



Analisis Balik Dinding Penahan Tanah (DPT) Jalan Raya Jember-Banyuwangi KM 234+500¹

Back Analysis of the Retaining Wall at Jember - Banyuwangi Road KM 234+500

Wisnu Sadewa Febryawan^a, Januar Fery Irawan^b, Luthfi Amri Wicaksono^{b, 2}

^a Program Studi S-1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

^b Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan 37 Jember

ABSTRAK

Dinding penahan tanah (DPT) di Jalan Raya Jember-Banyuwangi KM 234+500 terdiri dari struktur utama dan struktur sekunder. Dinding penahan tanah tersebut mengalami kerusakan (*crack*) pada bagian atas struktur dengan panjang *crack* sepanjang 2,5 m secara vertikal. Diperlukan analisis balik stabilitas dinding penahan tanah dan pengurangan kekuatan untuk mengetahui penyebab kerusakan struktur DPT. Metode yang digunakan dalam perhitungan stabilitas tanah dengan metode Das yang meninjau cek terhadap guling, geser, dan kegagalan daya dukung, sedangkan stabilitas pengurangan kekuatan dengan program Plaxis. Hasil perhitungan stabilitas meninjau bagian struktur utama Cross Section 1, 7, 14 untuk cek terhadap guling masing-masing 1,07 ; 1,29 ; 1,31, cek terhadap geser masing-masing 0,87 ; 1,10 ; 1,16, cek terhadap kegagalan daya dukung masing-masing 6,64 ; 5,93 ; 6,83, cek terhadap pengurangan kekuatan 0,98 ; 0,99 ; 1,15.

Kata kunci: guling, geser, kegagalan daya dukung, Plaxis

ABSTRACT

The retaining wall at Jember-Banyuwangi Road KM 234+500 consists of primer structure and secondary structure. The structure has a crack failure that the length is 2,5 m vertically. The back analysis is needed retaining wall stability and strength reduction stability. Methods used in stability calculations by Das method which calculate based on a failure of overturning, sliding, and bearing capacity, meanwhile strength reduction stability used by Plaxis program. The result stability calculations review Cross Section 1, 7, and 14 to check for overturning are 1,07 ; 1,29 ; 1,31 respectively, check for sliding are 0,87 ; 1,10 ; 1,16 respectively, check for bearing capacity failure are 6,64 ; 5,93 ; 6,83, check for strength reduction are 0,98 ; 0,99 ; 1,15 respectively.

Keywords: overturning, sliding, bearing capacity failure, Plaxis

¹ Info Artikel: Received 31 Januari 2019, Received in revised form 3 September 2019, Accepted 8 Oktober 2019

² Corresponding author: luthfiamri.teknik@unej.ac.id (L.A. Wicaksono)

PENDAHULUAN

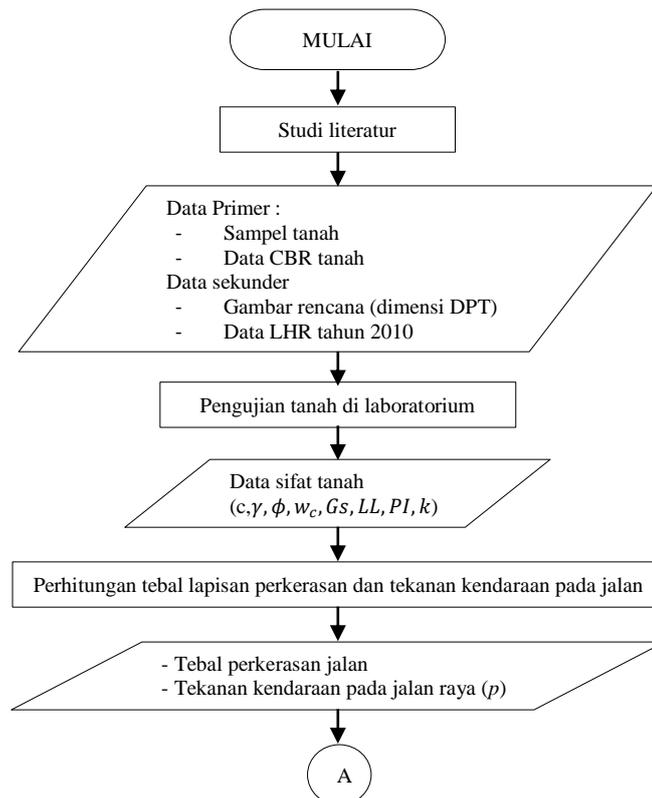
Dinding penahan tanah merupakan struktur dengan tujuan utama untuk mencegah pergerakan tanah lateral serta menahan tanah atau air dan bisa berperan untuk mendukung beban vertikal seperti beban tanah yang mengunci pergerakan lateral tanah di atas pondasi dinding penahan tanah (Sharma dan Baradiya, 2014).

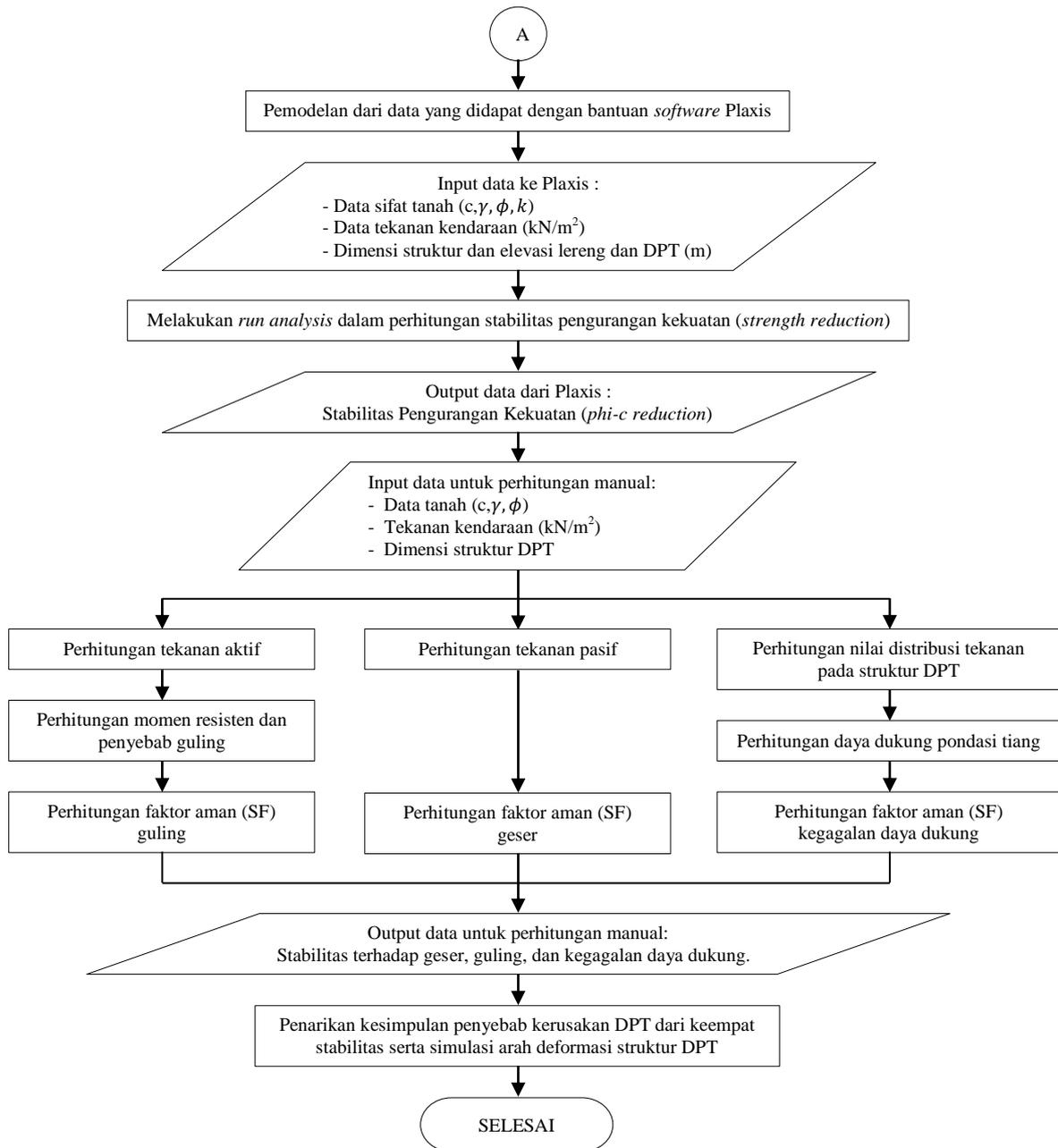
Jalan Jember-Banyuwangi terdapat dinding penahan tanah yang digunakan sebagai perkuatan pada lereng tanah asli bagian atas yang dilalui oleh jalan yang menghubungkan dengan kedua kabupaten tersebut. Pada jalan raya Jember-Banyuwangi termasuk dalam kawasan pegunungan Gunitir. Dinding penahan tanah tersebut berada di Jalan Jember-Banyuwangi KM 234+500. Pada struktur dinding penahan tanah tersebut mengalami retak (*crack*) secara vertikal sebesar 2,5 meter pada bagian struktur sekunder kanan (sayap) di sebelah Cross Section 1 setelah terjadi hujan lebat di kawasan Jalan Raya Jember-Banyuwangi. Kerusakan tersebut tidak seharusnya terjadi sudah didesain untuk menahan beban lateral yang berasal dari beban hidup tambahan (Kim dan Barker, 2002).

Penelitian bertujuan untuk mengetahui nilai faktor aman terhadap guling, geser, kegagalan daya dukung, dan pengurangan kekuatan dinding penahan tanah. Sebelum menentukan nilai faktor aman terdapat empat tahapan analisis yaitu tahapan uji fisis tanah di laboratorium, analisis penentuan nilai tekanan akibat pembebanan lalu lintas kendaraan dan tebal perkerasan, analisis deformasi kelongsoran dan pengurangan kekuatan oleh program Plaxis, dan analisis stabilitas dinding penahan tanah.

METODOLOGI

Metodologi analisis penelitian ini diuraikan melalui skema di bawah ini:





Gambar 1 Kerangka alir analisis

Studi Literatur

Studi literatur diperlukan dalam pengerjaan penelitian ini untuk menambah referensi dalam pengerjaan analisis uji fisis tanah, analisis penentuan tekanan akibat pembebanan lalu lintas kendaraan, analisis deformasi tanah dan nilai pengurangan kekuatan dengan program Plaxis, serta analisis stabilitas dinding penahan tanah (cek terhadap guling, geser, dan kegagalan daya dukung tanah). Studi literatur didapat dari buku diktat kuliah, artikel, pedoman perencanaan, dan sumber-sumber penunjang terkait lainnya dalam pengerjaan analisis.

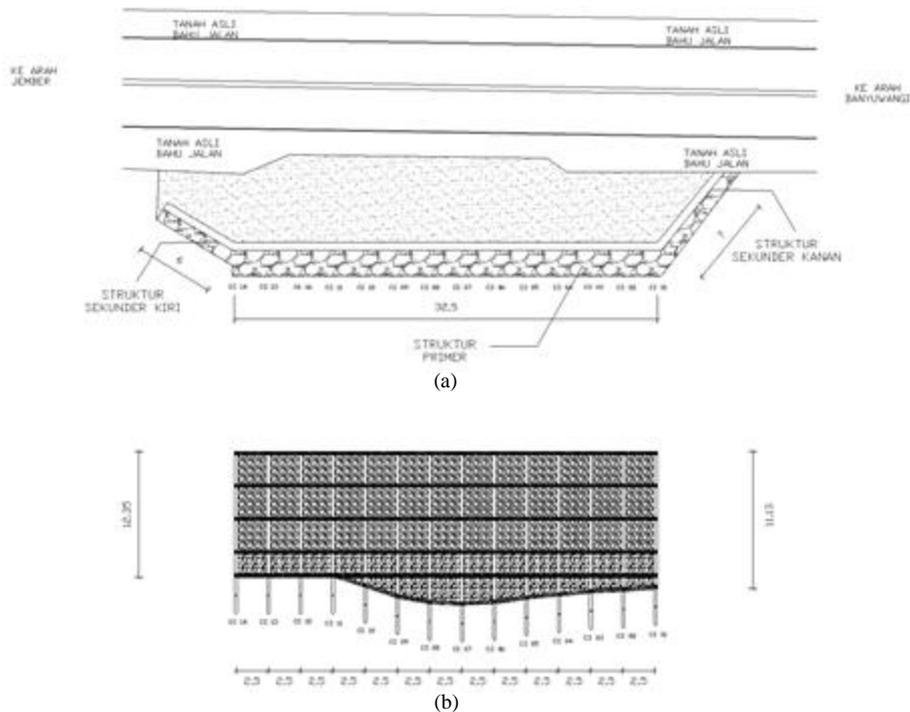
Pengumpulan dan Analisa Data

Data yang digunakan dalam analisa penelitian ini adalah gambar rencana dinding penahan tanah, data sifat fisis tanah dari hasil uji laboratorium, data LHR tahunan dari Balai Besar Pelaksana Jalan Nasional VIII Kementerian PUPR, data CBR dengan alat *Dynamic Cone Penetrometer* di lokasi pengambilan sampel tanah. Lokasi yang ditinjau pada analisis ini adalah Jalan Raya Jember-Banyuwangi KM 234+500 pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Sumber : Pencitraan satelit oleh program Google Earth

Gambar 2 Lokasi penelitian



Gambar 3 Sketsa gambar dinding penahan tanah dari (a) tampak atas dan (b) tampak depan

Data LHR tahunan yang diambil dari survei LHR Sumberjati - Batas Kab. Banyuwangi tahun 2010 di Tabel 1 dan data hasil uji laboratorium uji fisis tanah di Tabel 2.

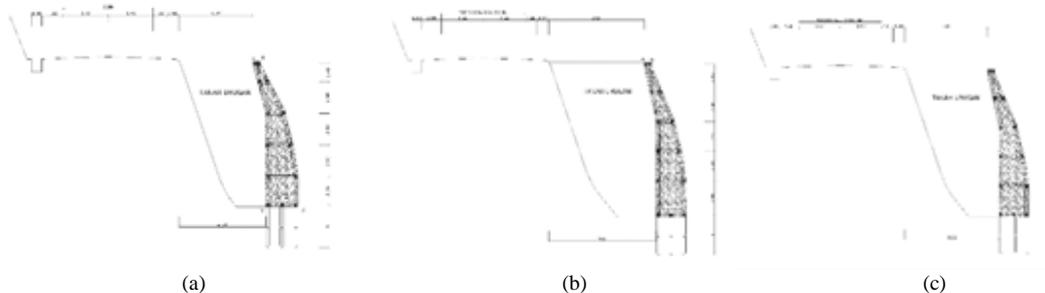
Tabel 1 Data LHR

No	Jenis Kendaraan	Jumlah	Satuan
1	Mobil, sedan/Gol 2 (1.1)	4709	buah/hari
2	Angkutan penumpang sedang/Gol 3 (1.1)	5706	buah/hari
3	Pick up, micro truk/Gol 4 (1.1)	3852	buah/hari
4	Bus kecil/Gol 5a (1.1)	280	buah/hari
5	Bus besar/Gol 5b (1.2)	9	buah/hari
6	Truk ringan 2 sumbu/Gol 6a (1.1)	1172	buah/hari
7	Truk sedang 2 sumbu/Gol 6b (1.2)	54	buah/hari
8	Truk 3 sumbu/Gol 7a (1.2.2)	20	buah/hari
9	Truk gandengan/Gol 7b (1.2.2-2.2)	84	buah/hari
10	Truk semitrailer/Gol 7c (1.2.2.2.2)	116	buah/hari

Tabel 2 Data sifat fisis tanah

No	Jenis Pengujian	Tanah Asli	Tanah Timbunan	Satuan
1	Kadar Air	61,87	10,14	%
2	Berat Isi	16,28	18,89	kN/m ³
3	Berat Jenis	2,42	2,48	-
4	Batas Cair	53,12	-	%
5	Batas Plastis	37,91	-	%
6	Persen Lolos No. 200	11,11	5,7	%
7	Kohesi Tanah	34,48	9,35	kN/m ²
8	Sudut Geser Tanah	17,543	29,336	derajat
9	Koefesien Permeabilitas	0,000221	0,00085	cm/detik

Data gambar rencana dinding penahan tanah meninjau 3 bagian struktur utama, yaitu Cross Section 1, 7, dan 14 pada Gambar 4.



Gambar 4 Gambar rencana dinding penahan tanah ditinjau dari (a) Cross Section 1, (b) Cross Section 7, dan (c) Cross Section 14

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Tekanan Akibat Pembebanan Tebal Perkerasan dan Lalu Lintas Kendaraan

Penentuan tekanan pembebanan dalam parameter perhitungan dengan program Plaxis ada dua tekanan. Pertama perhitungan tekanan akibat tebal perkerasan dan tekanan akibat lalu lintas kendaraan. Penentuan tiap-tiap nilai yang terkait dalam perhitungan didapatkan melalui perhitungan maupun ketentuan.

Perhitungan tekanan akibat tebal perkerasan diperlukan tebal tiap lapisan pada perkerasan dan berat volume tiap penyusun lapisan. Penentuan tebal minimum perkerasan lentur berdasarkan metode analisa komponen dari Departemen Pekerjaan Umum (1987) berdasarkan data LHR dan CBR diketahui untuk lapisan permukaan sebesar 15 cm (Laston), untuk lapisan pondasi atas (Laston Atas) sebesar 15 cm, dan pondasi bawah (Tanah Sirtu) sebesar 10 cm. Dengan berat tiap lapisan permukaan dan pondasi atas memiliki nilai yang sama yaitu 23 kN/m^3 dan lapisan perkerasan memiliki nilai $18,5 \text{ kN/m}^3$. Untuk mendapatkan nilai tekanan yaitu berat volume tiap lapisan dikalikan dengan tebal lapisan kemudian nilai semua lapisan dikumulatif sehingga didapat nilai tekanan akibat lapisan perkerasan sebesar $8,75 \text{ kN/m}^2$.

Perhitungan tekanan yang diperlukan untuk pemodelan program Plaxis menggunakan metode Giroud dan Noiray (1981) dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$p' = \frac{P}{2(B + 2h \tan \alpha)(L + 2h \tan \alpha)} \quad (1)$$

dengan p' = tekanan akibat pembebanan kendaraan, P = tekanan yang diberikan oleh satu roda pada kedalaman h , B = lebar bidang kontak ban, L = panjang bidang kontak ban, h = tebal perkerasan, α = sudut penyebaran beban terhadap vertikal, h = tebal perkerasan.

Beban roda diambil nilai berat sumbu tunggal terberat sebesar 81,6 kN (Suryawan, 15:2009) sehingga beban satu roda tunggal sebesar 40,8 kN. Dimensi lebar dan panjang kontak ban untuk kendaraan berat dengan roda lebar masing-masing sebesar 0,31 m dan 0,155 m dengan asumsi bahwa tekanan ban memiliki nilai sebesar 620 kN/m^2 . Dari nilai-nilai tersebut dimasukkan ke dalam persamaan Giroud dan Noiray bahwa nilai tekanan akibat pembebanan lalu lintas untuk satu roda tunggal adalah $62,242 \text{ kN/m}^2$.

Total tekanan didapatkan dengan cara asumsi bahwa dua kendaraan pada dua jalur pada jalan saling melintasi sehingga jumlah tekanan total dari tebal perkerasan dan empat kali tekanan akibat roda kendaraan sehingga nilai tekanan total adalah $257,718 \text{ kN/m}^2$.

Penentuan Sifat Material Pondasi Tiang

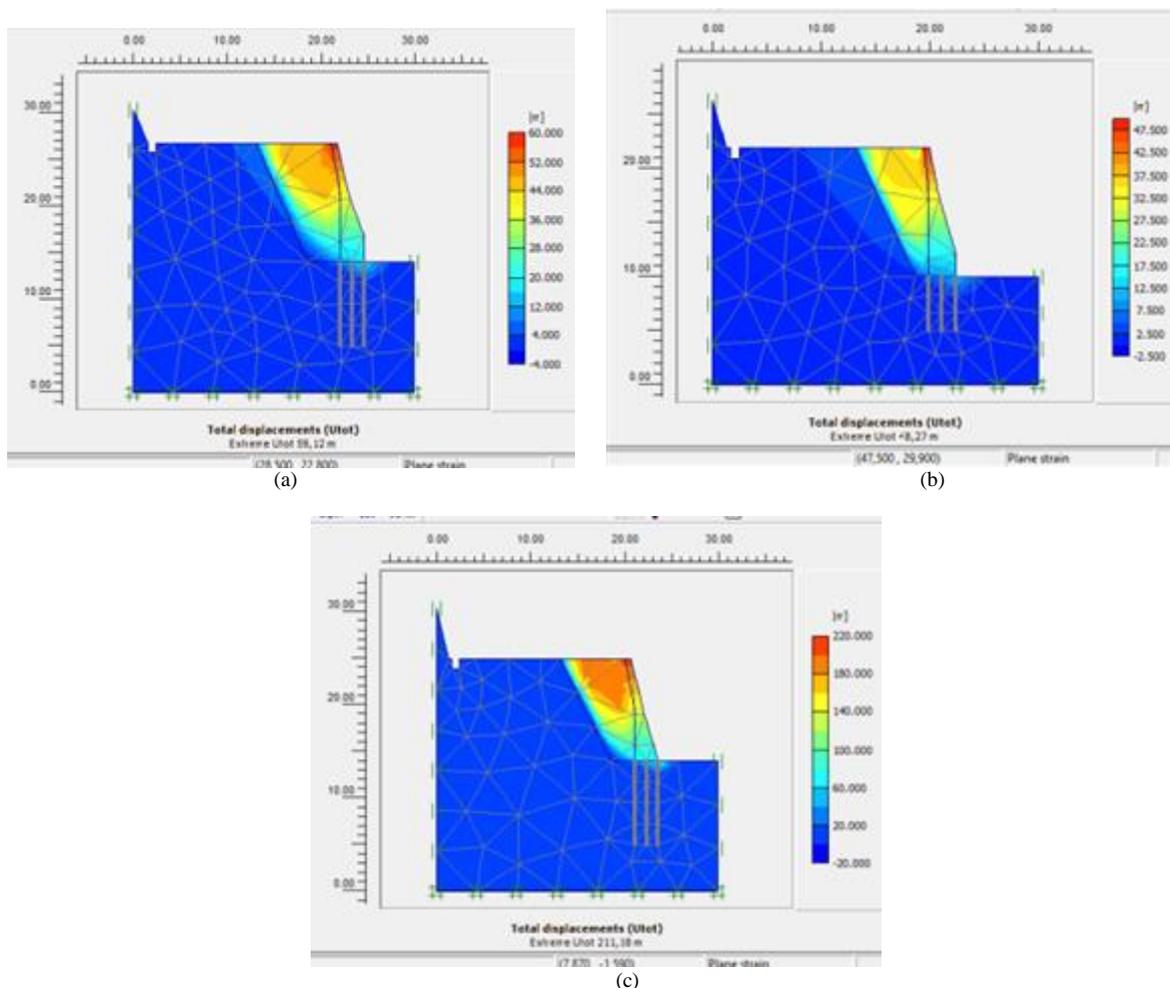
Penentuan sifat material pondasi pada struktur utama diperkuat dengan pondasi tiang dengan panjang bervariasi antar bagian Cross Section dan memiliki sifat elastoplastis karena penyusun pondasi dari beton. Diketahui nilai mutu beton K-250 (20,75 MPa), kedalaman pondasi pada Cross Section 1, 7, dan 14 masing-masing 5 m, 9 m, dan 9 m serta memiliki diameter 30 cm. Parameter sifat material pondasi yaitu kekakuan aksial (EA), kekakuan lentur (EI), berat pondasi per satuan luas (w), momen lentur maksimum (M_p), dan gaya pondasi (N_p) serta nilai-nilainya pada tiap Cross Section dijelaskan pada Tabel 3

Tabel 3 Nilai-nilai sifat material pondasi

Bagian Struktur	EA (kN)	EI (kN m ²)	w (kN/m ²)	M_p (kN m)	N_p (kN)
Cross Section 1	$3,211 \cdot 10^7$	$2,409 \cdot 10^5$	2,316	1154,275	550,6
Cross Section 7	$5,781 \cdot 10^7$	$4,335 \cdot 10^5$	2,316	3760,963	1094,27
Cross Section 14	$5,781 \cdot 10^7$	$4,335 \cdot 10^5$	2,316	3760,963	1094,27

Simulasi Deformasi dan Nilai Faktor Aman Pengurangan Kekuatan

Pada program Plaxis memasukkan bentuk pemodelan yang sesuai dengan gambar rencana dinding penahan tanah. Kemudian memasukkan data sifat-sifat fisis dari tanah, tekanan dari pembebanan, dan sifat fisis material pondasi sehingga pemodelan siap untuk dijalankan. Pada pemodelan untuk ketinggian muka air tanah tidak diberikan karena pada saat uji bor tangan di lokasi tidak ditemukan lapisan jenuh air. Setelah itu melakukan *run analysis* dan hasil simulasi deformasi pada struktur utama pada Gambar 4



Gambar 5 Hasil total deformasi struktur utama dinding penahan tanah (a) Cross Section 1, (b) Cross Section 7, dan (c) Cross Section 14

Berdasarkan Gambar 4 bahwa deformasi paling terjadi pada bagian atas struktur dinding dengan ditunjukkan warna merah dengan intensitas deformasi paling tinggi dengan nilai

deformasi total pada Cross Section 1, 7, dan 14 masing-masing sebesar 48,27 m ; 59,12 m ; dan 211,18 m.

Penentuan nilai faktor aman dari pengurangan kekuatan dari program Plaxis melalui hasil keluaran ditunjukkan pada kolom nilai ΣMsf . Cara kerja menentukan nilai faktor aman melalui prosedur *load advancement number of steps* yaitu kenaikan pengali Msf digunakan untuk menentukan kenaikan pengurangan kekuatan berdasarkan data-data input sifat fisis tanah. Pengurangan nilai tersebut berkurang secara berturut-turut hingga angka *additonal steps* yang diinginkan. Dasar kalkulasi perhitungan nilai faktor aman adalah sebagai berikut:

$$\sum Msf = \frac{\tan \phi_{input}}{\tan \phi_{reduced}} = \frac{c_{input}}{c_{reduced}} \quad (2)$$

dengan ϕ = nilai sudut geser tanah, c = nilai kohesi tanah.

Faktor aman pengurangan kekuatan pada Cross Section 1, 7, dan 14 adalah 0,98 ; 0,99; dan 1,15. Dari ketiga nilai faktor aman tersebut disimpulkan bahwa struktur utama Cross Section 1 paling tidak aman terhadap kelongsoran daripada bagian struktur utama lainnya karena nilai faktor aman kurang dari 1,25 (Winanda, 2017).

Perhitungan Tekanan Lateral Tanah

Tekanan lateral tanah dalam perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dibagi menjadi dua, yaitu tekanan aktif dan tekanan pasif (Das, 2006).

Tekanan aktif

Perhitungan tekanan aktif pada lokasi menghitung tekanan aktif akibat kendaraan dan tekanan aktif akibat beban timbunan. Jarquio (1981) merumuskan tekanan aktif akibat kendaraan sebagai berikut

$$P_{a1} = \frac{p}{90} [H(\theta_2 - \theta_1)] \quad (3)$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{b}{H} ; \theta_2 = \tan^{-1} \frac{(a+b)}{H}$$

dengan p = tekanan kendaraan pada lapisan perkerasan jalan, a = jarak dari tepi jalan ke dinding penahan tanah, b = lebar jalan yang dilalui kendaraan, H = tinggi dinding penahan tanah. Tekanan aktif akibat tanah timbunan dengan metode Rankine dengan persamaan sebagai berikut

$$P_{a2} = \frac{1}{2} \gamma_1 H^2 Ka \quad (4)$$

$$Ka = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$$

Perhitungan tekanan aktif meninjau Cross Section 1, 7, dan 14 yang diperlukan dalam perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dengan nilai yang diketahui $\gamma_{timbunan} = 18,89 \text{ kN/m}^3$, $\phi = 29,336^\circ$ pada Tabel 4.

Tabel 4 Hasil Perhitungan Tekanan Aktif Total (P_a)

	a (m)	b (m)	H (m)	P_{a1} (kN/m ²)	P_{a2} (kN/m ²)	P_a (kN/m ²)
Cross Section 1	8,76	7	11,13	720,367	668,1401	1338,5082
Cross Section 7	11	7	12,75	946,382	879,5538	1825,9358
Cross Section 14	10	7	12,35	864,9505	827,1719	1692,1225

Tekanan pasif

Perhitungan tekanan pasif memiliki sifat yang berbeda dengan tekanan aktif. Tekanan pasif memberikan gaya yang menghambat terjadinya kerusakan geser terhadap dinding penahan tanah (Das, 2006). Perumusan tekanan pasif Rankine adalah sebagai berikut:

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma_2 D^2 K_p + 2c_2' D \sqrt{K_p} \quad (5)$$

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)$$

dengan γ_2 = berat volume tanah asli, D = kedalaman pondasi dari muka tanah, c_2' = kohesi tanah asli, K_p = koefisien tanah pasif Rankine. Diketahui nilai berat jenis tanah asli (γ_2) adalah 16,28 kN pada struktur utama pada Tabel 5

Tabel 5 Hasil Perhitungan Tekanan Pasif

	Kedalaman Pondasi (m)	P_p (kN/m ²)
Cross Section 1	5	1453,8697
Cross Section 7	9	1526,1603
Cross Section 14	9	1526,1603

Perhitungan Stabilitas Dinding Penahan Tanah

Stabilitas dinding penahan tanah ditinjau berdasarkan cek terhadap guling, cek terhadap geser, dan cek terhadap kerusakan daya dukung tanah (Das, 1996). Perhitungan yang ditinjau di struktur utama adalah Cross Section 1, Cross Section 7, dan Cross Section 14.

Cek terhadap guling

Stabilitas guling berdasarkan momen resisten terhadap guling melawan momen penyebab guling pada titik C (ujung dinding penahan tanah bagian luar) dengan persamaan berikut

$$FS_{guling} = \frac{\sum M_R}{\sum M_O} \quad (6)$$

dengan $\sum M_R$ = jumlah momen gaya untuk menahan guling di titik C, dan $\sum M_O$ = jumlah momen gaya penyebab guling di titik C. Batas minimum untuk faktor aman guling sebesar 2 (Das, 2006).

Cek terhadap geser

Stabilitas geser berdasarkan nilai berat struktur dan timbunan (ΣV), lebar dinding bawah (B), tekanan pasif dari pondasi tiang menahan total tekanan aktif (P_a) sebagai gaya penyebab geser. Persamaan sebagai berikut

$$FS_{geser} = \frac{\sum F_R}{\sum F_D} = \frac{(\sum V) \tan(k_1 \phi_2') + B(k_2 c_2') + P_p}{P_a \cos \alpha} \quad (7)$$

dengan ΣF_R = jumlah gaya terlawan geser horizontal, ΣF_D = jumlah gaya penyebab geser horizontal, k_1, k_2 = koefisien reduksi ($\frac{1}{2}$ sampai $\frac{2}{3}$), ϕ_2 = sudut geser tanah asli, dan c_2 = kohesi sudut asli. Batas minimum faktor aman geser sebesar 1,5 (Das, 2006).

Cek terhadap kegagalan daya dukung

Stabilitas terhadap daya dukung dari perhitungan daya dukung ultimit dari pondasi tiang (q_u) melawan nilai distribusi tekanan dari lebar dasar dinding penahan tanah (q_{max}). Untuk menentukan daya dukung ultimit menggunakan metode perhitungan statis klasik (Wahyudi, 1999), sedangkan distribusi tekanan dari berat struktur dan tanah timbunan (ΣV) dibagi satuan panjang dasar dinding penahan tanah pada persamaan berikut

$$FS_{dayadukung} = \frac{q_u}{q_{max}} = \frac{n(\gamma D N_q + 2c_2' N_c)}{\frac{\Sigma V}{B}} \quad (8)$$

dengan n = jumlah pondasi tiang, D = kedalaman pondasi tiang, N_q, N_c = faktor daya dukung (Cara Caquot & Kerisel), c_2 = kohesi tanah asli. Batas minimum faktor aman terhadap kegagalan daya dukung adalah 3 (Das, 2006).

Perhitungan stabilitas dinding penahan tanah dan pengurangan kekuatan disusun pada Tabel 6

Tabel 6 Hasil Perhitungan Stabilitas

Struktur	Guling	Geser	Kegagalan Daya Dukung	Plaxis
Cross Section 1	1,07	0,87	6,64	0,98
Cross Section 7	1,29	1,10	5,93	0,99
Cross Section 14	1,31	1,16	6,83	1,15

KESIMPULAN

Berdasarkan Tabel 6 disimpulkan bahwa struktur dinding penahan tanah tersebut tidak aman terhadap kerusakan terhadap guling, geser, dan pengurangan kekuatan. Dilihat dari faktor aman masing-masing guling, geser, dan pengurangan nilai tidak mencapai batas aman yaitu 2 ; 1,5 ; dan 1,25.

Penyebab kerusakan struktur sekunder kanan karena terjadinya guling pada bagian atas struktur utama Cross Section 1. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai faktor aman pada program Plaxis dan perbandingan nilai faktor aman guling dengan bagian struktur utama lainnya yang menunjukkan bahwa Cross Section 1 merupakan bagian struktur utama yang paling rentan terhadap kerusakan dan hasil analisis penyebab kerusakan Cross Section 1 sesuai dengan kondisi di lokasi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Das, B. M. (2006). *Principles of Foundation Engineering*. 6th. Nelson, Toronto
- Departemen Pekerjaan Umum. (1987). *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*. Yayasan Badan Penerbit PU, Jakarta
- Giroud, J.P., dan L. Noiray, (1981), "Geotextile-Reinforced Unpaved Road Design", *Journal of the Geotechnical Division ASCE*, 107 (9), 1233-1254
- Jarquio, R. (1981). "Total Lateral Surcharge Pressure Due to Strip Load", *Journal of the Geotechnical Division ASCE*, 107 (10), 1424-1428
- Kim, S. J., dan R. M. Barker. (2002). "Effect of Live Load Surcharge on Retaining Walls and Abutments". *Journal Of Geotechnical And Geoenvironmental Engineering*, 128, 803-813
- Sharma, C, dan V. Baradiya. (2014). "Evaluation of The Effect of Lateral Soil Pressure on Cantilever Retaining Wall With Soil Type Variation". *IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering (IOSR-JMCE)*, 11(2), 36-42
- Suryawan, Ari. (2009). *Perkerasan Jalan Beton Semen Portland (Rigid Pavement)*. Cetakan ke-2. Yogyakarta: Beta Offside
- Wahyudi, H. (1999). *Daya Dukung Pondasi Dalam*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil ITS
- Winanda, R. A., Setyanto, dan Y. M. Hadi. (2017). "Perencanaan Dinding Penahan Tanah *Concrete Cantilever* Dengan Menggunakan Program *Plaxis* (Studi Kasus: Jalan Liwa – Simpang Gunung Kemala Krui KM 264+600)", *JRSSD*, 5(4), 1-13