

Pemodelan Dinding Penahan Tanah Menggunakan Metode Rankine (Studi Kasus Jl. Trans Timor KM. 17 Kabupaten TTS)

Paul Sianto, Sri Santi L M F Seran*, Gregorius P. Usboko

Universitas Katolik Widya Mandira Kupang, Indonesia

Email: santiseran18@gmail.com*

Keywords:

Retaining Wall; Rankine Method; Lateral Earth Pressure; Slope Stability; Trans Timor Road

Abstract

Road damage at Km 17 of the Trans Timor Road in South Central Timor Regency was caused by slope failure along the roadside, influenced by expansive soil characteristics. This condition led to foundation settlement and reduced road capacity. This research aims to analyze the stability of a retaining wall using the Rankine method as a mitigation measure for the observed failure. The methodology involves calculating active lateral earth pressure based on Rankine theory and evaluating wall stability against overturning, sliding, and bearing capacity failure. Soil parameters used in the analysis were unit weight $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, internal friction angle $\phi = 30^\circ$, and cohesion $c = 0$. The retaining wall was designed with a height of 7 m, foundation depth of 5 m, base width of 4 m, and surcharge load of 20 kN/m². The results indicate an active earth pressure of 41.958 kN/m. The factor of safety against overturning is 2.378 (>2.0), against sliding is 2.34 (>1.5), and the eccentricity remains within allowable limits, indicating no tensile stress under the foundation. These results demonstrate that the proposed retaining wall design satisfies stability requirements and is suitable for mitigating slope failure and restoring road performance at the study location. In conclusion, the designed retaining wall satisfies all stability requirements and is structurally safe against overturning, sliding, and bearing capacity failure. Therefore, it is suitable to be implemented as an effective engineering solution to mitigate slope failure and restore the performance and safety of the Trans Timor Road at the study location.

Kata Kunci:

Dinding Penahan Tanah; Metode Rankine; Stabilitas Lereng; Jalan Trans Timor; Tekanan Tanah Lateral

Abstrak

Kerusakan ruas Jalan Trans Timor Km 17 Kabupaten Timor Tengah Selatan terjadi akibat longsor pada tepi jalan yang dipengaruhi oleh karakteristik tanah ekspansif. Kondisi ini menyebabkan penurunan pondasi badan jalan sehingga hanya sebagian ruas yang dapat dilalui kendaraan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas dinding penahan tanah menggunakan metode Rankine sebagai upaya penanganan kerusakan jalan tersebut. Metode yang digunakan adalah analisis tekanan tanah lateral aktif dengan pendekatan Rankine, kemudian dilakukan pemeriksaan stabilitas terhadap guling, geser, dan daya dukung tanah. Parameter tanah yang digunakan yaitu berat isi tanah $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, sudut geser dalam $\phi = 30^\circ$, dan kohesi $c = 0$. Dimensi dinding yang direncanakan memiliki tinggi 7 m, kedalaman pondasi 5 m, lebar alas 4 m, serta beban surcharge 20 kN/m². Hasil analisis menunjukkan tekanan tanah aktif sebesar 41,958 kN/m, faktor keamanan terhadap guling sebesar 2,378 (>2), faktor keamanan terhadap geser sebesar 2,34 ($>1,5$), serta nilai eksentrisitas masih berada dalam batas yang diizinkan. Hasil ini menunjukkan bahwa dinding penahan tanah yang direncanakan memenuhi persyaratan stabilitas dan layak digunakan sebagai solusi perbaikan konstruksi jalan di lokasi studi. Berdasarkan hasil tersebut, dapat

disimpulkan bahwa desain dinding penahan tanah yang direncanakan telah memenuhi seluruh persyaratan stabilitas struktur dan aman terhadap potensi keruntuhan. Dengan demikian, dinding penahan tanah ini layak digunakan sebagai solusi teknis untuk menanggulangi longsoran serta memulihkan kinerja dan keamanan ruas Jalan Trans Timor pada lokasi penelitian.

PENDAHULUAN

Pulau Timor dengan karakteristik tanah ekspansif yang mengembang saat hujan dan menyusut saat kemarau cukup berdampak pada terjadinya kerusakan jalan. Terjadinya kerusakan jalan akan berimbas pada ketidaknyamanan pengendara saat berkendara di ruas jalan (Ahmadabadi & Durali-Ahmadabad, 2022; Lai et al., 2014; Tabaroei et al., 2024; Ukritchon & Keawsawasvong, 2021). Ruas jalan Trans Timor, merupakan jalan nasional yang menghubungkan beberapa kabupaten di Timor Barat antara lain, Kota Kupang, Kabupaten Kupang, Kabupaten TTS, Kabupaten TTU, Belu dan Malaka (Chaiyaput et al., 2021; Deng et al., 2014; Nandi et al., 2023; Schweiger & Tschuchnigg, 2021). Kabupaten TTS yang berada di bagian tengah memegang peranan penting dalam kelancaran transportasi terutama transportasi darat yang beroperasi baik dari Kabupaten TTU, Belu dan Malaka ke Kupang, maupun sebaliknya (Morsy & Thakeb, 2022; Santos et al., 2018).

Kerusakan yang terjadi pada Km 17 Kabupaten TTS cukup meresahkan para pengguna jalan saat berkendara melewati ruas jalan tersebut, dikarenakan hanya tersisa setengah ruas jalan yang tersisa untuk bias dilewati oleh kendaraan yang melalui ruas jalan tersebut. Dikarenakan terjadi penurunan pondasi ruas jalan akibat terjadi longsor pada tepi kiri jalan yang juga menyebabkan terlepasnya bagian jalan sebelah kiri.

Perencanaan dinding penahan ini dilakukan dengan menggunakan metode Rankine. Analisis stabilitas tanah ditinjau dari stabilitas geser, stabilitas guling dan penurunan daya dukung tanah. Dengan metode ini akan didesain dinding penahan tanah yang mampu menahan pergerakan baik pergerakan tanah dari arah horizontal maupun akibat beban vertikal dalam hal ini beban kendaraan yang memenuhi angka keamanan yang disyaratkan sebagai desain yang baik sebagai upaya perbaikan konstruksi jalan tersebut (Liu et al., 2016; Tajabadipour & Marandi, 2017; Zheng et al., 2019).

Salah satu metode yang umum digunakan dalam perencanaan dinding penahan tanah adalah metode Rankine, yang digunakan untuk menghitung tekanan tanah lateral aktif. Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa metode Rankine efektif dalam menganalisis stabilitas dinding penahan tanah pada berbagai kondisi tanah (Fathipour et al., 2021; Hardiyatmo, 2010; Peck et al., 1996; Soedarmo & Purnomo, n.d.). Misalnya, penelitian oleh (Tarigan, 2025) menunjukkan bahwa metode Rankine mampu memberikan hasil analisis stabilitas yang memenuhi faktor keamanan terhadap guling dan geser. Selain itu, (Craig, 1994; Gaspersz et al., n.d.) juga menyatakan bahwa penggunaan pendekatan teoritis Rankine cukup akurat untuk perencanaan dinding penahan tanah pada kondisi tanah non-kohefif.

Meskipun demikian, sebagian besar penelitian sebelumnya masih berfokus pada analisis teoritis tanpa mengaitkan secara langsung dengan kondisi lapangan yang spesifik, seperti karakteristik tanah ekspansif dan kasus kerusakan jalan aktual. Selain itu, masih terbatas penelitian yang mengintegrasikan analisis tekanan tanah lateral dengan evaluasi menyeluruh terhadap stabilitas struktur pada lokasi yang mengalami kerusakan nyata. Hal ini menunjukkan

adanya kesenjangan penelitian (*research gap*) yang perlu diisi melalui studi kasus yang lebih aplikatif dan kontekstual.

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini memiliki kebaruan (*novelty*) berupa penerapan metode Rankine pada studi kasus nyata kerusakan jalan akibat longsor di Km 17 Jalan Trans Timor, dengan mempertimbangkan parameter tanah aktual dan evaluasi stabilitas struktur secara komprehensif. Pendekatan ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih realistis dalam perencanaan dinding penahan tanah sebagai solusi perbaikan infrastruktur jalan.

Tujuan Penelitian ini Adalah Mengetahui stabilitas dinding penahan tanah menggunakan Metode Rankine pada Jl Trans Timor, studi kasus pada km 17 Kabupaten Timor Tengah Selatan. Manfaat penelitian ini secara teoritis adalah memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu geoteknik, khususnya terkait penerapan metode Rankine pada kondisi tanah ekspansif. Secara praktis, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan bagi perencana dan pihak terkait dalam merancang dinding penahan tanah yang aman dan efisien. Selain itu, penelitian ini juga memberikan manfaat bagi pemerintah daerah dan instansi terkait dalam upaya perbaikan dan pemeliharaan infrastruktur jalan, sehingga dapat meningkatkan keselamatan dan kenyamanan pengguna jalan.

METODE PENELITIAN

Pemodelan dinding penahan tanah dilakukan dengan menggunakan pendekatan teoritis menggunakan metode dalam mekanika tanah, yaitu teori Rankine untuk gaya tekanan tanah lateral. Analisis dilakukan dalam tiga aspek utama: guling (*overturning*), geser (*sliding*), dan daya dukung tanah (*bearing capacity*) dalam kondisi normal. Gaya Aktif Tanah (Metode Rankine):

1. Tanah bersifat homogen dan isotropik.
2. Bidang keruntuhan tanah berbentuk garis lurus.
3. Tanah berada dalam kondisi batas keseimbangan (*limit equilibrium*).
4. Tidak ada kohesi untuk tanah non-kohesif ($c = 0$), namun untuk tanah kohesif ($c \neq 0$) diperhitungkan.
5. Permukaan tanah dapat mendatar atau miring.
6. Dinding penahan tidak menahan gesekan (tidak ada gesekan antara tanah dan dinding).

Analisis Koefisien Tanah Aktif (K_a), $c = 0$

$$K_a = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Dimana :

ϕ = sudut geser dalam tanah (*friction angle*)

Tekanan Aktif Rankine pada Kedalaman Tertentu (σ_a)

$$\sigma_a = K_a \cdot \gamma \cdot h \quad \dots\dots\dots (2)$$

di mana:

σ_a = tekanan lateral aktif pada kedalaman h

γ = berat jenis tanah (kN/m^3)

h = kedalaman dari permukaan tanah (m)

Gaya Tekan Total Aktif (P_a)

$$P_a = \frac{1}{2} \cdot K_a \cdot \gamma \cdot h \dots\dots\dots(3)$$

P_a = gaya aktif total (kN/m) terhadap dinding

H = tinggi dinding (m)

Untuk Tanah Kohesif ($c \neq 0$)

Jika tanah memiliki kohesi c , maka gaya aktif menjadi:

$$P_a = \frac{1}{2} K_a \cdot \Gamma \cdot H^2 - 2c \cdot \sqrt{K_a \cdot H} \dots\dots\dots(4)$$

$$\sigma_a = K_a \cdot \Gamma \cdot H - 2c \cdot \sqrt{K_a \cdot H} \dots\dots\dots(5)$$

Untuk Permukaan Tanah Miring (Sudut i)

Jika permukaan tanah miring dengan sudut i

$$K_a = \frac{\cos i - \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi}}{\cos i + \sqrt{\cos^2 i - \cos^2 \phi}} \dots\dots\dots(6)$$

Rumus ini digunakan untuk memperhitungkan efek permukaan tanah yang miring terhadap tekanan lateral.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Parameter Tanah

$$\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$$

$$\phi = 30^\circ$$

$$c = 0$$

1. Koefisien Rankine

$$K_a = \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2}) = 0.333.$$

$$K_p = \tan^2(45^\circ + \frac{\phi}{2}) = 3.0.$$

2. Tekanan Lateral Aktif

$$\sigma_a = K_a \cdot \gamma \cdot h$$

$$\sigma_a = 0,333 (18) (7)$$

$$\sigma_a = 41.958 \text{ kN/m}$$

3. Tekanan Tanah Aktif pada Belakang Dinding Penahan Tanah

$$P_1 = \frac{1}{2} K_a \cdot \gamma \cdot H^2$$

$$= \frac{1}{2} \cdot (0,333) \cdot (18)(7^2)$$

$$= 17 \text{ kN/m}$$

$$\text{Titik Kerja Beban } Z_1 = \frac{H}{3} = 2.33 \text{ m}$$

4. Akibat Surcharge

$$P_2 = K_a \cdot q \cdot H = 0.333 \cdot (20)(7) = 46.7 \text{ kN/m}.$$

$$\text{Titik Kerja } Z_2 = \frac{H}{2} = 3.5 \text{ m}$$

5. Gaya Aktif Total

$$P_a = 193.7 \text{ kN/m}.$$

6. Akibat Tekanan Tanah Pasif di Depan Pondasi

Diketahui $D_f = 5 \text{ m}$

$$P_p = \frac{1}{2} K_p \cdot \Gamma \cdot D^2 f$$

$$= \frac{1}{2} (3) (18 (5^2))$$

$$= 675 \text{ kN/m}$$

$$\text{Titik Kerja } Z_p = \frac{D_f}{3} = 1,67 \text{ m}$$

7. Momen Terhadap Titik Toe

$$M_0 = 147 (2.330) + 46.7 (3.5) = 342.51 + 163.45 \\ = 505.96 \text{ kN/m.}$$

8. Momen Penahan

Berat Struktur : Estimasi $W = 320 \text{ kN/m}$

Lengan Momen ; $M_w = 320 \times 2 = 640 \text{ kN/m}$

Tekanan Pasif : $M_p = 337.5 \times 1.67 = 563.625 \text{ kN/m}$

Total Momen Penahan = $640 + 563.625 = 1.203,625 \text{ kN/m}$

9. Cek Terhadap Guling

$$\text{FS Guling} = \frac{Mr}{Mo} = \frac{1203,625}{505,96} = 2.378 (> 2 = \text{Aman})$$

10. Cek Geser

Tahanan Geser

$$R_f = W \tan \delta$$

$$\delta = 2/3 \phi = 20^\circ$$

$$\tan \delta = 0.364$$

$$R_f = 320 (0,364) = 116,5 \text{ kN}$$

Tambahan Tahanan Pasif

$$\text{Estimasi } R_p = 337,5 \text{ kN}$$

$$\text{Total Tahanan} = 116,5 \text{ kN} + 337,5 \text{ kN} = 454 \text{ kN}$$

11. Faktor Keamanan Geser

$$\text{FS geser} = \frac{454}{193.7} = 2,34 (> 1,5 = \text{Aman})$$

12. Pemeriksaan Daya Dukung tanah (Eksentrisitas)

Resultan Vertikal = 320 kN

$$\text{Eksentrisitas } e = \frac{M_o - M_p}{W} = \frac{506 - 564}{320} = -0,18 \text{ m} < \frac{B}{6} =$$

$$-0,18 \text{ m} < 0,67 \text{ (Aman, Tidak terjadi tarik pada alas)}$$

Analisis dilakukan dengan menggunakan metode Rankine untuk menentukan tekanan tanah lateral aktif dan mengevaluasi stabilitas struktur dinding penahan tanah. Parameter tanah yang digunakan adalah $\gamma = 18 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 30^\circ$, dan $c = 0$.

Koefisien tekanan tanah aktif Rankine diperoleh sebesar $K_a = 0,333$. Dengan tinggi dinding 7 m , tekanan tanah lateral aktif maksimum yang bekerja pada dinding adalah sebesar $41,958 \text{ kN/m}$. Selain itu, beban surcharge sebesar 20 kN/m^2 menghasilkan tambahan tekanan lateral sebesar $46,7 \text{ kN/m}$.

Perhitungan gaya aktif total menghasilkan momen pengguling sebesar 505,96 kN/m. Sementara itu, momen penahan yang berasal dari berat sendiri struktur (320 kN/m) dan tekanan tanah pasif di depan pondasi menghasilkan total momen penahan sebesar 1.203,625 kN/m.

Hasil pemeriksaan stabilitas menunjukkan:

- Faktor keamanan terhadap guling = 2,378 ($> 2,00$)
- Faktor keamanan terhadap geser = 2,34 ($> 1,50$)
- Eksentrisitas berada dalam batas tengah alas pondasi sehingga tidak terjadi tegangan tarik.

Dengan demikian, dimensi dinding penahan tanah $H = 7$ m, $D_f = 5$ m, dan lebar alas 4 m dinyatakan aman terhadap keruntuhan guling, geser, serta kegagalan daya dukung tanah.

Secara keseluruhan, pemodelan dinding penahan tanah dengan metode Rankine pada lokasi Km 17 Jalan Trans Timor menunjukkan bahwa dimensi yang direncanakan telah memenuhi kriteria stabilitas struktural. Oleh karena itu, desain ini dapat direkomendasikan sebagai solusi teknis untuk penanganan longsor dan pemulihan fungsi jalan nasional di Kabupaten Timor Tengah Selatan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analysis, pemodelan dinding penahan tanah dengan dimensi $H = 7$ m, $D_f = 5$ m, $b = 4$ m dan $q = 20 \text{ kN/m}^2$ dengan menggunakan metode Rankine diperoleh tekanan tanah aktif lateral sebesar 41.958 kN/m, tekanan tanah akibat surcharge 46.7 kN/m, tahanan terhadap guling $2.378 > 2$, tahanan terhadap geser $2.34 > 1.5$ dan $-0.18 < 0.67$ yang artinya tidak terjadi tarikan. Dengan demikian dengan dimensi seperti diatas konstruksi tersebut aman terhadap geser, guling dan daya dukung tanah karena memenuhi angka keamanan (safety factor) yang disyaratkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmadabadi, M., & Durali-Ahmadabad, M. (2022). Earth pressure in narrow cohesive-fictional soils behind retaining walls rotated about the top: An analytical approach. *Computers and Geotechnics*, 149, 104876. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2022.104876>
- Chaiyaput, S., Bergado, D. T., & Artidteang, S. (2021). Field and three-dimensional finite element investigations of the failure cause and rehabilitation of a composite soil-cement retaining wall. *Engineering Failure Analysis*, 127, 105504. <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105504>
- Craig, R. F. (1994). *Mekanika Tanah*. Penerbit Erlangga.
- Deng, H., Haigh, S. K., & Bolton, M. D. (2014). Stability analyses of a reinforced soil wall on soft soils using strength reduction method. *Computers and Geotechnics*, 57, 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2014.01.009>
- Fathipour, H., Payan, M., & Chenari, R. J. (2021). Active lateral earth pressure of geosynthetic-reinforced retaining walls with inherently anisotropic frictional backfills subjected to strip footing loading. *Computers and Geotechnics*, 137, 104302. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2021.104302>
- Gaspersz, J., Titaley, H. D., & Apalem, D. R. (n.d.). Tinjauan Dinding Penahan Tanah Pada Ruas Jalan Waipia-Saleman I Maluku Tengah Menggunakan N-SPT. *Jurnal Simetrik*, 14(2).
- Hardiyatmo, H. C. (2010). *Mekanika Tanah I*. Gadjah Mada University Press.

- Lai, H., Zheng, J., Zhang, J., Zhang, R., & Cui, L. (2014). DEM analysis of “soil”-arching within geogrid-reinforced and unreinforced pile-supported embankments. *Computers and Geotechnics*, 61, 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2014.04.007>
- Liu, J., Chen, Z., Liu, F., & Wang, Y. (2016). Earth pressure of layered soil on retaining structures. *Soils and Foundations*, 56(1), 19–28. <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2016.01.002>
- Morsy, K. M., & Thakeb, H. (2022). Comparative evaluation of the environmental impacts of geosynthetic Mechanically Stabilized Earth walls. *Journal of Cleaner Production*, 374, 133912. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133912>
- Nandi, R., Pain, A., & Choudhury, D. (2023). Probabilistic seismic passive resistance of hunchback retaining wall considering spatial variability. *Computers and Geotechnics*, 153, 105097. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2022.105097>
- Peck, R. B., Hanson, W. E., & Thornburn, T. H. (1996). *Teknik Fondasi*. Gadjah Mada University Press.
- Santos, A. P., Caldeira, L., & Lemos, L. (2018). Reliability-based design of an earth retaining wall. *Computers and Geotechnics*, 103, 84–95. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2018.07.008>
- Schweiger, H. F., & Tschuchnigg, F. (2021). A numerical study on undrained passive earth pressure. *Computers and Geotechnics*, 140, 104441. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2021.104441>
- Soedarmo, G. D., & Purnomo, S. J. E. (n.d.). *Mekanika Tanah 2*. Penerbit Kanisius.
- Tabaroei, A., Sarbishei, M., & Abrishami, S. (2024). System reliability analysis of geogrid reinforced retaining wall using random finite element method. *Transportation Geotechnics*, 46, 101234. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2024.101234>
- Tajabadipour, M., & Marandi, M. (2017). Effect of polymer concrete facing on performance of geogrid reinforced soil retaining walls. *Computers and Geotechnics*, 89, 21–34. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2017.04.001>
- Tarigan, Y. W. (2025). Analisis Stabilitas Dan Kapasitas Daya Dukung Dinding Penahan Tanah Tipe T Terbalik Menggunakan Metode Rankine. *Jurnal Kolaboratif Sains*, 8(7), 4773–4784.
- Ukritchon, B., & Keawsawasvong, S. (2021). Seismic pseudo-static active earth pressure of narrow granular backfill against an inverted T-type retaining wall under translational mode. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 150, 106954. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2021.106954>
- Zheng, G., Yang, P., Zhou, H., Zeng, C., Yang, X., He, X., & Yu, X. (2019). Evaluation of the earthquake induced uplift displacement of tunnels using multivariate adaptive regression splines. *Computers and Geotechnics*, 113, 103099. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2019.103099>