

ANALISIS PENGARUH RETAKAN (CRACK) TERHADAP STABILITAS TEBING KAPUR DI TANAH BARAK, KUTA SELATAN, BADUNG, BALI

Ni Nyoman Kania Triananta Pratiwi¹, I Made Aryatirta Predana², I Wayan Redana²

¹ Mahasiswa Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali

² Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran, Badung, Bali

ABSTRAK

Tebing batu kapur memiliki sifat diskontinuitas alami berupa retakan yang dianggap sebagai bidang lemah yang berpengaruh pada kuat geser tebing sehingga risiko kelongsoran meningkat. Kekhawatiran akan ancaman tersebut terbukti nyata dengan peristiwa longsor yang terjadi pada Januari 2025. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas tebing serta peran dan pengaruh adanya retakan terhadapnya. Analisis stabilitas dilakukan secara analitis dan tebing dimodelkan dengan software GeoStudio 2021 menggunakan Metode Bishop. Hasil penelitian menunjukkan tebing sangat rentan karena nilai faktor keamanan untuk semua kondisi menunjukkan angka di bawah 1. Pada kondisi tebing natural, nilai faktor keamanan yang didapat menunjukkan nilai sebesar 0.922. Pada saat tebing mengalami retakan dengan kedalaman 0.55m, angka keamanan mengalami penurunan untuk retakan dengan kondisi kering menjadi 0.9 dan retakan dengan kondisi jenuh air menjadi 0.882. Penurunan nilai faktor keamanan terjadi karena retakan merupakan bidang lemah yang menyebabkan kuat geser material tebing mengalami penurunan, selain itu air yang mengisi celah – celah retakan yang mengakibatkan tekanan air pori meningkat serta menambah beban pada tebing. Keberadaan retakan juga mempengaruhi bentuk bidang gelincir kritis yang awalnya berbentuk sirkular akan berubah menjadi non sirkular karena bentuk bidang gelincir mengikuti pola dari retakan.

Kata Kunci: stabilitas tebing, batu kapur, retakan, faktor keamanan.

1. PENDAHULUAN

Pantai Tanah Barak yang terletak di Desa Adat Kutuh, Kecamatan Denpasar Selatan, Kabupaten Badung merupakan destinasi wisata di Bali dengan ciri khas tebing batu kapur tinggi yang terbelah membentuk lorong. Namun, dibalik segala keindahan alam yang ditawarkan, tebing tersebut menyimpan potensi bahaya yang signifikan akibat dari segala aktivitas yang dilakukan di sekitar area tebing, yang dikenal dengan istilah longsor. Batu kapur (*limestone*) sebagai material penyusun tebing memiliki karakteristik unik; secara fisik sangat kuat namun sangat rentan dan mudah mengalami erosi akibat air dan proses pelapukan (Ardana & Aribudiman, 2019), menyebabkan kerentanan tebing terhadap instabilitas menjadi meningkat. Perubahan kondisi alami tebing dengan melakukan pemotongan lereng yang bertujuan untuk pembangunan akses jalan dan fasilitas pariwisata mempercepat proses pelapukan (Glade et al., 2005). Sifat diskontinuitas alami berupa retakan dari tebing kapur merupakan bidang lemah yang berpengaruh pada kuat geser tebing sehingga risiko kelongsoran tebing meningkat (Hudson & Harrison, 1997).

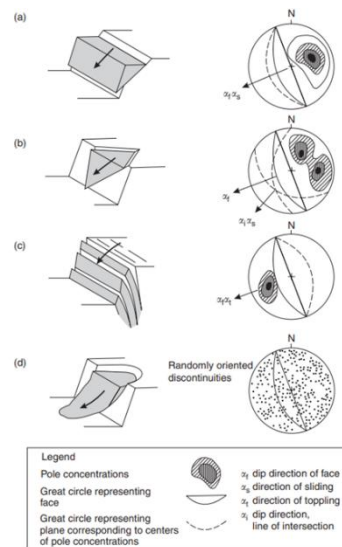
Kekhawatiran akan ancaman tersebut terbukti nyata dengan adanya peristiwa longsor pada Januari 2025 di Tanah Barak yang dipicu oleh curah hujan ekstrem yang mengguyur wilayah tersebut. Intensitas hujan yang tinggi diduga mengakibatkan retakan – retakan yang telah terbentuk sejak awal di puncak tebing akan terisi oleh air hujan. Saat hujan lebat terjadi, debit air yang masuk ke celah – celah retakan akan jauh lebih besar dibanding debit air keluar sehingga di dalam retakan terjadi *pore water pressure build-up* (Amalia et al., 2022). Seiring berjalannya waktu, retakan tersebut akan menjalar lebih dalam dan membentuk bidang gelincir tebing yang mengikuti pola dari retakan (Mochtar & Hutagamissufardal, 2016). Memperhatikan potensi risiko yang ditimbulkan akibat fenomena kelongsoran tebing di Tanah Barak, analisa stabilitas lereng/tebing sangat penting dilakukan. Penelitian bertujuan menganalisis stabilitas lereng/tebing serta peran dan pengaruh retakan (*crack*) terhadapnya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Keruntuhan Tebing

Longsor merupakan salah satu fenomena alam akibat dari tanah, batu, dan material lain yang mengalami pergerakan ke bawah karena adanya pengaruh dari gaya gravitasi. Fenomena alam longsor dapat terjadi secara alami maupun akibat dari perbuatan manusia. Faktor yang memicu terjadinya proses tersebut, antara lain kemiringan lereng yang curam, intensitas curah hujan, kondisi morfologi atau bentuk medan, penggunaan lahan oleh manusia, getaran akibat aktivitas seismik, serta karakteristik geologi dan jenis material pembentuk lereng itu sendiri (Highland & Bobrowsky,

2008).



Gambar 1. Tipikal keruntuhan batuan (a) planar; (b) wedge; (c) topples; (d) circular (Wyllie & Mah, 2004)

Stabilitas Tebing

Analisis stabilitas tebing dilakukan untuk mendapatkan nilai faktor keamanan suatu tebing untuk menyelidiki apakah suatu tebing aman dan kuat terhadap potensi kelongsoran dengan menghitung dan membandingkan seberapa besar gaya pendorong yang menggerakkan tanah/batuan ke bawah dan gaya penahan yang mempertahankan kestabilan tebing yang dinyatakan dalam bentuk angka. Pemilihan metode dalam menghitung stabilitas tebing bergantung pada kondisi tanah, geometri lereng, dan faktor – faktor yang mempengaruhi kestabilan tebing.

Analisa stabilitas pada penelitian ini menggunakan metode *limit equilibrium* yaitu metode Bishop. Metode Bishop hanya memenuhi keseimbangan momen namun tidak memenuhi keseimbangan gaya horizontal dengan mengasumsikan gaya geser antar irisan bernilai sama dengan 0, di mana nilai faktor keamanan metode Bishop diturunkan dari kesetimbangan vertikal yang didefinisikan sebagai berikut:

$$FS = \frac{\sum_{i=1}^n [c'_i \cdot l + W \tan \phi]}{\sum_{i=1}^n W \sin \alpha} \quad (1)$$

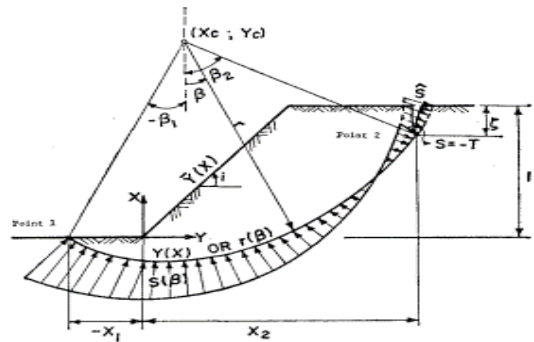
Di mana:

$$m_\alpha = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{F} \right) \quad (2)$$

Dengan: c' = kohesi (kPa), b = panjang tiap irisan (m), ϕ = Sudut gesek ($^\circ$), α = sudut kemiringan ($^\circ$), dan W = Berat irisan (kN).

Tension Cracks

Keberadaan suatu retakan yang terjadi di puncak suatu lereng batuan atau tanah dalam zona tertentu, menunjukkan tegangan tarik melebihi kuat tarik dari material lereng (Baker, 1981). Keberadaan retakan tersebut memberikan pengaruh terhadap stabilitas suatu lereng karena celah – celah yang tercipta memungkinkan air meresap ke dalam lereng sehingga retakan akan semakin meluas (Zhang et al., 2012). Air yang mengisi celah – celah retakan akan jauh lebih besar dibanding debit air keluar sehingga di dalam retakan terjadi *pore water pressure build-up* (Amalia et al., 2022). Seiring berjalannya waktu, retakan tersebut akan menjalar lebih dalam dan membentuk bidang gelincir tebing yang mengikuti pola dari retakan (Mochtar & Hutagamissufardal, 2016).



Gambar 2 Tension cracks pada lereng (Baker, 1981)

Oleh karena itu, memprediksi kedalaman suatu retakan sangat penting untuk memperkirakan pengaruhnya terhadap stabilitas suatu tebing. Kondisi tebing di mana retakan tidak akan berkembang juga perlu diketahui sehingga efek pelunakan yang akan sulit untuk dianalisis secara kuantitatif dapat dihindari. Kedalaman maksimum dari tegangan retak dapat dihitung secara teoritis (Redana, 2009), yang didefinisikan sebagai berikut:

$$z_0 = \frac{2c'}{\gamma\sqrt{K_A}} \quad (3)$$

Di mana:

$$K_A = \tan^2\left(45^\circ + \frac{\phi}{2}\right) \quad (4)$$

Dengan: z_0 = kedalaman tegangan retak (m), c' = kohesi (kPa), γ = berat isi (kN/m^3), ϕ = Sudut gesek ($^\circ$).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian menganalisis stabilitas tebing yang berlokasi di Pantai Tanah Barak, terletak di Jalan Tanah Barak, Desa Adat Kutuh, Kecamatan Kuta Selatan, Kabupaten Badung.



Gambar 3 Tebing Kapur di Tanah Barak

Penelitian ini dimulai dengan mengidentifikasi permasalahan dan mencari tahu penyebab kelongsoran terjadi di lokasi. Selanjutnya, mengumpulkan informasi atau referensi terkait dilakukan sebagai acuan untuk mengerjakan penelitian dengan melakukan studi literatur sebagai penunjang penelitian sehingga hasil akhir penelitian memiliki dasar yang tepat serta dapat dipertanggung jawabkan. Data yang dibutuhkan pada penelitian berupa data primer yang didapat dengan melakukan observasi (pengamatan) langsung pada objek penelitian dan data sekunder yang diperoleh dari Laporan Kajian Penyelidikan Tanah kerja sama antara Desa Adat Kutuh dengan Pusat Unggulan Pariwisata, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Udayana. Data sekunder yang telah diperoleh kemudian diolah dan dianalisis sesuai dengan kajian teori, dengan hasil akhir yang diharapkan adalah perhitungan analisis stabilitas tebing serta peran dan pengaruh *tension crack* terhadap stabilitas tebing.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Parameter Tanah

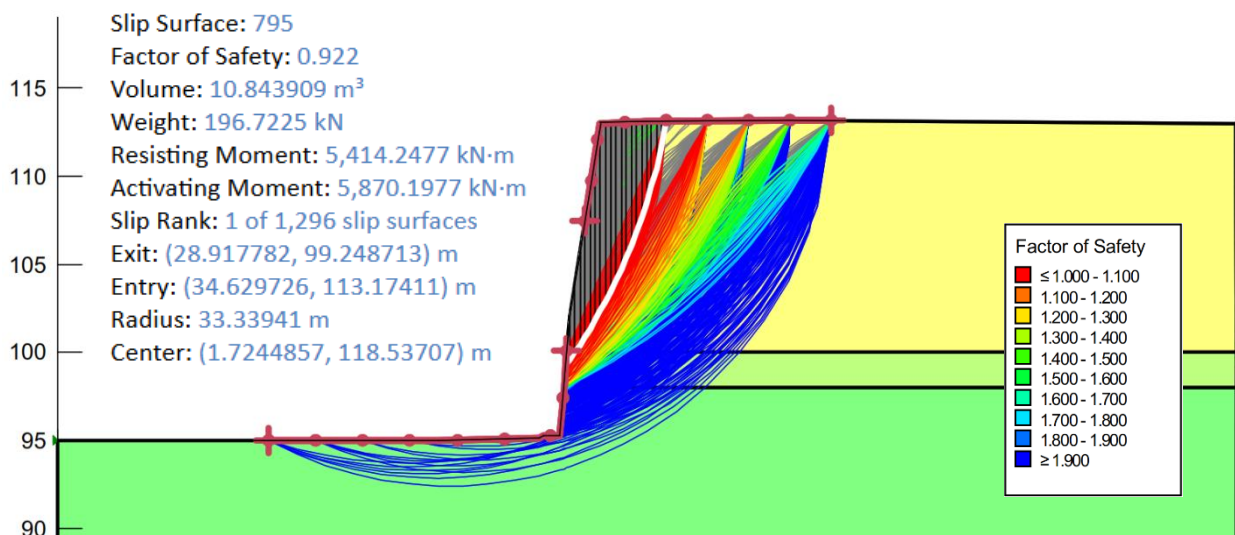
Material penyusun tebing di Tanah Bawak didominasi oleh batuan kapur (*limestone*). Parameter tanah yang digunakan dalam analisis ini ditunjukkan pada tabel 1 di bawah.

Tabel 1 Data properties tanah

Kedalaman (m)	Deskripsi Tanah	Nilai SPT (pukulan /15 cm)	RQD x c (kN/m ²)	γ (kN/m ³)	ϕ (..°)
+113 s.d +100 (0 - 13)	Batu Pecah Limestone Berpasir Putih-Coklat	50	13.73	18.14	49.87
+100 s.d +98 (13 - 15)	Batu Putih Limestone Berpasir Putih	50	12.75	18.41	53.36
+98 s.d +83 (15 - 30)	Batu Pecah Limestone Berpasir Putih-Coklat	50	864.05 - 1046.33	22.24 - 23.03	0.0

Analisis Stabilitas Tebing Kondisi Natural

Pemodelan pertama dilakukan dengan kondisi natural tebing dengan bentuk yang sama persis tanpa retakan, air hujan, perkuatan dan beban tambahan. Sesuai dengan hasil analisis yang ditunjukkan pada perangkat lunak GeoStudio 2021 pada **gambar 4**, besar nilai faktor keamanan yang didapat dengan menggunakan metode Bishop adalah **0.922**, sehingga tebing **tidak aman**.



Gambar 4 Pemodelan tebing kondisi natural slopes

Analisis Stabilitas Tebing dengan Kondisi Retakan Kering

Analisis stabilitas untuk kondisi tebing dengan retakan dilakukan secara analitis menggunakan metode Bishop Disederhanakan (*Simplified Bishop*). Setelah dihitung menggunakan **persamaan 3**, retakan memiliki kedalaman sebesar 0.55m dari puncak tebing. Posisi retakan ditentukan dengan pendekatan geofisika menggunakan resistivitasi dan didapatkan berada sepanjang 5m dari ujung tebing. Berdasarkan **tabel 2**, nilai faktor keamanan tebing dengan retakan kondisi kering adalah **0.9**, sehingga tebing dinyatakan **tidak aman**.

Tabel 2 Analisis stabilitas dengan kondisi retakan kering

Irisan	l (m)	b (m)	α ($^{\circ}$)	A (m ²)	W1 (kN)	Sin α ($^{\circ}$)	Tan ϕ ($^{\circ}$)	ma	(c' b + (W - u b) Tan ϕ)	W Sin α
1	1.11	0.54	56	1.504	27.686	0.829	1.345	1.819	24.24	22.95
2	1.16	0.622	58	3.483	63.185	0.848	1.186	1.667	50.08	53.58
3	1.23	0.622	60	5.287	95.906	0.866	1.186	1.661	73.62	83.06
4	1.31	0.622	62	6.330	114.819	0.899	1.186	1.644	88.06	103.20
5	1.43	0.622	64	6.071	110.123	0.921	1.186	1.625	85.64	101.37
6	1.58	0.622	67	4.833	87.670	0.940	1.186	1.60	70.24	82.38
7	1.8	0.622	70	3.906	70.858	0.956	1.186	1.57	58.80	67.76
8	2.14	0.622	73	2.758	50.033	0.974	1.186	1.53	44.33	48.75
9	2.86	0.622	77	1.263	22.905	0.974	1.186	1.53	23.32	22.32
10	0.63	0.11	80	0.035	0.629	0.985	1.186	1.49	0.50	0.62
Σ									518.81	585.99
									FS	0.9

Analisis Stabilitas Tebing dengan Kondisi Retakan Jenuh Air

Pada saat hujan intensitas tinggi terjadi, retakan tebing menjadi jenuh air. Dengan menggunakan kedalaman dan posisi retakan yang sama seperti kondisi kering, hasil perhitungan yang ditunjukkan pada **tabel 3** menghasilkan nilai faktor keamanan tebing sebesar **0.882**, sehingga tebing dinyatakan **tidak aman**.

Tabel 3 Analisis stabilitas dengan kondisi retakan jenuh air

Irisan	l (m)	b (m)	α ($^{\circ}$)	A (m ²)	W1 (kN)	Sin α ($^{\circ}$)	Tan ϕ ($^{\circ}$)	ma	(c' b + (W - u b) Tan ϕ)	W Sin α
1	1.11	0.54	56	1.504	27.686	0.829	1.345	1.823	24.20	22.95
2	1.16	0.622	58	3.483	63.185	0.848	1.186	1.670	49.99	53.58
3	1.23	0.622	60	5.287	95.906	0.866	1.186	1.665	73.48	83.06
4	1.31	0.622	62	6.330	114.819	0.899	1.186	1.647	87.89	103.20
5	1.43	0.622	64	6.071	110.123	0.921	1.186	1.629	85.46	101.37
6	1.58	0.622	67	4.833	87.670	0.940	1.186	1.61	70.09	82.38
7	1.8	0.622	70	3.906	70.858	0.956	1.186	1.58	58.67	67.76
8	2.14	0.622	73	2.758	50.033	0.974	1.186	1.54	44.22	48.75
9	2.86	0.622	77	1.263	22.905	0.974	1.186	1.54	23.26	22.32
10	0.63	0.11	80	0.035	0.629	0.985	1.186	1.50	0.23	0.62
Σ									517.04	585.99
									FS	0.882

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, tebing di Tanah barak berada dalam kondisi tidak stabil. Tebing dengan kondisi natural slope memiliki nilai faktor keamanan < 1 , yaitu 0.922, sehingga lereng sangat rentan dan berisiko tinggi mengalami kelongsoran. Tebing dengan retakan mengalami penurunan nilai faktor keamanan pada kondisi kering dan jenuh air, yaitu sebesar 0.9 dan 0.882. Penurunan nilai faktor keamanan mengindikasikan keretakan merupakan bidang lemah tebing yang menyebabkan kuat geser material tebing mengalami pemurunan sehingga memudahkan pergerakan tanah dan batuan terjadi. Air yang mengisi celah – celah retakan memberikan pengaruh terhadap stabilitas tebing yang mengakibatkan tekanan air pori meningkat serta menambah beban pada tebing. Selain itu, retakan – retakan akan mempengaruhi bentuk bidang gelincir yang awalnya berbentuk sirkular akan berubah menjadi non sirkular karena bentuk bidang gelincir cenderung mengikuti pola dari retakan.

Dengan nilai faktor keamanan tebing untuk semua kondisi berada di bawah 1, tindakan mitigasi perlu dilakukan sesegera mungkin. Saran yang dapat dipertimbangkan sebagai langkah untuk meningkatkan stabilitas tebing adalah dengan membuat saluran drainase untuk mengalirkan air serta memberikan perkuatan pada lereng dengan menggunakan *ground anchor* atau dinding penahan tanah.

DAFTAR PUSTAKA

- Amalia, D., Mochtar, I. B., Mochtar, N. E., & Pudir, A. (2022). *Model Analisis Stabilitas Lereng menggunakan The Concept of Cracked Soil*. Deepublish.
- Ardana, M. D. W., & Aribudiman, I. N. (2019). Analisis Karakteristik Batuan Kapur (Limestone dan Chalk) di Kawasan Bukit Pecatu Kabupaten Badung Bali. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 23(1), 1–5.
- Baker, R. (1981). Tensile Strength, Tension Cracks, and Stability of Slopes. *SOILS AND FOUNDATIONS: Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering*, 21(2), 1–17.
- Glade, Thomas., Anderson, M. G. ., & Crozier, M. J. . (2005). *Landslide hazard and risk* (Vol. 807). J. Wiley.
- Highland, L. M., & Bobrowsky, P. (2008). *The Landslide Handbook - A Guide to Understanding Landslides* (Version 1.0). U.S. Geological Survey (USGS).
- Hoek, E., & Bray, J. (1981). *Rock Slope Engineering* (3rd ed.). Taylor & Francis Routledge.
- Hudson, J. A., & Harrison, J. P. (1997). *Engineering Rock Mechanics* (1st ed.). Elsevier Science Ltd.
- Mochtar, I. B., & Hutagmissufardal. (2016, November). Cracks In Soils And Their Implication for Geotechnical Engineering. *20th Annual National Conference on Geotechnical Engineering Jakarta – INDONESIA*.
- Redana, I. W. (2009). *Teknik Pondasi*. UDAYANA UNIVERSITY PRESS .
- Wyllie, D. C., & Mah, C. W. (2004). *Rock Slope Engineering: Civil and Mining 4th Edition* (4th ed.). Spon Press Taylor and Francis Group.
- Zhang, G., Wang, R., Qian, J., Zhang, J.-M., & Qian, J. (2012). Effect Study of Crack on Behavior of Soil Slope under Rainfall Conditions. *Journal Soils and Foundations*, 52(4), 634–643.