

KAJIAN PENANGANAN LONGSORAN TEBING SUNGAI PEDES DI KABUPATEN BREBES

IMAM SHUYUTI ABDUL KARIM¹, SRI PRABANDIYANI RETNO WARDANI²,
PRANOTO SAMTO ATMOJO³

Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro^{1,2,3}

Email: wardaniundip@gmail.com², pranotosa2001@yahoo.com³,

imam_shuyuti@yahoo.com¹

DOI: <http://dx.doi.org/10.31869/rjt.v6i1.3316>

Abstract: *Changes in the morphology of the Pedes River have made the route of the Tegal-Purwokerto highway and the Tegal-Purwokerto railway line in Kutamendala Village, Tonjong District, Brebes Regency, landslide. The results of the identification of landslide events indicate that landslides are caused by erosion (scouring) at the base and foot of the cliff; the river slopes are formed from the lava deposits of Mount Slamet which are porous and easily eroded and seepage from channels from rice fields and settlements from the top of the cliff. The results of the analysis of the stability of the existing slope of the cliff after the landslide showed that the slope was in a critical condition (safety factor = 0.85) so treatment was needed. The concept of handling landslides on the Pedes River cliffs is slope reinforcement using piles as deep as 20 m (0.80 m in diameter) installed at a distance of 1 m or 7 pieces of soil nailing (diameter 25 mm) along 12 m horizontally installed with a horizontal and vertical installation distance of 1m; protection of the foot of the cliff from scouring with a gabion lay dam or rip rap as deep as 2,103 m, arrangement of the top of the cliff. The results of slope stability analysis using the Hyrcan 1.90 program in the most critical conditions (rapid low tide and earthquake loads, $kh=0.032$) show that the concept of slope reinforcement has increased the safety factor to 1.203 (for piles) and 1.178 (for soil nailing).*

Keywords: *landslide, slope stability, pile and soil nailing*

A. Pendahuluan

Perubahan morfologi pada Sungai Pedes telah membuat beberapa infrastruktur pemerintah mengalami kerusakan. Seperti yang terjadi pada longsor tebing Sungai Pedes di Desa Kutamendala tahun 2015 hingga membuat trase ruas jalan raya Tegal - Purwokerto ruas Ciregol KM.115+350 sampai dengan KM. 115+550 kritis dan dipindahkan ke lokasi yang lebih aman. Kondisi longsor tebing Sungai Pedes yang mengancam kestabilan jalan raya Tegal - Purwokerto tahun 2015 dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kejadian longsor bahu dan drainase jalan raya Tegal - Purwokerto ruas Ciregol tahun 2015 (Dokumentasi Pribadi)

Selain infrastruktur jalan, perubahan morfologi Sungai Pedes juga membuat jalur rel kereta api Tegal - Purwokerto yang berada di hilir longsor jalan raya Tegal - Purwokerto

menjadi ikut terancam. Untuk menjamin keamanan pada infrastruktur tersebut diperlukan penanganan baik perkuatan tebing maupun konstruksi pengaman sungai. Kondisi longsor tebing Sungai Pedes yang mengancam infrastruktur jalan rel kereta api dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi longsor tebing Sungai Pedes di Desa Kutamendala, yang mengancam keamanan jalur kereta api Tegal-Purwokerto (Dokumentasi Pribadi)

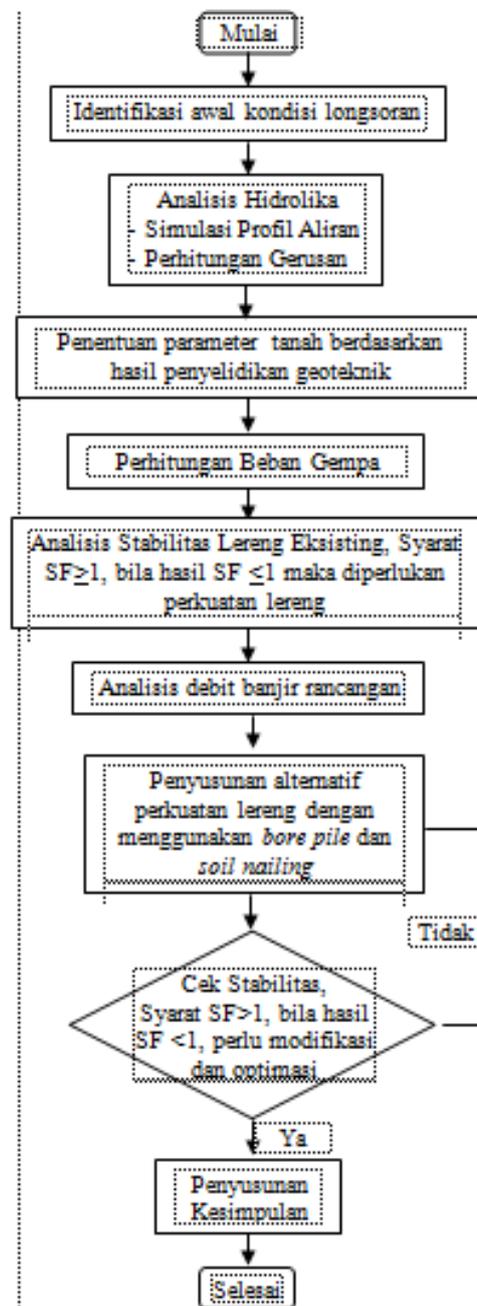
Penelitian ini memiliki tujuan untuk merencanakan desain penanganan longsor tebing sungai secara komprehensif, meliputi aspek hidrologi, hidrolika dan geoteknik sehingga dapat dijadikan referensi pengelola sungai dalam mengambil kebijakan nantinya.

B. Metode METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif analisis, yaitu studi kasus perencanaan penanganan longsor tebing Sungai Pedes di Desa Kutamendala, Kecamatan Tonjong, Kabupaten Brebes. Adapun tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Identifikasi awal kondisi longsor;
- 2) Analisis debit banjir rancangan;
- 3) Analisis hidrolika yang meliputi simulasi profil aliran dan perhitungan potensi kedalaman gerusan;
- 4) Penentuan parameter tanah berdasarkan hasil penyelidikan geoteknik;
- 5) Analisis stabilitas lereng pada penampang eksisting, dinyatakan aman dengan syarat $SF > 1$, bila hasil $SF < 1$ maka diperlukan perkuatan lereng;
- 6) Penyusunan alternatif perkuatan
 - Perkuatan lereng dengan *pile*;
 - Perkuatan lereng dengan *soil nail*.
- 7) Analisis stabilitas lereng
- 8) Membuat kesimpulan

Bagan alir dalam penelitian dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 3. Bagan alir penelitian

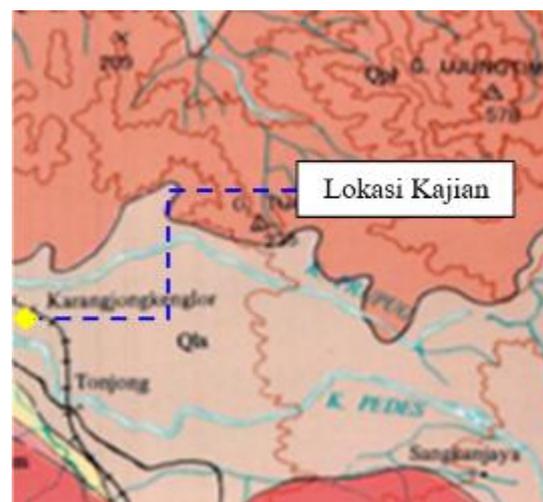
C. Hasil dan Pembahasan

Identifikasi awal kondisi longsor

Ruas Sungai Pedes yang mengalami longsor sepanjang 215 m, memiliki ketinggian 25 m dan kemiringan lereng 44° sampai dengan 70° . Pada bagian atas tebing ini terdapat bidang tanah yang difungsikan warga sebagai sawah dan jalur rel kereta api yang menyisakan jarak 15 m dari puncak longsor. Lokasi longsor berada pada morfologi sungai bercabang-cabang (*braided river*) dan berkelok-kelok (*meandering*) yang ditandai dengan terjadinya *erosion bank* (erosi tebing) pada tikungan luar dan *point bar* (endapan sedimen) di tikungan dalam sungai seperti ditunjukkan dalam Gambar 4.



Gambar 4. Morfologi sungai pada longsoran tebing Sungai Pedes di Desa Kutamendala (Sumber : Diolah dari Peta Citra Satelit Google Earth, tahun 2021)



Gambar 5. Peta regional lokasi longsoran Sungai Pedes (Sumber : Diolah dari Peta Geologi Regional Lembar Purwokerto dan Tegal)

Tebing tersusun dari perselingan antara endapan kolluvial (batu, kerikil dan pasir) dan alluvial (pasir dan lanau). Kedalaman longsorannya yang terjadi tidak mencapai bagian dasar yang berupa batu pasir padat.

Geologi regional lokasi longsoran Sungai Pedes

Gambaran kondisi geologi regional lokasi kajian dapat dilihat pada Gambar 10. Longsorannya Sungai Pedes Di Desa Kutamendala ini berada pada Formasi Qls (Endapan lahar Gunung Slamet) yang terdiri dari lahar, bongkahan batuan Gunung Api bersusunan andesit-basal. Dari singkapan longsorannya yang ada diketahui bahwa tebing Sungai Pedes merupakan lapisan porus yang memiliki sifat mudah tererosi dan tergerus.

Analisis Hidrologi Sungai Pedes

Sungai Pedes memiliki luas 51.25 km^2 dan panjang 30.71 km . Berdasarkan data curah hujan harian maksimum tahunan dari 2 stasiun hujan, yaitu Bumijawa dan Tonjong dapat dihitung curah hujan rancangan Daerah Aliran Sungai (DAS) Pedes dengan menggunakan Persamaan 1 yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 2. Debit banjir rencana dihitung dengan Persamaan 2 sampai dengan Persamaan 4 yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 3. Posisi lokasi penelitian pada DAS Pedes dapat dilihat pada Gambar 6. Hidrograf sintetik Gama I debit banjir Sungai Pedes disajikan pada Gambar 7.



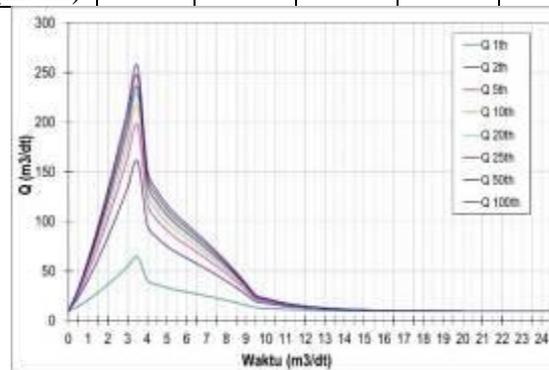
Gambar 6. Lokasi penelitian dan DAS Pedes (hasil analisis)

Tabel 1. Curah Hujan Rencana DAS Pedes (Hasil analisis)

Kala Ulang	1	5	25	50	100
CH (mm)	74	151	172	179	184

Tabel 2. Debit Banjir Rencana DAS Pedes (Hasil analisis)

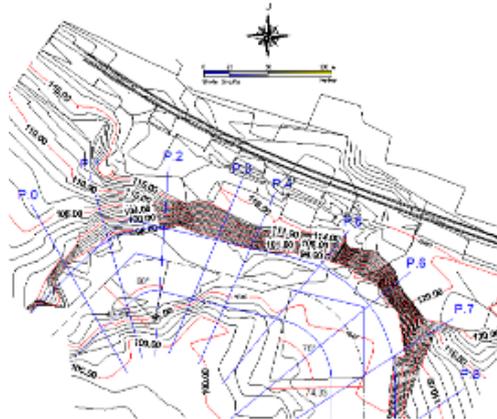
Kala Ulang	1	5	25	50	100
Debit (m^3/dt)	53.3	183.5	220.3	231.7	241.5



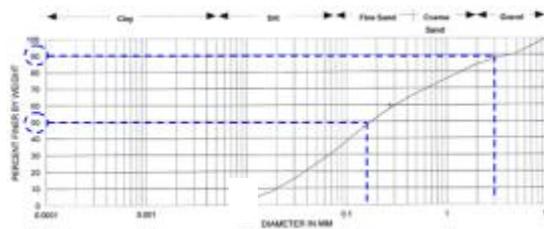
Gambar 7. Hidrograf Banjir Sungai Pedes (Hasil analisis)

Analisis Hidrolika Dan Gerusan Pada Tebing Sungai Pedes

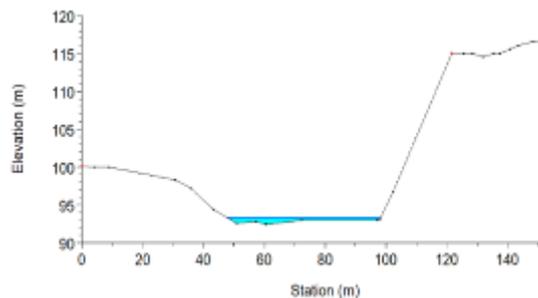
Situasi longsor dan hasil pengujian sampel sedimen dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 14. Profil aliran sungai hasil simulasi model matematik dengan menggunakan program Hec Ras 6.1 dapat dilihat pada Gambar 9 dan Gambar 10.



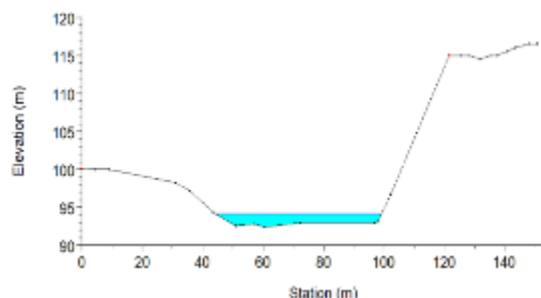
Gambar 8. Situasi longsor Sungai Pedes memiliki sudut tikungan ($\alpha=75^0$) jari-jari ($r=74.33$ m dan kemiringan dasar 0.0058 (Sumber : Scalarindo Utama Consult, 2018)



Gambar 9. Kurva *Grain Size Analysis* sedimen Sungai Pedes menghasilkan nilai $D_{50}=0.18$ mm dan $D_{90} = 3.00$ mm

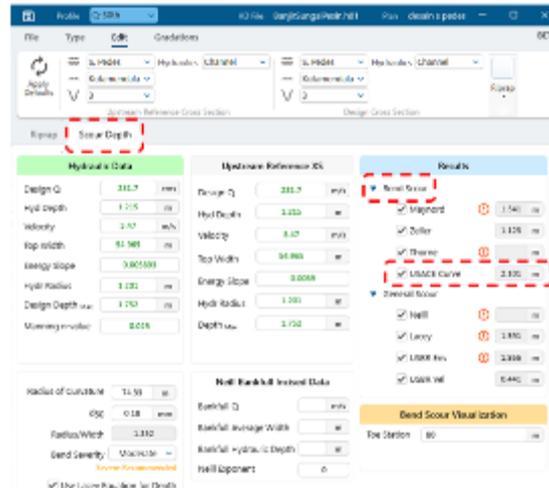


Gambar 10. Profil aliran Sungai Pedes, debit banjir 1 tahunan, tinggi muka air 0.94 m (Hasil analisis)



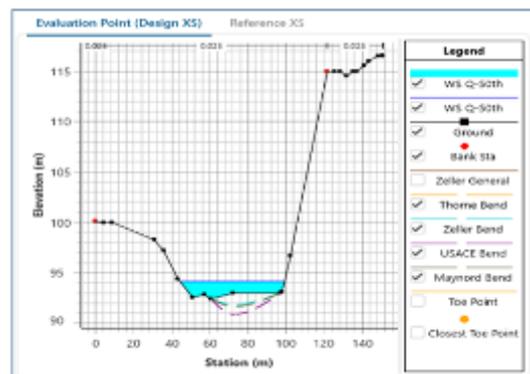
Gambar 11. Profil aliran Sungai Pedes, debit banjir 50 tahunan, tinggi muka air 1,75 m (Hasil analisis)

Ketinggian air akibat terjadinya banjir dengan kala ulang 50 tahun cukup rendah bila dibandingkan dengan ketinggian tebingnya. Perbedaan saat muka air tinggi (banjir Q-50th) dan rendah (banjir Q-1th) cukup kecil sehingga pengaruh terjadinya surut cepat juga kecil.



Gambar 12. Prediksi kedalaman gerusan dengan Metode USACE menghasilkan nilai 2.10 m (Hasil analisis)

Selanjutnya Prediksi kedalaman metode USACE EM 1110-2-1601 dihitung dengan menggunakan fitur kalkulator penghitung kedalaman gerusan pada menu “Hydraulic Design Function” dari Hec Ras 6.1. Perhitungan kedalaman gerusan dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 13. Ilustrasi kedalaman gerusan pada penampang sungai yang dihitung dengan Metode USACE (Hasil analisis)

Untuk melindungi kaki lereng dari potensi gerusan yang terjadi maka diusulkan untuk memberi penguatan pada kaki lereng dengan konstruksi laydam bronjong atau rip rap dengan kedalaman minimal sama dengan hasil perhitungan potensi gerusan sedalaman 2.101 m.

Analisis Stabilitas Lereng Sungai Pedes

Penyelidikan geoteknik pada tebing Sungai Pedes berupa bor mesin, pengujian N-SPT, pengambilan sampel dan analisis laboratorium mekanika tanah. Pengambilan sampel tanah hanya dapat dilakukan sampai kedalaman 7.5 m karena selebihnya berupa batu pasir dan pasir lepas. Berdasarkan hasil penyelidikan geoteknik tebing Sungai Pedes dibagi menjadi 5 lapisan seperti dapat dilihat pada Gambar 19 dan Tabel 4.

Tabel 4. Parameter tanah untuk analisis stabilitas lereng (Hasil analisis)

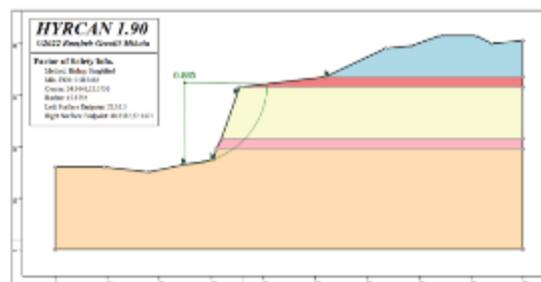
Layer	Jenis Tanah	γ_{sat}	γ_b	N-SPT	Cu	ϕ
		kN/m^3	kN/m^3		Rerata	

Layer	Jenis Tanah	Ysat	Yb	N-SPT Rerata	Cu	Ø
		kN/m ³	kN/ m ³		kN/m ²	
1	Lempung Kepasiran	17.26	16.89	10.30	59.90	
2	Pasir Padat	15.42	15.89	20.00		32.80
3	Pasir Padat	19.96	17.32	37.25		37.53
4	Pasir Padat	18.23	18.14	30.60		35.70
5	Pasir Padat	20.00	19.00	60.00		43.10



Gambar 14. Tebing Sungai Pedes dibagi menjadi 5 lapisan (Hasil analisis)

Hasil analisis stabilitas lereng Sungai Pedes metode kesetimbangan batas plastis metode *Simplified Bishop* pada kondisi eksisting pasca longsor dengan bantuan Program Hyrcan 1.90 menghasilkan nilai $SF=0,85$ yang menunjukkan bahwa lereng tersebut belum aman ($SF \leq 1$). Hasil analisis stabilitas lereng Sungai Pedes pada kondisi eksisting dapat dilihat pada Gambar 15.



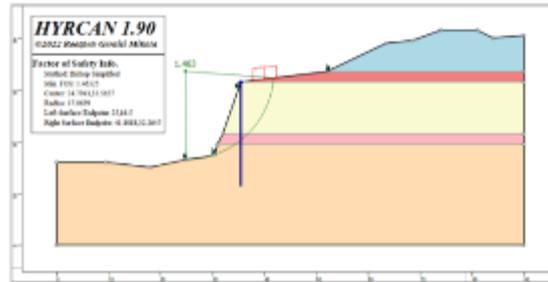
Gambar 15. Hasil analisis stabilitas lereng pada kondisi eksisting menghasilkan nilai $SF=0.85$ (Hasil analisis)

Analisis Stabilitas Perkuatan Lereng Sungai Pedes

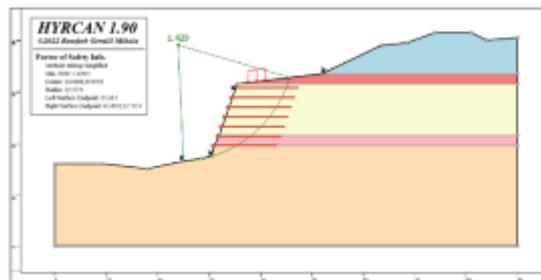
Untuk meningkatkan stabilitas lereng pada Sungai Pedes maka dalam penelitian ini akan dikaji dua alternatif pendekatan, yaitu *pile* dan *soil nail*.

Alternatif pertama perkuatan lereng Sungai Pedes menunjukkan bahwa dengan memberikan perkuatan lereng berupa pile sedalam 20 m dan jarak pemasangan 1 m, nilai angka keamanan (SF) meningkat menjadi 1.344 seperti dapat dilihat pada Gambar 20.

Alternatif kedua perkuatan lereng berupa *soil nail* dengan panjang 12 m, jarak pemasangan 2 m, sudut pemasangan 0° dari garis horisontal, nilai SF meningkat menjadi 1.429 seperti dapat dilihat pada Gambar 21. Rekapitulasi hasil analisis stabilitas dua alternatif perkuatan lereng dengan berbagai kondisi dapat dilihat pada Tabel 5.



Gambar 16. Hasil analisis stabilitas perkuatan lereng dengan menggunakan pile dapat meningkatkan nilai SF menjadi 1.463
(Hasil analisis)



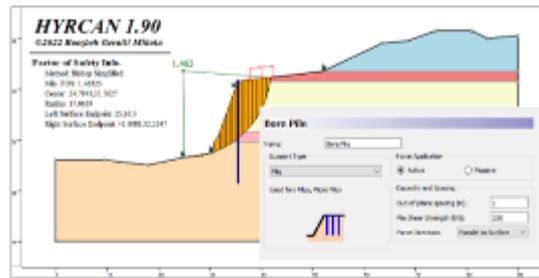
Gambar 17. Hasil analisis stabilitas perkuatan lereng dengan menggunakan soil nail dapat meningkatkan nilai SF menjadi 1.429
(Hasil analisis)

Tabel 5. Rangkuman Hasil Analisis Stabilitas Konsep Perkuatan Lereng Sungai Pedes Dalam Berbagai Kondisi (Hasil analisis)

Kondisi	Angka Keamanan	
	Alternatif 1 (Pile)	Alternatif 2 (Soil Nail)
Kosong	1.463	1.469
Muka Air Rendah	1.270	1.228
Muka Air Banjir	1.273	1.235
Surut Cepat	1.270	1.228
Surut Cepat Beban Gempa	1.203	1.176

Perhitungan Dimensi Pile

Perhitungan dimensi pile dapat dihitung dengan Persamaan (12) sampai dengan Persamaan (14). *Reinforcement* alternatif 1 perkuatan lereng Sungai Pedes dapat dilihat dari Gambar 18.



Gambar 18. Perkuatan lereng Sungai Pedes menggunakan pile sedalam 20 m, dipasang dengan jarak 1m dengan $pile\ shear\ strength\ (T_{max}) = 330\ kN$ (Sumber : Hasil analisis)

Dengan menggunakan Gambar 5, dapat dihitung nilai n_h dari nilai N-SPT sampai kedalaman yang direncanakan. Rekapitulasi nilai n_h untuk masing-masing layer tanah disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi nilai n_h untuk masing-masing layer tanah (Hasil analisis)

No	Depth (m)	Average N-SPT	Low bond n_h	Mid Value n_h	Average n_h
			Kg/cm^3	Kg/cm^3	Kg/cm^3
1	31.50-21.50	13.00	1.50	2.10	1.80
2	21.50-19.50	34.00	3.20	6.50	4.85
3	19.50-0.00	33.50	3.10	6.30	4.70

Direncanakan kedalaman pancang 20 m, dengan melakukan interpolasi nilai dari masing-masing interval kedalaman sampai dengan kedalaman yang direncanakan maka di dapat nilai n_h sebagai berikut : n_h (pancang = 20 m) = $((10/20) \times 1,80) + ((2/20) \times 4,85) + ((8/20) \times 4,70) = 3.265\ Kg/cm^3$ atau $32.017\ kN/m^3$. Kekakuan relative tanah terhadap pile untuk kedalaman 20 m di hitung dengan Persamaan 12 dengan asumsi material pile sebagai berikut : $T_{max} = 330\ kN$, $D = 0.80\ m$, Mutu beton $f'_c = 25\ Mpa$ dan $f_y = 400\ Mpa$.

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{Bn_h}{4EI}} = \sqrt[4]{\frac{0.80 \times 32.071}{4 \times 23.500 \times 0.020}} = 0.341$$

Sehingga, nilai tahanan panjang maksimal untuk tiang pancang kedalaman 20 m dihitung dengan Persamaan 13 sebagai berikut :

$$M_{max} = \frac{\beta T_{max}}{0.322} = \frac{0.341 \times 330}{0.322} = 349.47$$

Panjang tiang pancang tidak boleh kurang dari yang dihasilkan oleh Persamaan 14.

$$l_m = \frac{\pi}{\beta} = \frac{0.314}{0.311} = 9.21\ m$$

Dengan rencana angka keamanan $SF = 1.4$ didapat kedalaman minimal pancang = $1.4 \times 9.21 = 12.81\ m$ sehingga rencana kedalaman 20 m telah aman.

Perhitungan Dimensi Nail

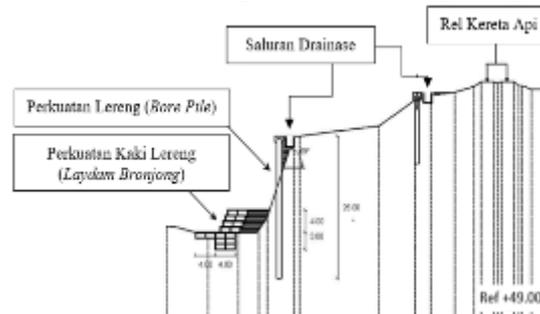
Bagian-bagian utama *soil nailing* dapat dilihat pada Gambar 7. Detail bagian *soil nailing* yang akan digunakan akan dijelaskan sebagai berikut :

- Batang baja (*Nail bars*) yang digunakan memiliki diameter 25 mm, daya dukung tarik 420 Mpa jumlah 7 buah dengan panjang 12 m;
- *Nail Head* adalah bagian ujung dari baja yang menonjol dari *wall facing* sepanjang 25 cm;
- *Hex nut* (mur persegi enam) diameter 25 mm. *Washer* (cincin yang terbuat dari karet atau logam).
- *Bearing plate* (plat penahan) umumnya berbentuk persegi dengan panjang sisi 250 mm tebal 19 mm dan kuat leleh 250 Mpa.
- *Grout* untuk *soil nailing* berupa adukan semen pasir tipe 1.
- *Centralizers* adalah alat yang dipasang pada sepanjang batangan baja dengan jarak tertentu (0.5-2.5) untuk memastikan tebal selimut beton sesuai rencana sehingga terhindar dari karat.
- *Wall facing* berupa panel beton pracetak terbuat dari *shotcrete* dan tulangan *wiremesh* M15.

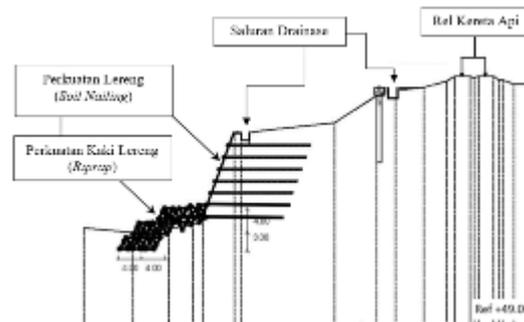
Reinforcement alternatif 2 perkuatan lereng Sungai Pedes dengan *soil nail* dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. *Reinforcement* alternatif 2 perkuatan lereng Sungai Pedes (Hasil analisis)



Gambar 20. Alternatif 1 perkuatan lereng Sungai Pedes menggunakan *Pile* (Hasil analisis)



Gambar 21. Alternatif 2 perkuatan lereng Sungai Pedes menggunakan *Soil Nailing* (Hasil analisis)

D. Penutup

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

- Longsoran berada pada morfologi sungai *braided* (bercabang-cabang) dimana aliran berpindah-pindah sehingga sangat berpotensi menggerus baik secara horisontal maupun vertikal;
- Hasil simulasi aliran menghasilkan ketiggian muka air banjir $Q1 = 0.94$ m dan $Q50 = 1.75$ m dan potensi gerusan yang mungkin terjadi sedalam 2.101 m sehingga disarankan untuk memasang laydam atau rip rap;
- Longsoran pada lokasi ini dapat terjadi disebabkan karena terjadinya gerusan pada kaki lereng, rembesan atas dari atas tebing dimana bagian atas tebing digunakan sebagai lahan pertanian;
- Longsoran pada lokasi ini dapat terjadi disebabkan karena terjadinya gerusan pada kaki lereng dan rembesan dari atas tebing yang digunakan sebagai lahan pertanian;
- Hasil analisis stabilitas lereng eksisting dengan tipe analisis limit equilibrium metode *simplified bishop* menggunakan software *hyrcan* 1.90 menghasilkan nilai *Safety Factor* $SF=0.85$ (kritis) sehingga membutuhkan perkuatan lereng. Perkuatan lereng yang diusulkan dalam penelitian ini adalah *bore pile* dan *soil nailing*.
- Alternatif 1 perkuatan lereng Sungai Pedes menggunakan pile (Gambar 25) sedalam 20 m, diameter 0.80 m dan dipasang dengan jarak 1 m dapat meningkatkan safety factor menjadi 1.463 (kondisi kosong) dan 1.203 (kondisi muka air surut cepat dan beban gempa ($kh=0.032$));
- Alternatif 2 perkuatan lereng Sungai Pedes (Gambar 26) menggunakan 7 buah soil nailing, diameter 25 mm, panjang 13 m, jarak horisontal dan vertikal 1 m dan sudut pemasangan nol derajat dapat meningkatkan nilai safety factor 1,429 (kondisi kosong) dan 1,178 (kondisi muka air surut cepat dengan beban gempa ($kh=0.032$)).;

Daftar Pustaka

- Direktorat Bina Teknik, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, 2002. Buku Petunjuk Teknis Perencanaan Dan Penanganan Longsoran. Jakarta
- Duncan, J.M., Wright, S.G. and Brandon, T.L.(2014), *Soil Strength and Slope Stability*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
- Soewarno, 1987. Hidrologi, Nova, Bandung
- Soemarto, CD, 1987. Hidrologi Teknik, Usaha Nasional, Surabaya
- Hydrologic Engineer Center River Analysis System, Hydraulic Reference Manual Version 6.1. 2021, US Army Corp Of Engineer, Institute For Water Resources, Hydrologic Engineering Center 609 Second Street Davis, CA 95616*
- Wesley, Laurence D, 2012. Mekanika Tanah Untuk Tanah Endapan Dan Residu, Andi Yogyakarta, Yogyakarta
- Look, Burt, 2007. *Handbook Of Geotechnical Investigation And Design Tables*, Taylor & Francis/Balkema, London
- Peck, R.B., Hanson, W.E., and Thornburn, T.H., (1974), *Foundation Engineering*". John Wiley & Sons.
- Badan Standarisasi Nasional, 2019. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk struktur Bangunan Gedung Dan Non Gedung (SNI 1726)
- Pusat Studi Gempa Nasional, 2017. Peta Sumber Dan Bahaya Gempa Nasional 2017, Pusat Litbang Perumahan Dan Pemukiman, Balitbang KEMEN PUPR, Bandung
- Nippon Steel Corporation, 1987. *Steel Sheet Piling Design Manual*. Japan
- Prasant, Amit and Mousumi Mukherjee (2010), *Soil Nail For Stabilization Of Steep Near Railway Tracks*. Departement Of Civil Engineering, Indian Institute of Technology Kanpur