solok BH-03 (Gambar 22.) Merupakan pemodelan modifikasi penampang DPT pasangan batu bagian atas dilakukan perubahan geometri dan penambahan 1 row cerucuk dolken, dengan konfigurasi sebagai berikut :

1. Jarak antar dolken memanjang : 1 m
2. Jarak antar dolken melintang : 1,2 m
3. Backfill menggunakan material random batu (Free Drain) – Non Plastic, dengan ketentuan Ukuran max. 300 mm ~ 400 mm, passing material No.200 (0.075 mm) < 5 %, kepadatan Relative > 85 %.

Table 4. Faktor Keamanan (FK) berdasarkan kondisi muka air

Lokasi	Kondisi	Sandaran Kiri (FK)	Sandaran Kiri (FK)	Status Kesesuaian
BH-01	Muka Air Normal	2,237	2,182	Memenuhi Syarat
	Muka Air Banjir	1,063	1,159	Tidak Memenuhi
	Muka Air Surut Cepat	0,953	0,964	Tidak Memenuhi
BH-02	Muka Air Normal	-	1,402	Tidak Memenuhi
	Muka Air Banjir	-	1,153	Tidak Memenuhi
	Muka Air Surut Cepat	-	1,116	Tidak Memenuhi
BH-03	Muka Air Normal	-	2,301	Memenuhi Syarat
	Muka Air Banjir	-	1,538	Memenuhi Syarat
	Muka Air Surut Cepat	-	1,917	Memenuhi Syarat

Analisis menunjukkan bahwa kondisi muka air normal di sisi kiri dan kanan penampang sungai pada sebagian besar lokasi memenuhi faktor keamanan yang dipersyaratkan oleh SNI 8640-2017. Namun, kondisi muka air banjir dan surut cepat masih menunjukkan faktor keamanan yang tidak memenuhi syarat. Modifikasi penampang sungai, termasuk penambahan cerucuk dolken, terbukti meningkatkan faktor keamanan dan memenuhi standar keselamatan yang ditetapkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pemodelan modifikasi pada beberapa lokasi penampang (BH-01, BH-02, dan BH-03), penelitian ini menunjukkan bahwa stabilitas tebing Sungai Batang Lembang dipengaruhi secara signifikan oleh variasi muka air. Pada kondisi muka air normal, seluruh lokasi penelitian menghasilkan nilai faktor keamanan (FK) di atas persyaratan minimum (≥1,5), sehingga dapat dinyatakan stabil. Pada kondisi banjir, nilai FK cenderung menurun, namun masih berada pada batas aman sesuai standar geoteknik, meskipun mendekati nilai kritis yang berpotensi menimbulkan ketidakstabilan. Sementara itu, pada kondisi surut cepat, nilai FK umumnya lebih rendah dibandingkan kondisi normal, tetapi tetap memenuhi syarat minimum (≥1,2). Secara keseluruhan, modifikasi penampang sungai yang dilakukan, baik melalui perubahan geometri maupun penambahan elemen pendukung seperti cerucuk dolken, terbukti mampu meningkatkan faktor keamanan dan memastikan lereng memenuhi standar keselamatan yang dipersyaratkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi stabilitas tebing sungai Batang Lembang dengan pendekatan kuantitatif, fokus pada analisis faktor keamanan dalam kondisi muka air yang berbeda. Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dampak dari perubahan muka air, seperti kondisi normal, banjir, dan surut cepat, terhadap kestabilan tebing sungai serta menilai apakah kondisi-kondisi tersebut dapat memenuhi standar faktor keamanan yang diatur dalam peraturan geoteknik.

Hasil analisis mengungkapkan adanya perbedaan yang signifikan dalam faktor keamanan berdasarkan kondisi muka air yang dianalisis. Secara umum, kondisi muka air normal menunjukkan faktor keamanan yang memenuhi standar yang ditetapkan, sementara pada kondisi muka air banjir dan surut cepat, faktor keamanan cenderung menurun, yang mengindikasikan potensi ketidakstabilan pada tebing tersebut. Peningkatan faktor keamanan dapat dicapai dengan modifikasi penampang sungai, termasuk perubahan geometri serta penambahan cerucuk dolken, yang memastikan tebing memenuhi standar keselamatan yang diperlukan.

Penelitian ini memberikan kontribusi yang substansial baik dalam konteks teori maupun penerapan praktis. Secara teoritis, penelitian ini memperdalam pemahaman tentang faktor-faktor yang mempengaruhi stabilitas tebing sungai, terutama dalam kaitannya dengan kondisi muka air yang bervariasi. Penggunaan software SLOPE/W dalam analisis stabilitas lereng juga semakin memperkokoh dasar metodologi dalam bidang geoteknik untuk penelitian-penelitian serupa di masa depan. Secara praktis, temuan-temuan penelitian ini dapat dijadikan panduan bagi instansi pemerintah dan lembaga terkait dalam merancang kebijakan pengelolaan sungai yang lebih aman dan efektif, guna mengurangi risiko bencana alam yang diakibatkan oleh ketidakstabilan tebing. Hasil penelitian ini juga memiliki potensi sebagai acuan dalam penyusunan kebijakan terkait pengelolaan infrastruktur dan mitigasi bencana di wilayah yang rawan bencana.

Manfaat penelitian ini sangat relevan dalam meningkatkan pemahaman mengenai pentingnya faktor keamanan dalam perancangan dan pengelolaan tebing sungai, khususnya ketika menghadapi kondisi muka air yang ekstrem. Temuan ini juga dapat menjadi dasar dalam pengambilan keputusan oleh pihak berwenang untuk menyusun kebijakan yang lebih terarah dan komprehensif dalam mengelola aliran sungai serta mengurangi potensi bencana alam.

Meski demikian, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan, terutama dalam hal cakupan variabel yang hanya terfokus pada kondisi muka air dan faktor keamanan di beberapa lokasi saja. Penelitian selanjutnya diharapkan untuk memperluas variabel yang dianalisis, seperti pengaruh jenis tanah atau curah hujan terhadap stabilitas tebing, serta memperluas jumlah titik lokasi yang dianalisis, yang mencakup beragam karakteristik geoteknik. Pendekatan metode yang lebih mendalam, seperti penggunaan model tiga dimensi atau analisis numerik yang lebih kompleks, juga dapat menghasilkan data yang lebih akurat dan mencerminkan kondisi lapangan yang lebih nyata.

REFERENSI

Badan Standarisasi Nasional. (2017). Persyaratan Perancangan Geoteknik SNI 8640-2017. In SNI. https://binamarga.pu.go.id/index.php/nspk/sni-bidang-gl

Febriansya, A., Somantri, A. K., Azwar Kays Kamal, Salma Fadhilah Suryadi, & Alman Rahadiansyah Willianto. (2021). Analisis Stabilitas Lereng Akibat Beban Gempa 4,9 SR pada Kasus Longsoran Jalan Bandung-Tasik KM. 48 Kabupaten Garut. Potensi: Jurnal Sipil Politeknik, 23(1), 59–66. https://doi.org/10.35313/potensi.v23i1.3407

Ismayani, N., Ferawati, Febrianto, H., Mariati, H., & Oktavianda, N. (2021). Klasifikasi Lahan Kawasan Rawan Longsor di Kecamatan Koto Parik Gadang Diateh Kabupaten Solok Selatan. Jurnal Georafflesia, 6(1), 58–67. https://journals.unihaz.ac.id/index.php/georafflesia

Mina, E., Fathonah, W., Kusuma, R. I., & Ramadhani, A. F. (2022). Analisis Stabilitas Lereng dengan Alternatif Perkuatan Menggunakan Software Plaxis 2D dan Slope/w (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Kampus Baru UNTIRTA Sindangsari). Fondasi: Jurnal Teknik Sipil, 11(2), 161–171. https://doi.org/10.36055/fondasi.v11i2.17101

Pramulandani, A., & Hamdhan, I. N. (2020). Analisis Stabilitas Lereng dengan Perkuatan Geocell Menggunakan Metode Elemen Hingga (PLAXIS 2D). RekaRacana: Jurnal Teknik Sipil, 6(2), 86. https://doi.org/10.26760/rekaracana.v6i2.86

Wardana, I. G. N. (2011). Pengaruh Perubahan Muka Air Tanah dan Terasering