

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

Rizki Ramadhan<sup>1</sup>, Munirwansyah<sup>2</sup>, Munira Sungkar<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup> 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 ( $\gamma_d$ ), berat volume basah ( $\gamma_w$ ), permeabilitas ( $k$ ), modulus young ( $E_{ref}$ ), poisson's rasio ( $\nu$ ), sudut geser ( $\phi$ ), 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  $30^\circ$  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 ( $\gamma_d$ ), wet volume weight ( $\gamma_w$ ), permeability ( $k$ ), modulus young ( $E_{ref}$ ), poisson's ratio ( $\nu$ ), shear angle ( $\phi$ ), 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].

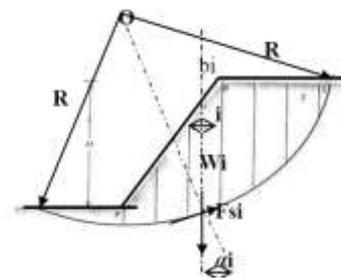
Faktor keamanan berdasarkan studi-studi tentang keruntuhan lereng menunjukkan bahwa Safety factor < 1,25 adalah keruntuhan lereng bisa terjadi [6]. Sedangkan faktor keamanan untuk desain menunjukkan bahwa safety factor > 1,5 aman untuk perkuatan lereng [7].

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 ( $\gamma$ ), kohesi ( $c$ ), dan sudut geser ( $\phi$ ) 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* ( $\nu$ ), 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> ( $\gamma_{dry}$ ) | 10,693         | 12,001           | 14,486           | kN/m <sup>3</sup> |
| <i>Wet soil weight</i> ( $\gamma_{wet}$ ) | 15,206         | 16,514           | 20,928           | kN/m <sup>3</sup> |
| <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 <sup>2</sup> |
| <i>Poisson's ratio</i> ( $\nu$ )          | 0,3            | 0,3              | 0,35             | -                 |
| <i>Cohesion</i> ( $c$ )                   | 45,093         | 35,774           | 33,648           | kN/m <sup>2</sup> |
| <i>Friction angle</i> ( $\phi$ )          | 20,415         | 26,967           | 25,700           | °                 |
| <i>Dilatancy angle</i> ( $\Psi$ )         | -              | -                | -                | °                 |

### 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

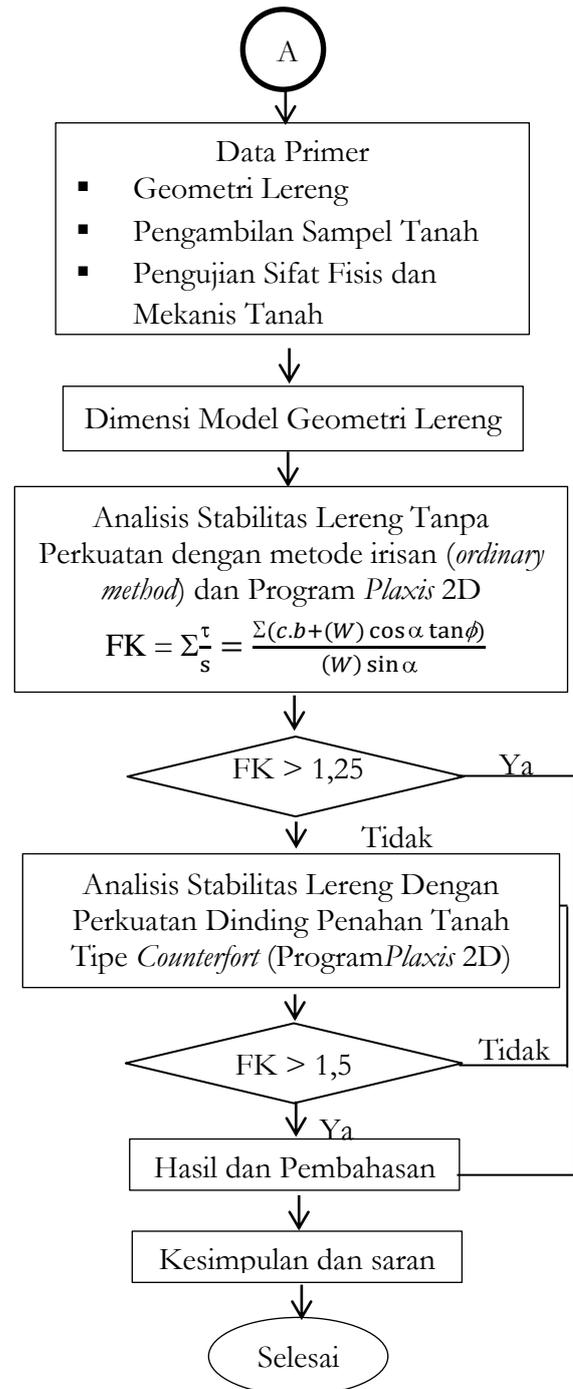
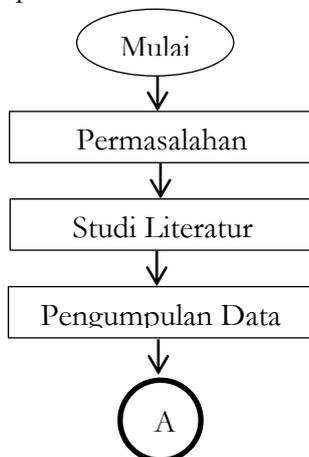
perhitungan dengan metode irisan (*ordinary method*) adalah sebagai berikut:

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

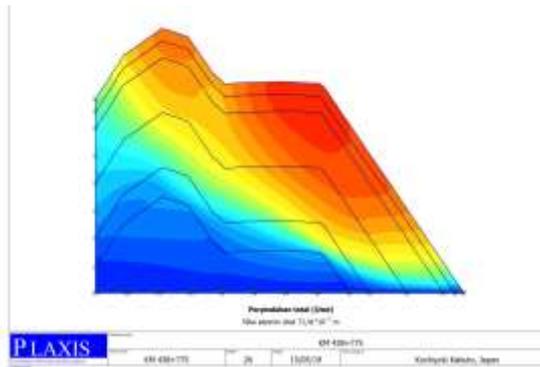
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

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

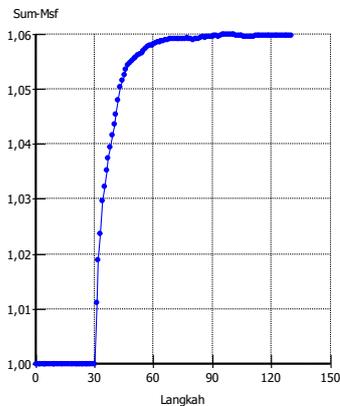
tipe *Counterfort* hanya menggunakan program saja.

### 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  $15 \text{ kN/m}^2$ , seperti diperlihatkan pada Gambar 3 dan 4. Persyaratan aman yang diizinkan  $> 1,25$ .



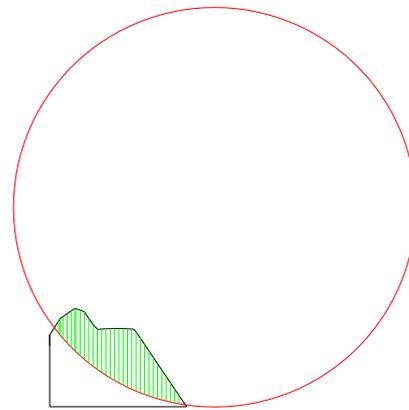
Gambar 3 : Perpindahan Total (*Total Displacement*)



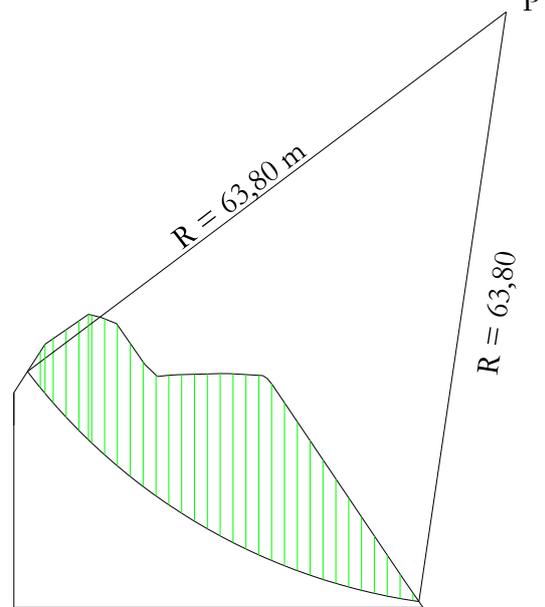
Gambar 4 : Faktor Keamanan Pada Program *Plaxis 2D*

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 ( $SF < 1,25$ ).

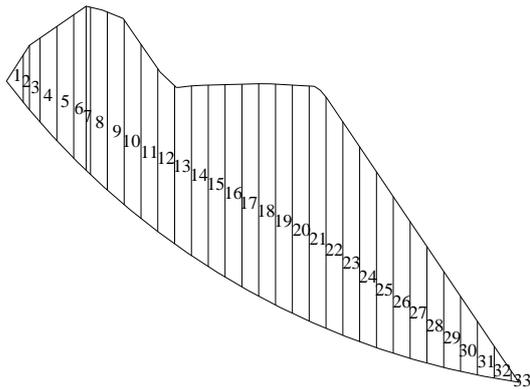
Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting dengan menggunakan metode irisan (*ordinary method*), dalam memudahkan perhitungan untuk mendapatkan faktor keamanan (*safety factor*), maka dilakukan dengan cara membagikan bidang longsor (*slip surface*) kedalam beberapa irisan.



Gambar 5 : Bidang Keruntuhan Lereng P



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 <sup>2</sup> ) | γ tanah (kN/m <sup>3</sup> ) | Kohesi (c) (kN/m <sup>2</sup> ) | 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    |             |             |       |
|           | 9 = 4 x 5                   | 10       |         |       |       | 14 = 9 x 12 | 15 = 9 x 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

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

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

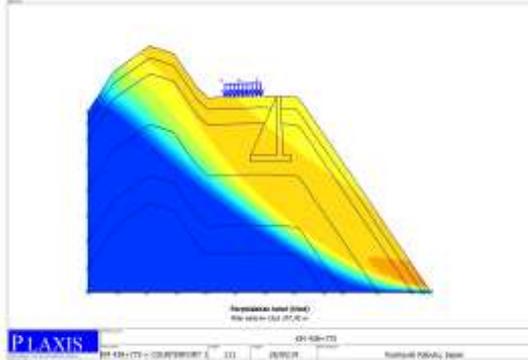
$$FK = 1,079$$

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

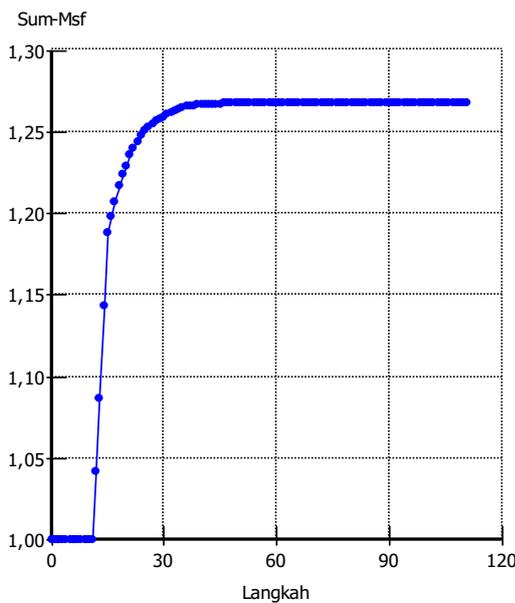
### 3.2 Hasil Analisis Stabilitas Lereng Setelah Diperkuat Dinding Penahan Tanah Tipe Counterfort Menggunakan Program Plaxis 2D

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

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



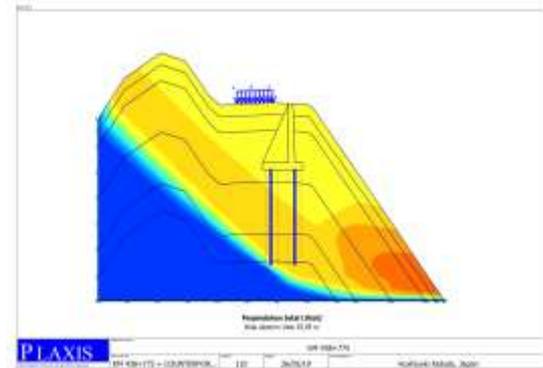
Gambar 8 : Perpindahan Total (*Total Displacement*)



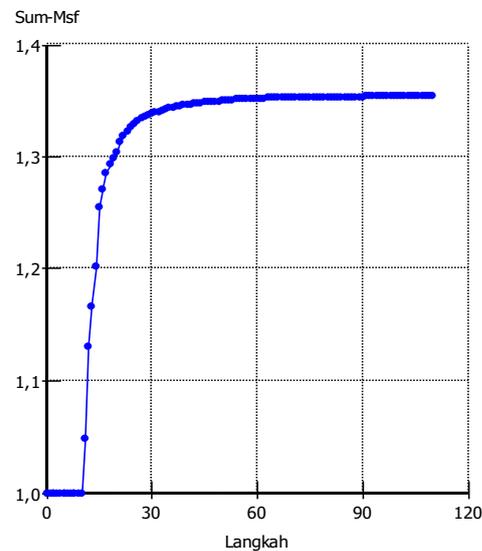
Gambar 9 : Faktor Keamanan Pada Program *Plaxis 2D*

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  $15 \text{ kN/m}^2$ . 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*)

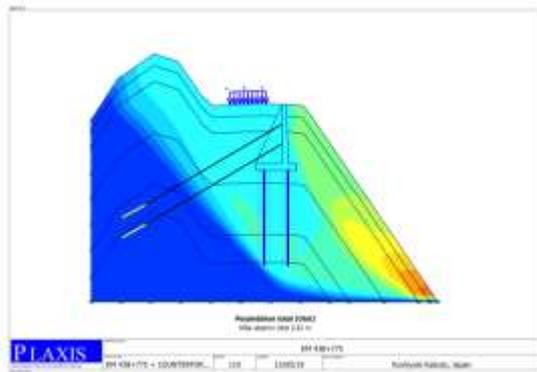


Gambar 11 : Faktor Keamanan Pada Program *Plaxis 2D*

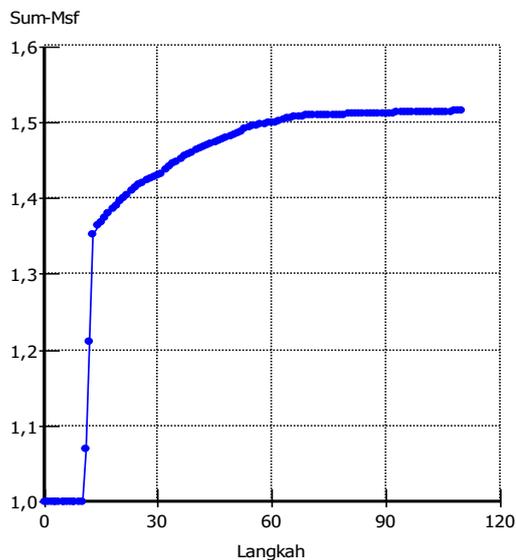
Hasil analisis stabilitas lereng setelah diperkuat dinding penahan tanah tipe *counterfort* dan *minipile* dengan panjang 12 meter menggunakan program *Plaxis*, menunjukkan bahwa faktor keamanan pada

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  $15 \text{ kN/m}^2$ . 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  $30^\circ$  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

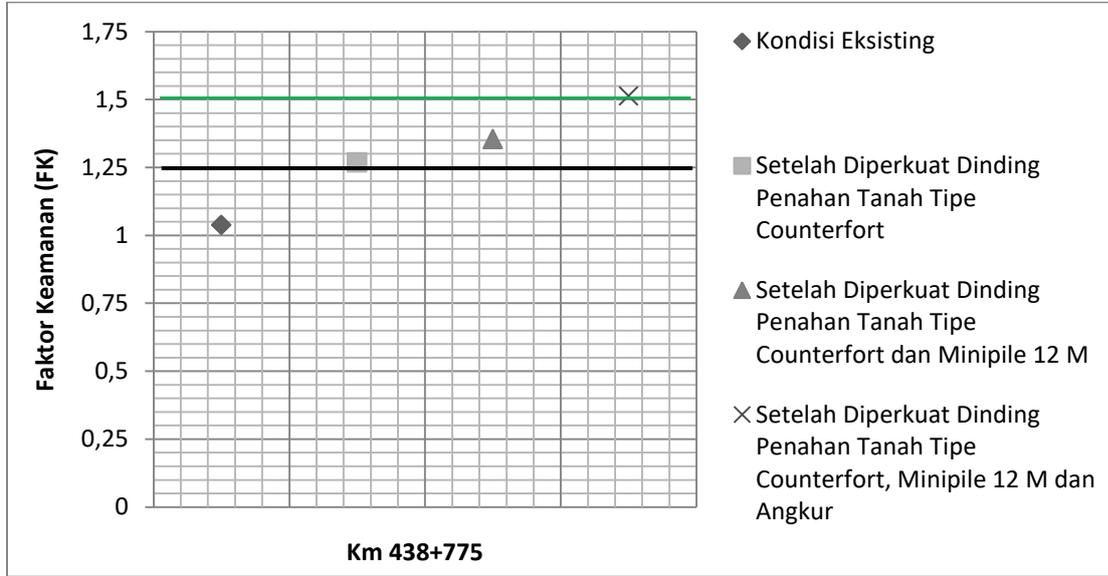
Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting (*natural condition*) menggunakan data seperti pada Tabel 1 di Km 438+775 dengan menggunakan program *Plaxis* 2D, didapatkan nilai faktor keamanan (*safety factor*) lebih kecil dari 1,25 dalam kondisi tidak aman ( $SF < 1,25$ ). Sedangkan perhitungan 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.