

Faktor Keamanan Stabilitas Lereng pada Kondisi Eksisting dan Setelah Diperkuat Dinding Penahan Tanah Tipe *Counterfort* dengan Program *Plaxis*

Rizki Ramadhan¹, Munirwansyah², Munira Sungkar³

¹ Mahasiswa Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala-
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,

² Dosen Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala-
Jl. Tgk. Syeh Abdul Rauf No. 7, Darussalam Banda Aceh 23111,
e-mail : rizkiramadhan0459@gmail.com. No. HP : 085260653899

ABSTRAK

Ruas jalan batas Aceh Tengah/Gayo Lues-Blangkejeren (N.022) Km 438+775 merupakan salah satu ruas jalan Nasional Lintas Tengah Provinsi Aceh, yang sering mengalami tanah longsor karena berada di daerah perbukitan. Longsoran yang terjadi pada lokasi tersebut disebabkan oleh gerusan air limpasan permukaan jalan, kurang optimalnya drainase dan tidak adanya *outlet* untuk pembuangan air serta lapisan tanah di bawah perkerasan aspal terdiri dari material lepas. Oleh karena itu, diperlukan kajian perkuatan lereng dengan dinding penahan tanah tipe *Counterfort*. Kajian ini bertujuan untuk menganalisis stabilitas lereng dengan mendapatkan angka faktor keamanan dan mengidentifikasi pola keruntuhan lereng. Analisis dilakukan untuk mendapatkan faktor keamanan dan pola keruntuhan lereng yaitu dengan menggunakan program *Plaxis* 2D dan metode irisan. Perhitungan faktor keamanan untuk dinding penahan tanah tipe *Counterfort* dilakukan secara manual. Adapun parameter tanah *input* yang digunakan adalah berat volume kering (γ_d), berat volume basah (γ_w), permeabilitas (k), modulus young (E_{ref}), poisson's rasio (ν), sudut geser (ϕ), kohesi (c). Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting menggunakan program *Plaxis* dan metode irisan dengan jari-jari (r) 65,06 meter didapatkan faktor keamanan sebesar 1,038 dan 1,079 dengan kondisi lereng tidak aman ($FK < 1,25$). Hasil analisis setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *counterfort* dan *minipile* dengan panjang 12 meter didapatkan angka faktor keamanan 1,268 dengan kondisi lereng tidak aman ($FK < 1,5$). Dengan demikian, maka diperlukan perkuatan tambahan dengan menggunakan ankur pada *counterfort*. Hasil analisis stabilitas lereng setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *counterfort*, *minipile* dan ankur dengan panjang 20 meter serta sudut kemiringan 30° didapatkan angka faktor keamanan 1,513 dengan kondisi lereng aman ($SF > 1,5$).

Kata kunci : longsor; *counterfort*; *plaxis 2D*; faktor keamanan.

ABSTRACT

The Aceh Tengah / Gayo Lues-Blangkejeren road segment (N.022) Km 438 + 775 is one of the Central Cross National Roads in the Province of Aceh, which often experiences landslides due to being in hilly areas. Landslides that occur in these locations are caused by scouring of road runoff, lack of optimal drainage and the absence of outlets for drainage and soil layers under asphalt pavement consisting of loose material. Therefore, a slope reinforcement study with *Counterfort* type retaining wall is needed. This study aims to analyze slope stability by obtaining safety factor numbers and identifying slope failure patterns. Analysis was carried out to obtain safety factors and slope failure patterns by using 2D *Plaxis* and slice methods. The calculation of safety factors for *Counterfort* type retaining walls is done manually. The input soil parameters used are dry volume weight (γ_d), wet volume weight (γ_w), permeability (k), modulus young (E_{ref}), poisson's ratio (ν), shear angle (ϕ), cohesion (c). The results of slope stability analysis on the existing conditions using the *Plaxis* program and the slice method with radius (r) 65.06 meters found that safety factors were 1.038 and 1.079 with unsafe slope conditions ($FK < 1.25$). The results of the analysis after reinforced *counterfort* and *minipile* type retaining wall with a length of 12 meters found 1,268 safety factor numbers with unsafe slope conditions ($FK < 1,5$). Thus,

additional reinforcement is needed by using anchor on the counterfort. The results of slope stability analysis after reinforced counterfort, minipile and anchor type retaining walls with a length of 20 meters and a slope of 30 ° were obtained with a safety factor number of 1.513 with safe slope conditions (SF> 1.5).

Keywords : landslide, counterfort, plaxis 2D, safety factor.

1. PENDAHULUAN

Longsoran pada ruas jalan batas Aceh Tengah/Gayo Lues-Blangkejeren (N.022) Km 438+775 disebabkan oleh gerusan air limpasan permukaan jalan (*run off*) yang diakibatkan tidak dikendalikan dengan baik dan kurang optimalnya drainase dan tidak adanya *outlet* untuk pembuangan air. Pembangunan saluran drainase sebagai pengendalian air pada lokasi tersebut terputus pada ujung kaki bukit yang mengakibatkan pembuangan air dalam saluran langsung ke tubuh lereng. Hal tersebut dapat menyebabkan volume tanah bertambah dan kondisi lereng dalam keadaan jenuh. Adapun penyebab lainnya adalah lapisan tanah di bawah perkerasan aspal terdiri dari material *granular* (lepas). Dalam hal ini, daya ikat (kohesi) tanah yang lemah sehingga butiran-butiran tanah dapat terlepas dari ikatannya dan bergeser (*shear*) ke bawah dengan menyeret butiran lain yang ada disekitarnya membentuk massa yang lebih besar. Lemahnya kuat geser (*shear strength*) tanah dapat disebabkan oleh kandungan air (*moisture content*) dan kelolosan air (permeabilitas) tanah maupun potensi bidang geser yang terbentuk dari longsoran massa tanah tersebut.

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis faktor keamanan (*safety factor*) terhadap stabilitas lereng pada kondisi eksisting (*natural condition*) dengan metode irisan (*ordinary method*) dan program *Plaxis 2D* serta menganalisis faktor keamanan setelah diperkuat konstruksi dinding penahan tanah tipe *Counterfort* hanya menggunakan program saja. Untuk

perhitungan faktor keamanan (*safety factor*) terhadap stabilitas konstruksi dinding penahan tanah tipe *Counterfort* dilakukan secara manual.

1.1 Stabilitas lereng

Lereng adalah penampakan alam yang disebabkan karena adanya beda tinggi di dua tempat [1]. Permukaan tanah yang tidak horizontal, komponen gravitasi cenderung untuk menggerakkan tanah ke bawah [2]. Jika komponen gravitasi sedemikian besar sehingga berlawanan terhadap geseran yang dapat dikembangkan oleh tanah pada bidang longsornya terlampaui, maka akan terjadi longsoran.

1.2 Konsep Faktor Keamanan Lereng

Pada umumnya nilai faktor keamanan $FK \geq 1,25$ adalah desain normal untuk memberikan perkiraan faktor keamanan dalam analisis stabilitas lereng [3]. Hal ini penting untuk meyakinkan bahwa desain lereng aman dan untuk mencegah faktor yang tidak terduga selama analisis dan konstruksi seperti data yang salah, kesalahan analisis, kecakapan kerja dan pengawasan di lapangan yang kurang.

Parameter yang dihasilkan dalam analisis stabilitas lereng adalah bentuk bidang keruntuhan dan faktor keamanan [4]. Faktor keamanan digunakan untuk mengidentifikasi stabilitas lereng yang didefinisikan sebagai perbandingan antara kuat geser tanah dan tegangan geser yang bekerja pada massa tanah, seperti terlihat pada Persamaan 1.

$$FK = \frac{\text{KuatGeser}}{\text{TeganganGeser}} \dots\dots\dots (1)$$

Besar faktor keamanan sangat tergantung pada kualitas hasil penyelidikan tanah dan pengalaman perencana. Semakin rendah kualitas penyelidikan tanah dan pengalaman perencana, semakin besar faktor keamanan [5].

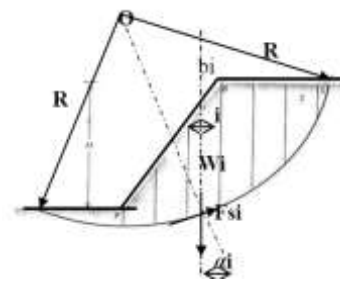
Faktor keamanan berdasarkan studi-studi tentang keruntuhan lereng menunjukkan bahwa Safety factor < 1,25 adalah keruntuhan lereng bisa terjadi [6]. Sedangkan faktor keamanan untuk desain menunjukkan bahwa safety factor > 1,5 aman untuk perkuatan lereng [7].

Perhitungan stabilitas lereng sebelum dilakukan penanganan didapatkan angka keamanan dengan metode Fellenius 0,95085<1,5 (tidak aman), sedangkan program Plaxis 0,9522<1,5 (tidak aman). Setelah dilakukan penanganan didapatkan angka keamanan dengan metode Fellenius 1,744>1,5 (aman), sedangkan program Plaxis 1,7413>1,5 [8].

Perhitungan stabilitas lereng yang diperkuat dinding penahan tanah tipe kantilever dengan dimensi ukuran tinggi 5 meter, lebar atas 0.3 meter, lebar tapak 2.5 meter dan tinggi tapak 0.5 meter menggunakan program Plaxis didapatkan nilai faktor keamanan yaitu sebesar 1,654 > 1,25 [9].

1.3 Metode Irisan

Metode irisan secara umum digunakan untuk membagi bagian kelongsoran ke dalam beberapa irisan vertikal. Lebar dari tiap-tiap irisan tidak harus sama [10].



Gambar 1 : Pembagian massa tanah dalam beberapa irisan

Adapun perhitungan faktor keamanan (Fs) dengan metode irisan seperti terlihat pada persamaan 2.

$$FS = \frac{\sum (cb + (W_i) \cos \alpha_i \tan \phi)}{(W_i) \sin \alpha_i} \quad (2)$$

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian merupakan langkah-langkah yang dilakukan secara sistematis dengan kerangka acuan yang jelas dalam menyelesaikan permasalahan. Dalam bab ini dijelaskan mengenai tahapan-tahapan atau metodologi penelitian untuk menentukan hasil yang ingin dicapai sesuai dengan tujuan yang ada. Mulai dari lokasi penelitian, pengambilan sampel, parameter-parameter yang diperlukan, kemudian dianalisis dengan menggunakan program Plaxis 2D.

2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini terletak di ruas jalan batas Aceh Tengah/Gayo Lues-Blangkejeren (N.022) tepatnya pada Km 438+775 secara administratif terletak di kabupaten Gayo Lues yang berbatasan sebelah utara dengan Kabupaten Aceh Tengah, Aceh Tamiang dan Aceh Timur, sebelah selatan dengan kabupaten Aceh Tenggara, Aceh Selatan dan Aceh Barat Daya, sebelah barat dengan Kabupaten Aceh Barat Daya, Nagan Raya dan Aceh Selatan serta sebelah timur dengan

Kabupaten Aceh Tamiang dan Provinsi Sumatera Utara.

2.2. Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan metode *Hand Bore*. Metode *Hand Bore* adalah penyelidikan tanah dengan cara menggali tanah menggunakan *hand bor* dengan kedalaman yang telah direncanakan, kemudian dilaksanakan pengambilan sampel menggunakan *Tube*. Jumlah sampel yang diambil berjumlah 3 titik pada masing-masing kedalaman berdasarkan data sekunder yaitu *bor log* dan SPT. Sampel yang diambil terdiri dari sampel tanah terganggu (*disturbed sample*) dan tanah yang tidak terganggu (*undisturbed sample*) pada ruas jalan

batas Aceh Tengah/Gayo Lues-Blangkejeren (N.022) Km 438+775.

2.3. Parameter Tanah

Parameter tanah ini merupakan data yang digunakan untuk memperoleh hasil perhitungan analisis kestabilan lereng. Data yang digunakan untuk analisis stabilitas lereng dengan menggunakan program *Plaxis 2D* adalah berat volume tanah (γ), kohesi (c), dan sudut geser (ϕ) yang diperoleh dari hasil pengujian sampel tanah pada ruas Jalan batas Aceh Tengah/Gayo Lues-Blangkejeren (N.022) Km 438+775 di laboratorium. Sedangkan untuk *Poisson ratio* (ν), modulus Young (E_{ref}) dan koefisien permeabilitas tanah (k) diperoleh dari hasil interpretasi sesuai jenis tanah yang didiskripsikan setelah pengujian.

Tabel 1 : Parameter Input Pada Program *Plaxis*

Parameter Tanah	Km 438+775			Satuan
	Lapisan 1	Lapisan 2	Lapisan 3	
<i>Material model</i>	MC	MC	MC	-
<i>Type of behaviour</i>	<i>Drained</i>	<i>Undrained</i>	<i>Undrained</i>	-
<i>Dry soil weight</i> (γ_{dry})	10,693	12,001	14,486	kN/m ³
<i>Wet soil weight</i> (γ_{wet})	15,206	16,514	20,928	kN/m ³
<i>Horizontal permeability</i> (k_x)	0,01	0,001	0,001	m/day
<i>Vertical permeability</i> (k_y)	0,01	0,001	0,001	m/day
<i>Young's modulus</i> (E_{ref})	78480	29430	19620	kN/m ²
<i>Poisson's ratio</i> (ν)	0,3	0,3	0,35	-
<i>Cohesion</i> (c)	45,093	35,774	33,648	kN/m ²
<i>Friction angle</i> (ϕ)	20,415	26,967	25,700	°
<i>Dilatancy angle</i> (Ψ)	-	-	-	°

2.4 Perhitungan Stabilitas Lereng dengan Metode Irisan (*Ordinary Method*)

Perhitungan stabilitas lereng dengan metode irisan (*ordinary method*), terlebih dahulu dilakukan analisis stabilitas lereng

menggunakan program *Plaxis 2D* untuk mendapatkan pola keruntuhan dan faktor keamanan. Metode irisan (*ordinary method*) dilakukan dengan cara membagi bidang longsor ke beberapa irisan agar lebih mudah dilakukan analisis terhadap faktor keamanan lereng. Adapun langkah-langkah

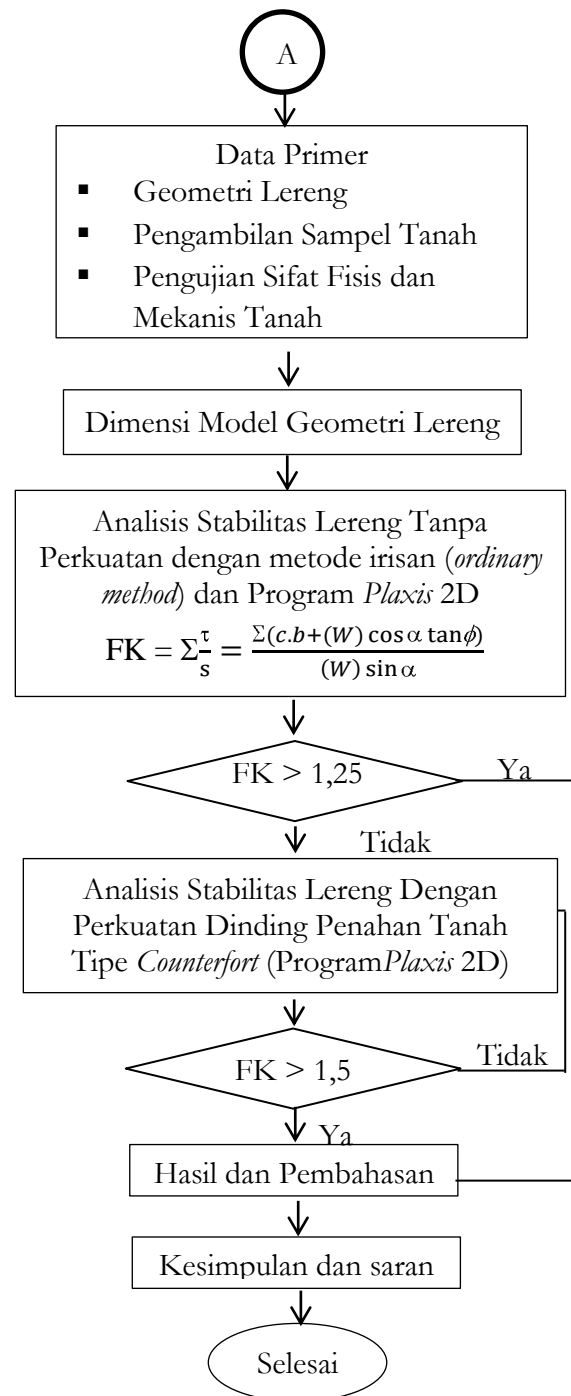
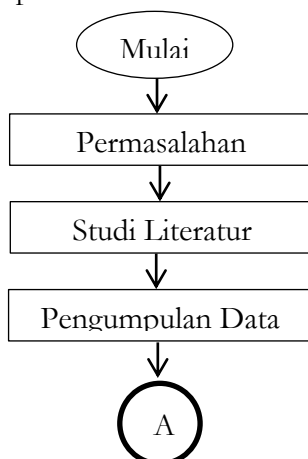
perhitungan dengan metode irisan (*ordinary method*) adalah sebagai berikut:

1. Menentukan bidang lengkung kelongsoran dengan dibantu program *Autocad* untuk mendapat besarnya jari-jari R dan titik pusat lingkaran (P).
2. Membagikan bidang longsor ke beberapa irisan agar memudahkan perhitungan luas bidang longsor secara akurat.
3. Menentukan sudut bidang longsor pada tiap-tiap irisan.
4. Melakukan perhitungan luas tiap-tiap irisan menggunakan persamaan luas berdasarkan bentuk-bentuk irisan.
5. Melakukan perhitungan berat irisan tanah (W).
6. Melakukan perhitungan faktor keamanan lereng dengan menggunakan persamaan 2.

2.5 Pengolahan Data

Analisis kestabilan lereng dengan menggunakan program *Plaxis 2D* membutuhkan pemodelan lereng yang sesuai dengan data yang ada sehingga diperoleh hasil yang akurat. Adapun analisis program *Plaxis 2D* memiliki tiga tahapan, yaitu:

1. Tahapan masukan data.
2. Tahapan kalkulasi, dan
3. Tahapan keluaran data.



Gambar 2 : Bagan Alir Penelitian

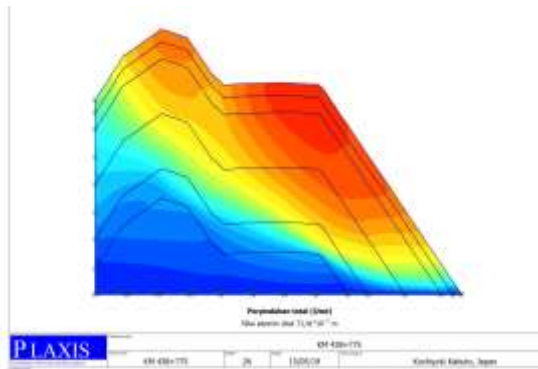
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini didapatkan hasil analisa stabilitas lereng pada kondisi eksisting (*natural condution*) menggunakan metode irisan (*ordinary method*) dan program *Plaxis 2D* serta analisa stabilitas lereng setelah diperkuat dengan dinding penahan tanah

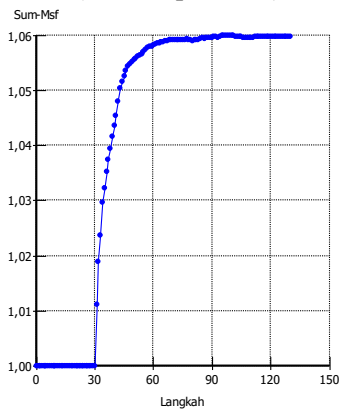
tipe *Counterfort* hanya menggunakan program saja.

3.1 Hasil analisis stabilitas lereng menggunakan Metode Irisan (*Ordinary Method*) dan Program *Plaxis 2D*

Analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting dengan menggunakan metode irisan (*ordinary method*) dan program *Plaxis 2D* untuk mendapatkan angka faktor keamanan (*safety factor*). Perhitungan dengan metode irisan (*ordinary method*) dilakukan berdasarkan bidang longsor (*slip surface*) pada program *Plaxis 2D*. Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting menggunakan program *Plaxis 2D* dengan beban kendaraan yaitu sebesar 15 kN/m^2 , seperti diperlihatkan pada Gambar 3 dan 4. Persyaratan aman yang diizinkan $> 1,25$.



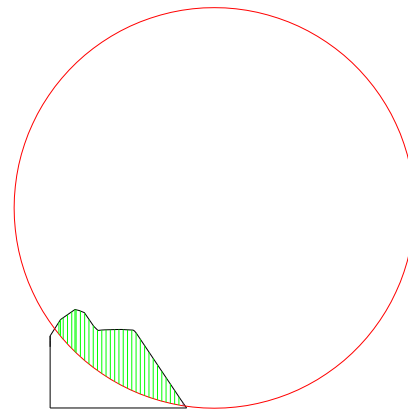
Gambar 3 : Perpindahan Total (*Total Displacement*)



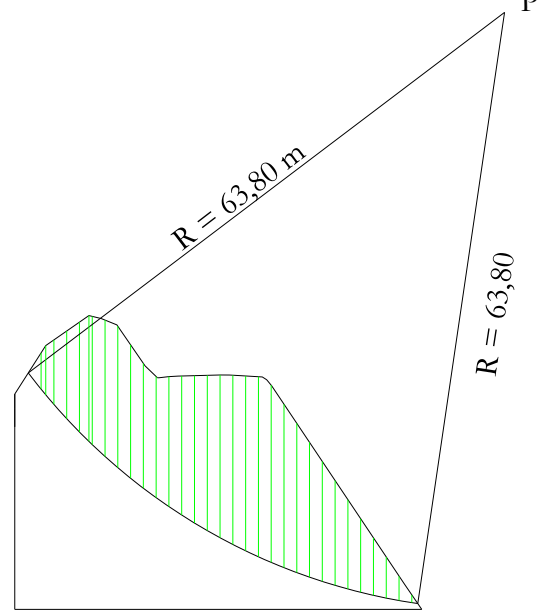
Gambar 4 : Faktor Keamanan Pada Program *Plaxis 2D*

Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting dengan menggunakan program *Plaxis 2D*, menunjukkan bahwa faktor keamanan (*safety factor*) pada Km 438+775 yaitu sebesar 1,038 dengan kondisi lereng tidak aman ($SF < 1,25$).

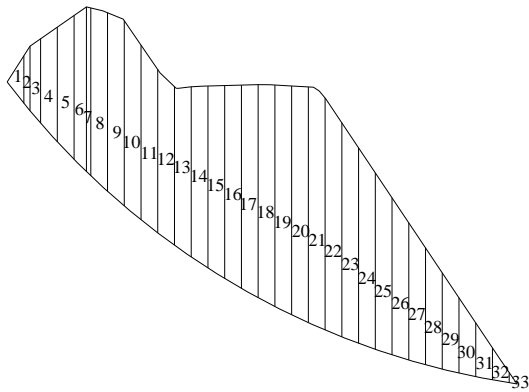
Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting dengan menggunakan metode irisan (*ordinary method*), dalam memudahkan perhitungan untuk mendapatkan faktor keamanan (*safety factor*), maka dilakukan dengan cara membagikan bidang longsor (*slip surface*) kedalam beberapa irisan.



Gambar 5 : Bidang Keruntuhan Lereng



Gambar 6 : Jari-Jari Lingkaran Bidang Keruntuhan Lereng



Gambar 7 : Pembagian Bidang Keruntuhan Lereng Ke Beberapa Irisan

Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting dengan menggunakan metode irisan (*ordinary method*), menunjukkan bahwa faktor keamanan (*safety factor*) pada Km 438+775 dengan jari-jari bidang 63,80 m didapatkan faktor keamanan sebesar 1,079 dengan kondisi lereng tidak aman ($SF < 1,25$).

Tabel 2 : Parameter Tanah dan Perhitungan Luas Irisan serta Berat Irisan pada Km 438+775

No Irisan	Variabel (m)			Luas Irisan (m ²)	γ tanah (kN/m ³)	Kohesi (c) (kN/m ²)	φ (°)	Berat Per Irisan (W) (kN/m)
	h1	h2	L					
1	0,00	3,88	2,19	4,249	20,928	33,648	25,7	88,915
2	3,88	5,27	0,81	3,706				77,554
3	5,27	6,89	1,32	8,026				167,960
4	6,89	9,36	2,12	17,225				360,485
5	9,36	11,74	1,98	20,889				437,165
6	11,74	13,44	1,42	17,878				374,147
7	13,44	13,70	0,50	6,785				141,996
8	13,70	14,57	1,86	26,291				550,220
9	14,57	15,11	1,81	26,860				562,134
10	15,11	14,19	1,82	26,663				558,003
11	14,19	13,33	1,71	23,530				492,427
12	13,33	12,94	1,70	22,330				467,312
13	12,94	13,88	1,68	22,529				471,483
14	13,88	14,85	1,60	22,984				481,009
15	14,85	15,74	1,64	25,084				524,954
16	15,74	16,58	1,59	25,694				537,732
17	16,58	17,38	1,56	26,489				554,358
18	17,38	18,07	1,55	27,474				574,971
19	18,07	18,67	1,52	27,922				584,360
20	18,67	19,23	1,51	28,615				598,844
21	19,23	19,93	1,49	29,174				610,558
22	19,93	17,46	1,48	27,669				579,048
23	17,46	15,95	1,46	24,389				510,419
24	15,95	14,40	1,46	22,156				463,670
25	14,40	12,81	1,44	19,591				410,005
26	12,81	11,19	1,43	17,160				359,124
27	11,19	9,54	1,42	14,718				308,025
28	9,54	7,86	1,41	12,267				256,724
29	7,86	6,14	1,40	9,800				205,094
30	6,14	4,39	1,40	7,371				154,260
31	4,39	2,61	1,39	4,865				101,815
32	2,61	0,83	1,38	2,374				49,675
33	0,83	0,00	0,65	0,270				5,645
Σ			49,70					6315,138

Perhitungan Irisan Ke-1

$$\begin{aligned}
 W &= \gamma \times \text{Luas Irisan 1} \\
 &= 20,928 \text{ kN/m}^3 \times 4,249 \text{ m}^2 \\
 &= 88,915 \text{ kN/m}
 \end{aligned}$$

Tabel 3 : Perhitungan Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

No Irisan	Berat Per Irisan (W) (kN/m)	Studut α	α (rad)			W sin α	W cos α	SF
			11	12	13			
1	88,915	52	0,907	0,788	0,616	70,028	54,790	1,079
2	77,554	51	0,889	0,777	0,630	60,238	48,847	
3	167,960	50	0,872	0,766	0,643	128,593	108,048	
4	360,485	48	0,837	0,743	0,670	267,738	241,382	
5	437,165	46	0,802	0,719	0,695	314,284	303,873	
6	374,147	45	0,785	0,707	0,708	264,403	264,720	
7	141,996	45	0,785	0,707	0,708	100,347	100,467	
8	550,220	43	0,750	0,682	0,732	375,019	402,620	
9	562,134	41	0,715	0,656	0,755	368,562	424,449	
10	558,003	40	0,698	0,642	0,766	358,450	427,646	
11	492,427	38	0,663	0,615	0,788	302,973	388,191	
12	467,312	36	0,628	0,587	0,809	274,498	378,195	
13	471,483	35	0,610	0,573	0,819	270,252	386,342	
14	481,009	33	0,576	0,544	0,839	261,799	403,523	
15	524,954	32	0,558	0,530	0,848	277,994	445,304	
16	537,732	31	0,541	0,515	0,857	276,763	461,041	
17	554,358	29	0,506	0,484	0,875	268,571	484,956	
18	574,971	28	0,488	0,469	0,883	269,743	507,769	
19	584,360	26	0,453	0,438	0,899	255,985	525,308	
20	598,844	25	0,436	0,422	0,906	252,902	542,821	
21	610,558	24	0,419	0,406	0,914	248,158	557,851	
22	579,048	22	0,384	0,374	0,927	216,758	536,948	
23	510,419	21	0,366	0,358	0,934	182,785	476,568	
24	463,670	20	0,349	0,342	0,940	158,469	435,750	
25	410,005	18	0,314	0,309	0,951	126,605	389,968	
26	359,124	17	0,296	0,292	0,956	104,920	343,456	
27	308,025	16	0,279	0,275	0,961	84,840	296,110	
28	256,724	15	0,262	0,259	0,966	66,396	247,989	
29	205,094	13	0,227	0,225	0,974	46,102	199,846	
30	154,260	12	0,209	0,208	0,978	32,048	150,894	
31	101,815	11	0,192	0,191	0,982	19,413	99,947	
32	49,675	10	0,174	0,174	0,985	8,619	48,921	
33	5,645	9	0,157	0,156	0,988	0,882	5,576	
Σ						6315,138	10690,116	

Perhitungan Untuk SF = 1,079

$$FK = \frac{\Sigma(c'l + Wt \cos \alpha \tan \phi')}{\Sigma Wt \sin \alpha}$$

$$FK = \frac{\Sigma(33,648 \times 49,70) + (10690,116 (\tan(25,7) \times 0,01744))}{6315,138}$$

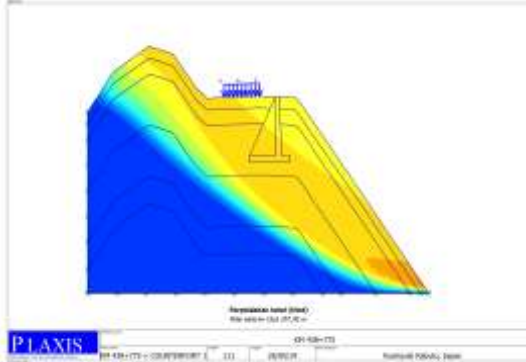
$$FK = 1,079$$

Jadi, didapatkan faktor keamanan (*safety factor*) dari lereng tersebut adalah SF = 1,079

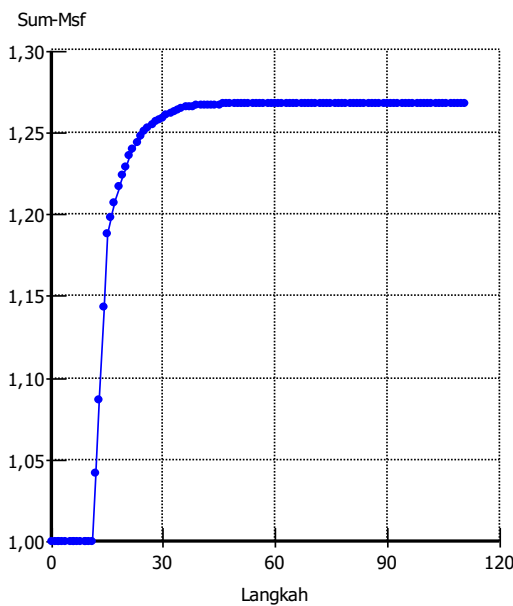
3.2 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Setelah Diperkuat Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort Menggunakan Program Plaxis 2D

Hasil analisis stabilitas lereng setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe counterfort menggunakan program Plaxis dengan beban kendaraan yaitu sebesar 15

kN/m^2 . Perhitungan faktor keamanan (*safety factor*) setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *counterfort* seperti diperlihatkan pada Gambar 8 dan 9. Persyaratan aman yang diizinkan $\text{SF} > 1,50$.



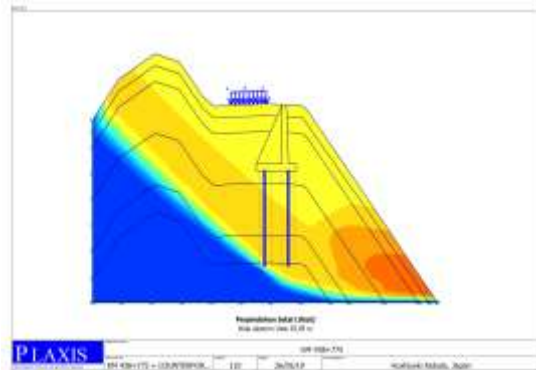
Gambar 8 : Perpindahan Total (*Total Displacement*)



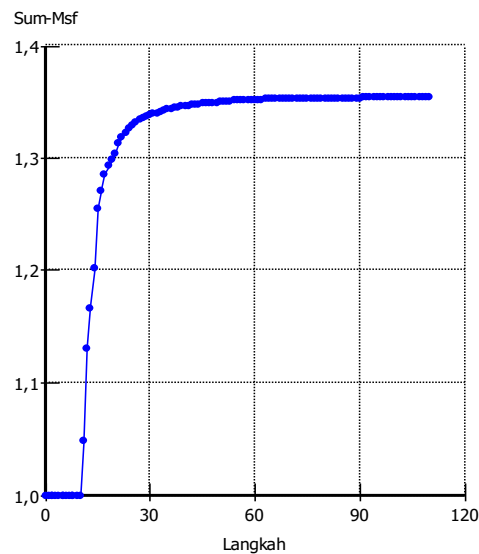
Gambar 9 : Faktor Keamanan Pada Program *Plaxis 2D*

Hasil analisis stabilitas lereng setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *counterfort* dengan menggunakan program *Plaxis*, menunjukkan bahwa faktor keamanan (*safety factor*) pada Km 438+775 yaitu sebesar 1,268 dengan kondisi lereng tidak aman ($\text{SF} < 1,50$).

Hasil analisis stabilitas lereng setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *counterfort* dan *minipile* menggunakan program *Plaxis* dengan beban kendaraan yaitu sebesar 15 kN/m^2 . Perhitungan faktor keamanan (*safety factor*) setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *counterfort* dan *minipile*, seperti diperlihatkan pada Gambar 10 dan 11. Persyaratan aman yang diizinkan $\text{SF} > 1,50$.



Gambar 10 : Perpindahan Total (*Total Displacement*)

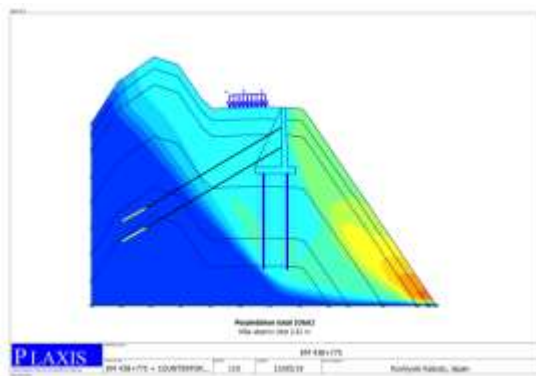


Gambar 11 : Faktor Keamanan Pada Program *Plaxis 2D*

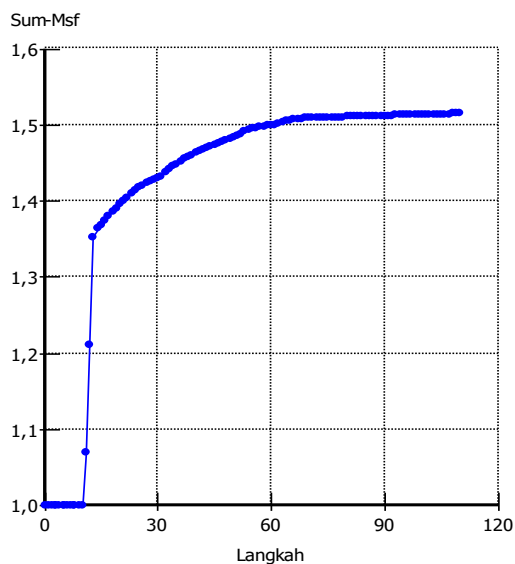
Hasil analisis stabilitas lereng setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *counterfort* dan *minipile* dengan panjang 12 meter menggunakan program *Plaxis*, menunjukkan bahwa faktor keamanan pada

Km 438+775 sebesar 1,354 dengan kondisi lereng tidak aman ($SF < 1,50$).

Hasil analisis stabilitas lereng setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *counterfort*, *minipile* dan angkur menggunakan program *Plaxis* dengan beban kendaraan yaitu sebesar 15 kN/m^2 . Perhitungan faktor keamanan (*safety factor*) setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *counterfort*, *minipile* dan angkur, seperti diperlihatkan pada Gambar 12 dan 13. Persyaratan aman yang diizinkan $SF > 1,50$.



Gambar 12 : Perpindahan Total (*Total Displacement*)



Gambar 13 : Faktor Keamanan Pada Program *Plaxis* 2D

Hasil analisis stabilitas lereng setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe

counterfort, *minipile* dengan panjang 12 meter dan angkur dengan panjang 20 meter serta sudut kemiringan 30° menggunakan program *Plaxis*, menunjukkan bahwa faktor keamanan (*safety factor*) pada Km 438+775 yaitu sebesar 1,513 dengan kondisi lereng aman ($SF > 1,50$).

3.3 Pembahasan

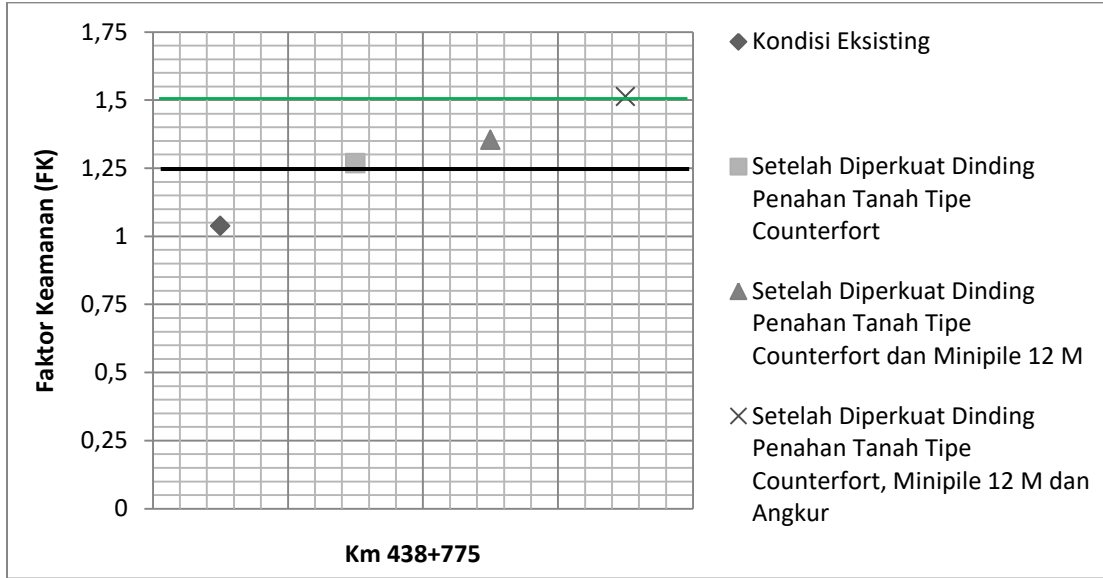
Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting (*natural condition*) menggunakan data seperti pada Tabel 1 di Km 438+775 dengan menggunakan program *Plaxis* 2D, didapatkan nilai faktor keamanan (*safety factor*) lebih kecil dari 1,25 dalam kondisi tidak aman ($SF < 1,25$). Sedangkan perhitungan dengan menggunakan metode irisan (*ordinary method*) Km 438+775 dengan jari-jari 63,80 m didapatkan nilai faktor keamanan (*safety factor*) lebih kecil dari 1,25 dalam kondisi tidak aman ($SF < 1,25$). Dengan demikian, maka perlu dilakukan perkuatan lereng dengan menggunakan dinding penahan tanah tipe *Counterfort*.

Gambar 14 Menunjukkan bahwa hasil analisis stabilitas lereng setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *Counterfort* pada Km 438+775, menunjukkan bahwa nilai faktor keamanan (*safety factor*) lebih kecil dari 1,50 dalam kondisi lereng tidak aman ($SF < 1,50$). Hal ini disebabkan, perkuatan pada lereng tidak melewati bidang gelincir (*slip surface*), sehingga diperlukan perkuatan tambahan dengan menambahkan *minipile*.

Hasil analisis stabilitas lereng setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *Counterfort* dan *minipile* sepanjang 12 meter pada Km 438+775 didapatkan nilai faktor keamanan (*safety factor*) lebih kecil dari 1,50 dalam kondisi lereng tidak aman ($SF < 1,50$). Berdasarkan hasil analisis didapatkan nilai faktor keamanan (*safety factor*)

meningkat setelah dilakukan perkuatan tambahan. Sehingga, diperlukan perkuatan tambahan untuk meningkatkan faktor keamanan (*safety factor*), dengan dilakukan pemasangan *anchor* pada dinding panahan tanah tipe *Counterfort*. Hasil analisis stabilitas

lereng setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *counterfort*, *minipile* dan *anchor* pada Km 438+775 dengan panjang 20 meter serta sudut kemiringan 30° , didapatkan angka faktor keamanan 1,513 dengan kondisi lereng aman ($SF > 1,50$).



Gambar 14 : Grafik Perhitungan Faktor Keamanan (*Safety Factor*) pada Kondisi Eksisting dan Setelah Dilakukan Perkuatan Lereng

Keterangan :

- = Batas Faktor Keamanan yang diizinkan Untuk Kondisi Eksisting ($SF > 1,25$).
- = Batas Faktor Keamanan yang diizinkan Setelah Diberi Perkuatan ($SF > 1,50$).

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan pembahasan tentang analisis kestabilan lereng dengan cara perhitungan metode irisan dan menggunakan program *Plaxis 2D* dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Faktor Keamanan pada kondisi existing (*natural condition*) dengan Program *Plaxis 2D* dan metode irisan pada Km 438+775 adalah sebesar 1,038 dengan kondisi lereng tidak aman ($SF < 1,25$)
2. Faktor Kemanan setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *Counterfort* dengan Program *Plaxis 2D* pada Km 438+775 adalah sebesar 1,268 dengan kondisi lereng tidak aman ($SF < 1,50$).

Dengan demikian, diperkuat tambahan untuk meningkatkan faktor keamanan (FK).

3. Faktor Kemanan setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *Counterfort* dan minipile dengan panjang 12 meter dengan Program *Plaxis 2D* pada Km 438+775 adalah sebesar 1,354 dengan kondisi lereng tidak aman ($SF < 1,50$)
4. Faktor Kemanan setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *Counterfort*, minipile dengan panjang 12 meter dan angkur dengan panjang 20 meter serta sudut kemiringan 30° dengan Program *Plaxis 2D* pada Km 438+775 adalah sebesar 1,513 dengan kondisi lereng aman ($SF > 1,50$)

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Yulvi, Z., *Pengaruh Beban Dinamis dan Kadar Air Tanah Terhadap Stabilitas Lereng pada Tanah Lempung Berpasir*, Jurnal Rekayasa Sipil Vol 5.
- [2] Hardiyatmo, H. C, 1994. *Mekanika Tanah 1*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [3] Bowles, J. E, 1993. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, terjemahan J.K. Hainim, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [4] Duncan, J.M., 2005. *Soil Strength and Slope Stability*, John Willey & Son INC. New York.
- [5] Abramson, L. W. et al, *Slope Stability and Stabilization Methods*, Wiley and Sons Inc, New York, 1996.
- [6] Bowles, J. E, 1993. *Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, terjemahan J.K. Hainim, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [7] Hasyim, A, *Slope Stability Analysis in Saturated Slope*, Faculty of Civil Engineering Universiti Teknologi Malaysia, inside.mines.edu, Malaysia, 2007.
- [8] Rinanditya, F, R, *Analisis Stabilitas Lereng Dengan Dinding Penahan Tanah Kantilever Menggunakan Program Plaxis (Studi Kasus Jalan Piyungan-Batas Gunung Kidul, Yogyakarta)*. Jurnal. Tidak di Terbitkan. Program Studi Teknik Sipil. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2017.
- [9] Abiyyu, M. F, *Perencanaan Perkuatan Lereng Menggunakan Dinding Penahan Tanah Tipe Kantilever Di Tol Jakarta Outer Ring Road II*, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, 2018.
- [10] Das, B. M, 1993. *Mekanika Tanah Jilid 2*, Penerbit Erlangga, Jakarta.