

# EVALUASI KELONGSORAN PADA RUAS JALAN WELERI – PATEAN KM50 DAN ALTERNATIF PENANGANANNYA

Danni Tanro, Moh Ariawan Hidayat  
Sri Prabandiyani, Indrastono D A<sup>\*)</sup>

Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, Tembalang, Semarang. 50239,  
Telp.: (024)7474770, Fax.: (024)7460060

## ABSTRAK

Ruas jalan Weleri – Patean merupakan jalan nasional yang mempunyai peranan penting dalam pengembangan ekonomi regional maupun nasional. Ruas jalan tersebut merupakan jalur alternatif yang menghubungkan jalur pantura dengan jalur selatan. Pada bulan Januari 2012, terjadi kelongsoran pada ruas jalan Weleri – Patean KM 50 sepanjang 8 meter dengan tinggi 6,8 meter. Akibat kejadian tersebut, hanya separuh ruas jalan yang dilewati kendaraan dan dengan diberlakukannya sistem buka-tutup pada ruas tersebut, arus lalu lintas sepanjang ruas jalan menjadi terhambat.

Setelah dilakukan analisa kestabilan lereng dengan menggunakan metode Fellenius, didapat SF atau angka keamanan lereng sebesar 0.878 dan SF sebesar 1.284 dengan menggunakan program Plaxis V.8.2. Kedua SF lebih kecil dari SF aman yaitu 1.3 sehingga dapat disimpulkan bahwa lereng dalam kondisi kritis. Oleh karena itu diperlukan penanganan khusus untuk mengatasi kelongsoran pada ruas tersebut.

Alternatif pertama untuk memperkuat lereng adalah perkuatan bronjong (Gabions), alternatif kedua berupa perkuatan dinding penahan tanah dan alternatif ketiga berupa perkuatan sheet pile baja. Berdasarkan perhitungan angka keamanan menggunakan software Plaxis V.8.2, perkuatan bronjong menghasilkan SF = 1.512 dan displacement sebesar 4.645 cm, perkuatan dinding penahan tanah SF = 1.538 dan displacement sebesar 4.365 cm, perkuatan sheet pile sebesar SF = 2.075 dan displacement sebesar 2.932 cm. Dari ketiga alternatif tersebut, perkuatan sheet pile merupakan alternatif perkuatandengan angka keamanan yang paling besar dan displacement yang paling kecil, oleh karena itu perkuatan sheet pile dianggap alternatif perkuatan yang paling baik.

Kata kunci: longsor, angka keamanan, bronjong, dinding penahan tanah, sheet pile, plaxis.

## ABSTRACT

*Road between Weleri - Patean is a national road that has an important role in regional and national economic development. The road is an alternative route that connects the "Pantura" to the "Selatan" route. In January 2012, there was a catastrophic landslide occurred in kilometers 50 from Weleri to Patean. It's 6.8 meters in height and 8 meters in length landslide. As result,, only half the roads are passable by vehicles, and by the implementation of on way system, the flow of traffic became pretty slow.*

*After slope stability analysis using Fellenius method is performed, it is shown that the SF or safety factor of the slope is 0.878 and for 1.284 by using Plaxis V.8.2 program. Both SF less than normal safety factor which is 1.3. So it can be inferred that the slope is in critical condition. Therefore, it is very important to install special reinforcement to restrain or stabilize the slope. The first alternative of slope reinforcement is gabion, the second alternative is retaining wall and the third alternative is steel sheet pile reinforcement. Based on finite element method calculation using Plaxis V.8.2 software, it is found that gabion changes the safety factor of the slope from 1.284 to 1.512 and gives 4.645 cm displacement. Meanwhile, retaining wall increases the value of safety factor from 1.284 to 1.538 and gives 4.365 cm displacement. In otherhand, steel sheet pile reinforcement gives a noticeable safety factor value which is 2.075 and gives 2.932 cm displacement. Compared to the other alternatives, steel sheet pile reinforcement performs the best stabilization reinforcement, resulting in high safety factor value and small displacement value, therefore, steel sheet pile reinforcement is is considered as the best alternative solutions for landslide in Weleri – Patean Km 50 Road.*

*Keywords: landslides, security numbers, gabions, retaining walls, sheet pile, Plaxis.*

## **PENDAHULUAN**

Seiring dengan cepatnya laju globalisasi, Indonesia saat ini memerlukan upaya pembangunan Nasional yang sinergis dan strategis, khususnya pembangunan di bidang transportasi. Hal ini diupayakan demi tercapainya tujuan pembangunan nasional dan kekuatan ekonomi di era globalisasi yang sangat kuat ini. Transportasi memegang peranan penting dalam kehidupan perekonomian di negara kita. Pembangunan di bidang transportasi lebih ditujukan pada ide terciptanya suatu transportasi nasional yang handal dan diselenggarakan secara terpadu, tertib, lancar, aman dan efisien. Sedangkan sistem transportasi nasional itu sendiri berperan untuk menunjang dan menggerakkan dinamika pembangunan serta mendukung mobilitas manusia, barang dan jasa. Kondisi tersebut menuntut tersedianya fasilitas yang semakin baik, terutama menyangkut sarana dan prasarana transportasi yang dapat mendukung pertumbuhan yang terjadi.

Sepanjang ruas jalan Kendal – Temanggung Kabupaten kendal yang menghubungkan jalur pantura ke jalur selatan menghadapi masalah stabilitas dan penurunan, dan pada 2 Februari 2012 terjadinya longsoran pada badan jalan, sehingga diharuskannya jalan ditutup separuh guna mengantisipasi longsoran yang lebih parah. Sedangkan pada KM 50, terdapat jalan ambles dan longsor sepanjang 8 meter dan dengan kedalaman amblesan jalan sedalam 40cm. Akibatnya, ruas jalan tersebut harus dihalangi oleh pembatas dan pada lajur harus dilaksanakan proses buka-tutup jalan. Mengingat kondisi lalu lintas yang padat, penutupan separuh jalan yang diakibatkan longsoran ini sangat mengganggu proses transportasi. Masalah keamanan jalanpun patut diperhitungkan, kelongsoran tahap keduaupun mungkin saja terjadi apabila langkah langkah efektif tidak diambil untuk mengatasi permasalahan tersebut.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

Tanah menurut *Das, B.M*, (1998) didefinisikan sebagai material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk (yang berpartikel padat) disertai dengan zat cair

dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong di antara partikel-partikel padat tersebut. Tanah berfungsi juga sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Maka diperlukan tanah dengan kondisi kuat menahan beban di atasnya dan menyebarkannya merata.

Tanah terdiri dari tiga fase elemen yaitu: butiran padat (*solid*), air dan udara, seperti ditunjukkan dalam Gambar 1.

Hubungan volume-berat (Persamaan 1) :

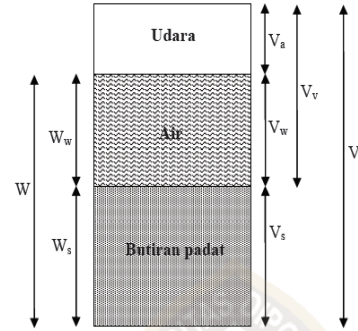
$$V = V_s + V_v = V_s + V_w + V_a \dots (1)$$

Dimana:  $V_s$  = volume butiran padat

$V_v$  = volume pori

$V_w$  = volume air di dalam pori

$V_a$  = volume udara di dalam pori



**Gambar 1** Tiga Fase Elemen Tanah  
(Sumber : Das, B.M, 1998)

## DAYA DUKUNG TANAH

Dalam perencanaan konstruksi bangunan sipil, daya dukung tanah mempunyai peranan yang sangat penting, daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah untuk menahan beban pondasi tanpa mengalami keruntuhan akibat geser yang juga ditentukan oleh kekuatan geser tanah. Tanah mempunyai sifat untuk meningkatkan kepadatan dan kekuatan gesernya apabila menerima tekanan. Apabila beban yang bekerja pada tanah pondasi telah melampaui daya dukung batasnya, tegangan geser yang ditimbulkan dalam tanah pondasi melampaui kekuatan geser tanah maka akan mengakibatkan keruntuhan geser tanah tersebut. Perhitungan daya dukung tanah dapat dihitung berdasarkan teori Terzaghi (Das, B.M, 1998) :

• Daya dukung tanah untuk pondasi lajur (Persamaan 2)

$$q_{ult} = c \times N_c + \gamma \times D \times N_q + \frac{1}{2} \times \gamma \times B \times N_\gamma \dots (2)$$

• Daya dukung tanah untuk pondasi bujur sangkar (Persamaan 3)

$$q_{ult} = 1.3 \times c \times N_c + \gamma \times D \times N_q \dots (3)$$

(Sumber : Das, B.M, 1998)

Dimana :

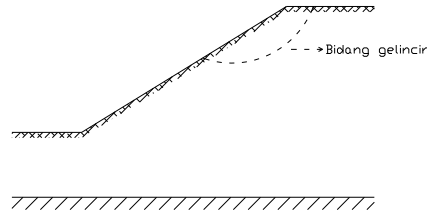
D = Kedalaman pondasi, B = Lebar pondasi,  $\gamma$  = Berat isi tanah

$N_c, N_q, N_\gamma$  = Faktor daya dukung yang tergantung pada sudut Geser

Kelongsoran pada lereng umumnya terjadi dalam suatu bidang lengkung. Dalam perhitungan stabilitas, lengkung yang ini dianggap sebagai lingkaran spiral logaritmis. Bidang ini disebut bidang gelincir.

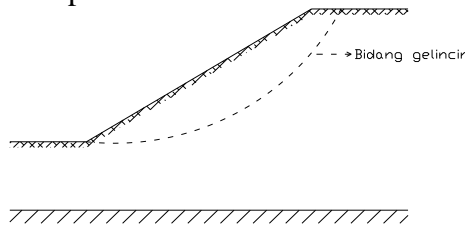
Ada tiga jenis dasar kelongsoran yang terjadi pada lereng semacam ini, yaitu :

- a. Kelongsoran muka, bila kelongsoran terjadi sepanjang bidang gelincir yang masih terletak dalam batas lereng. Gambar kelongsoran muka dapat dilihat pada Gambar 2.



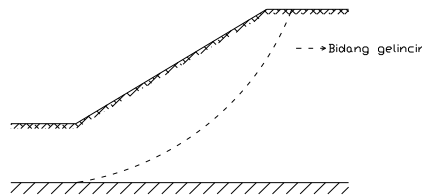
**Gambar 2** Kelongsoran muka

- b. Kelongsoran dasar, bila bidang gelincir longsor melewati ujung bawah lereng. Gambar kelongsoran muka dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3** Kelongsoran dasar

- c. Kelongsoran ujung kaki, bila bidang gelincir longsor terletak pada ujung bawah lereng. Gambar kelongsoran ujung kaki dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4** Kelongsoran Ujung Kaki

Analisa stabilitas lereng dengan metode Fellenius menganggap gaya-gaya yang bekerja pada sisi kanan kiri dari sembarang irisan mempunyai resultan nol pada arah tegak lurus bidang longsorannya. Metode Fellenius ini yang menjadi dasar yang digunakan dalam program Plaxis. Faktor keamanan didefinisikan dengan Persamaan 4.

$$F_k = \frac{\text{Jumlah Momen dari tahanan geser sepanjang bidang longsor}}{\text{Jumlah momen dari berat masa tanah yang longsor}} = \frac{\sum Mr}{\sum Md} \dots (4)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemboran untuk tanah asli dilakukan sebanyak 2 (dua) titik dengan kedalaman titik 10-20 meter. Hasil pemboran untuk tanah asli dan asumsi properties tanah yang akan digunakan dalam perhitungan dan analisa dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Properties tanah untuk input analisa

Jenis Pengujian & Parameter	Satuan	Titik Bor B-1			
		-5,00m	-10,00m	-15,00m	-20,00m
Indeks Properti					
• Berat Vol. Basah ( $\gamma_{sat}$ )	KN/m <sup>3</sup>	16.336	17.594	17.632	16.157
• Berat Vol. Kering ( $\gamma_{dry}$ )	KN/m <sup>3</sup>	11.661	13.968	14.124	13.154
• Water Content	%	40.09	25.96	24.84	22.83
• Specific Gravity (Gs)		2.674	2.719	2.727	2.728
• Kohesi (C)	KN/m <sup>2</sup>	12	5	8	8
• Sudut Geser dalam ( $\phi$ )	°	13	29	30	32
• Permeabilitas	m/hari	1E-9	1E-9	1E-9	1E-9
• Modulus Young	KN/m <sup>2</sup>	20.000	20.000	80.000	80.000

Dalam perhitungan analisa kestabilan lereng secara manual, digunakan metode Fellenius. Bentuk pemodelan lereng yang akan di analisis kestabilannya dibuat terlebih dahulu kemudian pemodelan lereng tersebut, kemudian ditentukan titik-titik pusat longsor percobaan dengan trial and error dan data tanah sesuai dengan Tabel 1. Perhitungan ini dimulai dengan bantuan sudut-sudut petunjuk. Setelah menghitung SF lereng ruas jalan Weluri-Patean KM 50 dengan nilai R yang berbeda-beda., yaitu R: 9.375m, R: 10.412m dan R: 11.640m, didapatkan nilai SF (Safety Factor) yang dapat dilihat pada Tabel 2.

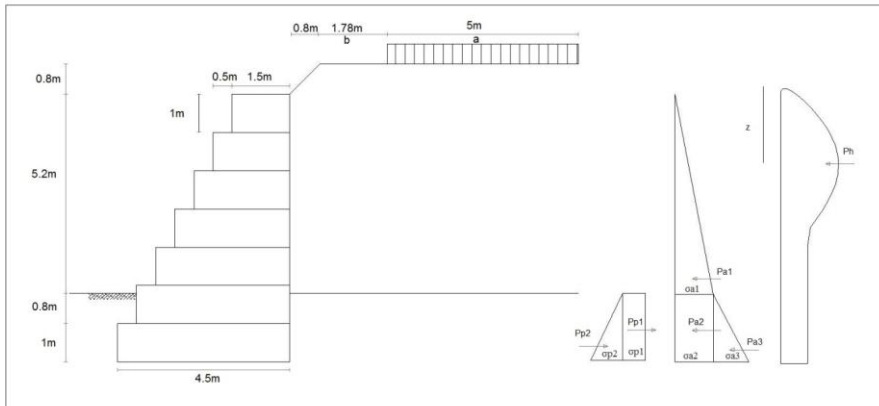
**Tabel 2** Rangkuman Nilai SF dengan Variasi R yang Berbeda

R (m)	SF
9.375	0.665
10.412	0.971
11.640	0.684

Setelah melakukan analisa kestabilan lereng dan mendapat SF atau Faktor keamanan, maka berdasarkan faktor keamanan yang ada yaitu 1.034 (metode manual) dan 1.284 (Plaxis) maka diusulkan untuk melakukan penanganan kelongsoran menggunakan 3 alternatif yaitu:

1. Perkuatan Batu Bronjong
2. Dinding Penahan Tanah (DPT)
3. Sheet Pile

## PERHITUNGAN BRONJONG



Gambar 5. Gaya-gaya pada perkuatan Bronjong

Perhitungan momen aktif akibat tekanan tanah dan momen pasif akibat berat sendiri struktur berdasarkan Gambar 5 yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan stabilitas struktur perkuatan. dapat dilihat sebagai berikut

$$\sum Pa = 169.532 \text{ kN}, \quad \sum Pp = 112.613 \text{ kN}, \quad \sum G = 378 \text{ kN}, \quad \sum Mp = 1071 \text{ kN.m}$$

Kontrol Stabilitas

a. Stabilitas Terhadap Geser

$$SF = \frac{\sum Gt \tan \phi + B.c + \sum Pp}{\sum Pa} > 1.5$$

$$= 1.937 > 1.5 \dots\dots\dots \text{Aman!}$$

b. Stabilitas Terhadap Guling

$$SF = \frac{\sum Mp}{\sum Ma} > 1,5$$

$$= 1.937 > 1,5 \dots\dots\dots \text{Aman!}$$

c. Daya Dukung Tanah

untuk  $\phi = 29^\circ$ , menurut tabel dari Terzaghi (Lampiran C), didapat:

$$Nc = 34.68 \quad Nq = 20.54 \quad N\gamma = 17.7$$

$$\bullet \quad Qult = \frac{C Nc + D \gamma Nq + 0.5 \gamma B N\gamma}{SF} > Qmax$$

$$\bullet \quad Qmax = \frac{\sum G}{A} + \frac{\sum Mp - \sum Ma}{W}$$

$$= 166.74 \text{ kN/m}^2$$

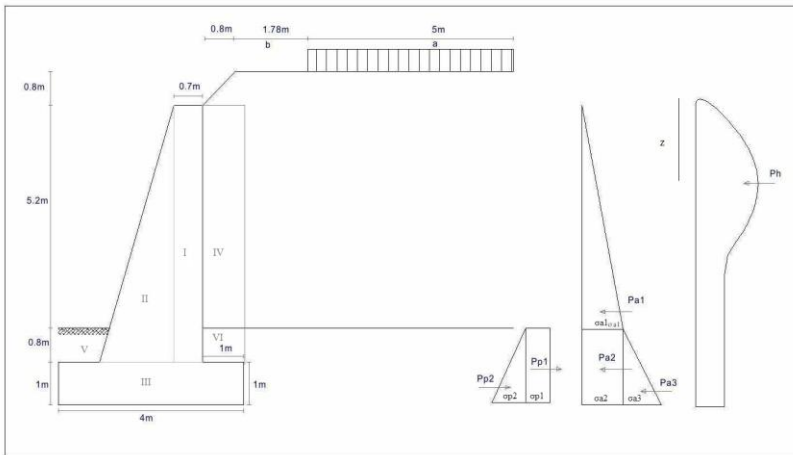
$$\bullet \quad Qult = \frac{5 \times 34.68 + 1.8 \times 17.59 \times 20.57 + 0.5 \times 17.59 \times 4.5 \times 17.7}{3}$$

$$Qult = 508.403 > Qmax = 166.74 \text{ kN/m}^2 \dots\dots\dots \text{Aman!}$$

d. Safety Factor Menggunakan Plaxis

Dengan berat sendiri tanah, bronjong dan beban traksi, pada bagian tebing jalan akan mengalami pergerakan total sebesar 4.645cm. Safety Factor yang didapat setelah menerapkan perkuatan bronjong adalah sebesar 1.512. Kondisi Effective stresses dari lereng dengan perkuatan bronjong sebesar 269.57 kN/m<sup>2</sup>. Dengan adanya perkuatan bronjong ini, maka terjadi perubahan SF dari 1.284 menjadi 1.512 dan Total Displacement dari 4.9cm menjadi 4.645cm.

## DINDING PENAHAN TANAH



Gambar 6. Gaya-gaya pada perkuatan Dinding Penahan Tanah

Perhitungan momen akibat tekanan tanah dan momen pasif akibat berat sendiri struktur berdasarkan Gambar 6 yang nantinya akan digunakan untuk perhitungan stabilitas struktur perkuatan dapat dilihat sebagai berikut:

$$\sum Pa = 169.532 \text{ kN}, \quad \sum Pp = 112.613 \text{ kN}, \quad \sum G = 395.803 \text{ kN}, \quad \sum Mp = 1095.715 \text{ kN.m}$$

### Kontrol Stabilitas

#### a. Stabilitas Terhadap Geser

$$SF = \frac{\sum G \tan \phi + B \cdot c + \sum Pp}{\sum Pa} > 1.5$$

$$= 1.879 > 1.5 \dots\dots\dots \text{Aman!}$$

#### b. Stabilitas Terhadap Guling

$$SF = \frac{\sum Mp}{\sum Ma} > 1.5$$

$$= 1.982 > 1.5 \dots\dots\dots \text{Aman!}$$

#### c. Daya Dukung Tanah

$$Qult = \frac{C Nc + D \gamma Nq + 0.5 \gamma B N\gamma}{SF} > Qmax$$

$$\bullet \quad Qmax = \frac{\sum G}{A} + \frac{\sum Mp - \sum Ma}{W}$$

$$= 174.830 \text{ kN/m}^2$$

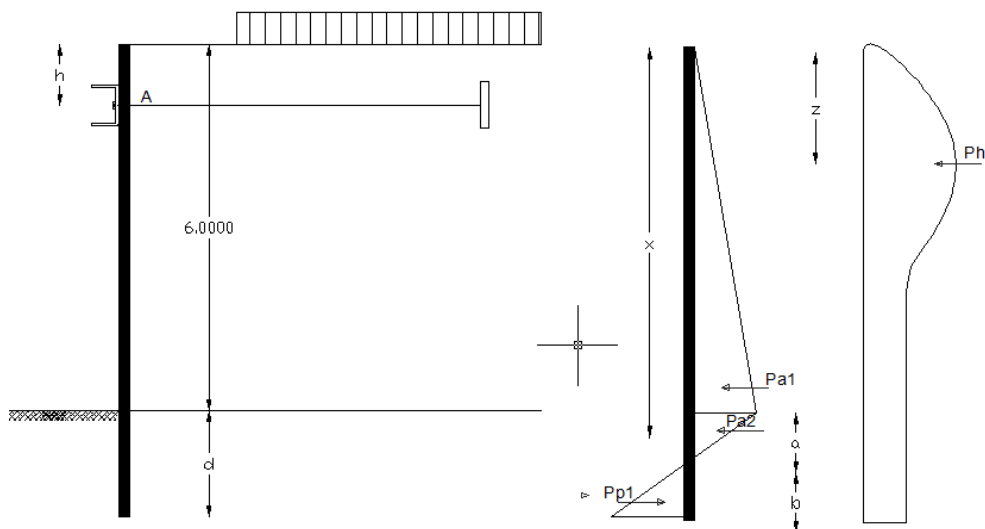
$$\bullet \quad Qult = \frac{5 \times 34.68 + 1.8 \times 17.59 \times 20.57 + 0.5 \times 17.59 \times 4.5 \times 17.7}{3}$$

$$Qult = 508.403 > Qmax = 174.830 \text{ kN/m}^2 \dots\dots\dots \text{Aman!}$$

#### d. Safety Factor Menggunakan Plaxis

Pada tahap ini menunjukkan hasil bahwa dengan berat sendiri tanah, DPT dan beban traksi, pada bagian tebing jalan akan mengalami pergerakan total sebesar 4. Safety Factor yang didapat setelah menerapkan perkuatan DPT adalah sebesar 1.538, Effective Stresses sebesar 230.28 kN/m<sup>2</sup>. Dengan adanya perkuatan DPT ini, maka terjadi perubahan SF dari 1.284 menjadi 1.538 dan Total Displacement dari 4.90cm menjadi 4.365cm.

## SHEET PILE



**Gambar 7.** Gaya-gaya pada Perkuatan Sheet Pile

**Tabel 3.** Momen akibat tekanan tahanan aktif dan pasif

Index	P	Lengan terhadap A	Momen
Pa1	111,678	3	335,034
Pa2	15,553	5,28	82,120
Ph	$31,328+4,1b$	$3,13+0,54b$	$98,06+29,75b+2,214b^2$
Pp1	$-22,28b^2$	$6,64+2/3b$	$-147,94b^2-14,85b^3$

(Sumber: Hasil Perhitungan, 2011)

$$\sum MA = 515,094+29,75b-145,73b^2-14,85b^3$$

Dalam keadaan seimbang  $\sum M = 0$ , maka :

$$-14,85b^3-145,73b^2+29,75b+515,094 = 0$$

Dengan cara coba-coba (trial dan error), didapat  $b = 1,81$  m

Jadi panjang sheet pile yang dibutuhkan adalah  $6,0 + 0,84 + 1,81 = 8,65$  m

Berdasarkan hasil perhitungan, digunakan sheet pile bentuk kotak dengan properties seperti terlihat pada tabel 5.9 di bawah ini:

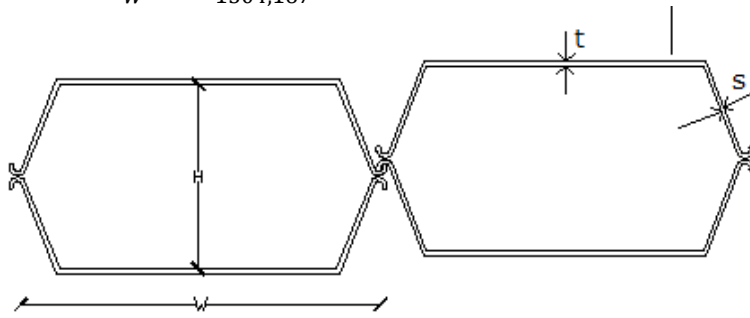
**Tabel 4** Data Profil Sheet Pile Bentuk Kotak

Profil	Ukuran				Luas Penampang Cm <sup>2</sup> /m'	Momen Inersia Cm <sup>4</sup> /m'	Momen Lawan Cm <sup>3</sup> /m'	Momen Statis Cm <sup>3</sup> /m'	Berat Kg/m'
	H	W	t	s					
	mm	mm	mm	mm					
FSP IIA	241	400	14	14	250,5	20500	1700	978	196,8
FSP IA									

(Sumber: Sunggono KH,1995)



$$\text{Cek Keamanan} = \frac{W_{profil}}{W} = \frac{1700}{1304,167} = 1,30 > 1 \text{ ....Aman!}$$

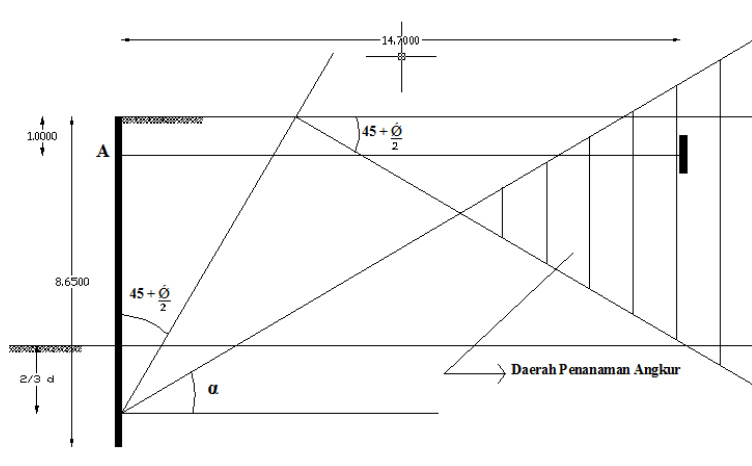


**Gambar 8.** Profil Sheet Pile Bentuk Kotak

Gaya Angkur terpasang :  $PA' = 74,39 \text{ kN}$

Dimensi angkur :  $d = 1,99 \approx 2,0 \text{ cm}$

Panjang angkur :  $L = \tan(90-\alpha) \times \text{tinggi sheet pile}$   
 $= 14,68 \approx 14,70 \text{ m}$



**Gambar 9.** Lokasi Penanaman Angkur

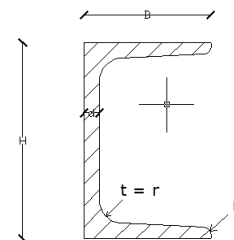
Dari hasil perhitungan, digunakan gording profil CNP-14 dengan properties sebagai berikut:

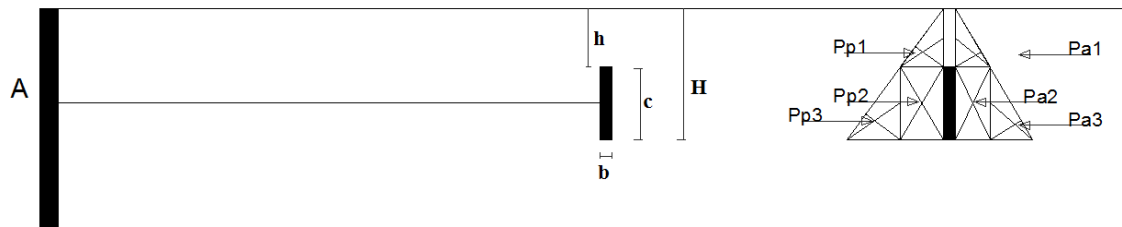
Tabel 5.10 Data Profil C pada Gording Sheet Pile

Profil	Ukuran					Momen Lawan
	H	B	d	t = r	r <sub>1</sub>	
	mm	mm	mm	mm	Mm	cm <sup>3</sup>
CNP-14	140	60	7	10	5,0	86,4

(Sumber: Tabel Profil Konstruksi Baja, 1988)

$$\text{Cek Keamanan} = \frac{W_{profil}}{W} = \frac{86,4}{61,99} = 1,39 > 1 \text{ ....Aman!}$$





**Gambar 10.** Lokasi Plat Jangkar

$$H = 2,50 \text{ m}$$

$$h = 1/3 H = 0,83 \text{ m}$$

$$c = 2/3 H = 1,67 \text{ m}$$

$$\Sigma Pa = - Pa1 + Pa2 + Pa3 = 4,869 \text{ kN}$$

$$\Sigma Pp = - Pp1 + Pp2 + Pp3 = 78,89 \text{ kN}$$

$$PA \leq \Sigma Pp - \Sigma pa \rightarrow 74 \text{ kN} \approx 74 \text{ kN} \dots \text{ Aman!}$$

#### d. Safety Factor Menggunakan Plaxis

Pada tahap ini menunjukkan hasil bahwa dengan berat sendiri tanah, Sheet Pile dan beban traksi, pada bagian tebing jalan akan mengalami pergerakan total sebesar 2.932cm. Safety Factor yang didapat setelah menerapkan perkuatan sheet pile adalah sebesar 2.075, Effective Stresses sebesar 215.92 kN/m<sup>2</sup>. Dengan adanya perkuatan Sheet Pile ini, maka terjadi perubahan SF dari 1.284 menjadi 2.075 dan Total Displacement dari 4.90cm menjadi 2.932cm.

## Kesimpulan

Setelah menerapkan beberapa alternatif solusi penangan kelongsoran, didapat nilai SF tiap solusi yang telah dihitung menggunakan Plaxis, hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Perbandingan analisis perkuatan dengan Plaxis V.8.2

Jenis Perkuatan (cm)	Safety Factor	Displacement (cm)
Bronjong	1.512	4.645
DPT	1.538	4.365
Sheet Pile	2.075	2.932

Dari Tabel 3 diatas, maka dapat dipilih alternatif penanganan yang memiliki syarat kekuatan, kekakuan dan keamanan yang baik. Alternatif tersebut harus memiliki nilai Safety Factor (SF) yang memenuhi persyaratan dan menghasilkan Total Displacement yang kecil. Berdasarkan kriteria tersebut, maka penanganan dengan pemancangan sheet pile adalah metode yang paling tepat digunakan sebagai perkuatan lereng di lokasi studi karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan alternatif yang lain yaitu:

1. Pemancangan sheet pile memiliki nilai SF yang cukup aman yaitu 2.075.
2. Perkuatan sheet pile menghasilkan nilai displacement sebesar 2.932cm, paling kecil dibandingkan dengan nilai displacement perkuatan bronjong dan DPT.
3. Waktu pelaksanaan yang cepat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2008, *SNI 3415 – 2008, Cara uji penetrasi Lapangan dengan SPT*.
- Badan Standarisasi Nasional, 1999, *Persyaratan Mutu Kawat Bronjong*.
- Badan Standarisasi Nasional, 1987, *Mutu dan Cara Uji Bronjong dan Kawat Bronjong*.
- Bowles, E. Joseph, 1991, *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah*, Penerbit Erlangga, Jakarta
- Das, B. M, 1998, *Mekanika Tanah Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- Das, B. M, 1998, *Mekanika Tanah Jilid 2*, Erlangga, Jakarta
- Das, B. M, 2011, *Principles of Foundation Engineering*, Cengage Learning, United States of America.
- Das, B. M. dan Mochtar N.E, 1989, *Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknik*, Erlangga, Jakarta.
- Hardiyatmo, H. C, 2002, *Mekanika Tanah I*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H. C, 2003, *Mekanika Tanah II*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- HY-TEN Gabion Solution, 2009, *Welded Mesh Gabions Retaining Wall Design*, Wolverhampton.
- Lambe, T.C., and Whitman, R. V, 1969, *Soil Mechanics*, John Wiley & Sons, New York.
- Meyerhoff, 1976, *Principle Of Geotechnical Engineering*, PWS Publisher.
- Pusat Litbang Prasarana Transportasi, 2001, *Pd T-09-2005-B, Pedoman Rekayasa Lereng untuk Jalan*.
- Terra Aqua Gabion Inc, 2007, *Gabions Gravity Retaining Wall: Application and Design*, Forth Smith.