

ANALISIS GEOTEKNIK DITINJAU DARI KARAKTERISTIK KUAT GESER MATERIAL LONGSORAN PADA BATAS KOTA JAYAPURA KABUPATEN KEEROM-ARSO STA. 66+327)

Edward JP Pardede¹, Alfiandie Candra, Duha Awaluddin², T. Bernathius³

^{1,2,3}Universitas Cendrawasih Papua

Email: ejp_engineer@yahoo.co.id, duhaawaluddin@gmail.com, bjulison@gmail.com

Masuk:29-09-2023, revisi:19-10-2023, diterima untuk diterbitkan:31-10-2023

ABSTRAK

Analisis geoteknik ditinjau dari karakteristik kuat geser material longsoran pada ruas jalan nasional trans Papua segmen Arso-waris Yetti KM.66+327, uji sifat fisik tanah berdasarkan hasil uji laboratorium pada material longsoran didapat pada kedalaman 1.00 m s/d 1.50 m adalah kadar air asli rata-rata 21,25, berat jenis 2,68, Batas cair (LL) 38,3, Batas plastis (PL) 26,41, Indeks Plastis (PI) 11,89 jenis tanahnya hasil pengamatan adalah Lanau pasir lempung, uji sifat mekanis laboratorium diperoleh untuk sudut geser (ϕ): 14,00°, kohesinya (c) adalah sebesar 0,018 kg/cm, berat isi basah ($\hat{\rho}_s$) adalah 1,97 gr/cc. berat isi kering ($\hat{\rho}_d$) adalah 1,63gr/cc, untuk kuat geser uji tekan bebas (qu) adalah 0,009 kg/cm², kedalaman 5.00 m s/d 6.0 m adalah kadar air asli rata-rata 24,0, berat jenis 2,62, Batas cair (LL) 36,6, Batas plastis (PL) 18,10, Indeks Plastis (PI) 18,50 jenis tanahnya hasil pengamatan adalah Lanau pasir lempung, uji sifat mekanis laboratorium diperoleh untuk sudut geser (ϕ): 12,12°, kohesinya (c) sebesar 0,014 kg/cm, berat isi basah ($\hat{\rho}_s$) adalah 1,88 gr/cc. berat isi kering ($\hat{\rho}_d$) adalah 1,52gr/cc, untuk kuat geser uji tekan bebas (qu) adalah 0,0071 kg/cm², kedalaman 13 m s/d 14 m adalah kadar air asli rata-rata 27,05, berat jenis 2,71, Batas cair (LL) 29,0, Batas plastis (PL) 12,80, Indeks Plastis (PI) 16,20 jenis tanahnya hasil pengamatan adalah serpih, pasir lempung, uji sifat mekanis laboratorium diperoleh untuk sudut geser (ϕ): 21,59°, kohesinya (c) adalah sebesar 0,025 kg/cm, berat isi basah ($\hat{\rho}_s$) adalah 2,09 gr/cc. berat isi kering ($\hat{\rho}_d$) adalah 1,64gr/cc, untuk kuat geser uji tekan bebas (qu) adalah 0,0127 kg/cm².

Kata kunci: Analisis geoteknik longsoran, uji sifat fisik, mekanis material longsoran

ABSTRACT

Landslides Geotechnical analysis of the shear strength characteristics of landslide material on the Trans Papua national road, Arso-waris Yetti KM.66+327 segment, soil physical properties test based on laboratory test results on landslide material obtained at a depth of 1.00 m to 1.50 m is the water content. Original average: 21.25, specific gravity: 2.68, liquid limit (LL): 38.3, plastic limit (PL): 26.41, plastic index (PI): 11.89, soil type: clay sand silt, test the following laboratory mechanical properties were obtained: friction angle (ϕ): 14.00°, cohesion (c): 0.018 kg/cm, and wet bulk weight (s): 1.97 gr/cc. For unconfined compression tests, shear strength (qu) is 0.009 kg/cm², depth 5.00 m to 6.0 m is the average original water content of 24.0, specific gravity 2.62, Limit liquid (LL) 36.6, plastic limit (PL) 18.10, plastic index (PI) 18.50. The type of soil detected is clay sand silt, laboratory mechanical properties tests were achieved for shear angle (ϕ): 12.12°, cohesion (c) is 0.014 kg/cm, and wet bulk weight (s) is 1.88 gr/cc. The dry bulk weight (d) is 1.52gr/cc, the unconfined compression test shear strength (qu) is 0.0071 kg/cm², the depth is 13 m to 14 m, the original water content is an average of 27.05, the specific gravity is 2.71, the liquid limit (LL) is 29.0, the plastic limit (PL) is 12.80, and the plastic index (PI) is 16.20. The soil type detected was shale, clay sand, and laboratory mechanical properties tests revealed shear angle (ϕ): 21.59°, cohesiveness (c): 0.025 kg/cm, and wet bulk weight (s): 2.09 gr/cc. The dry weight (d) is 1.64 gr/cc, and the shear strength of the free compression test (qu) is 0.0127 kg/cm².

Keywords: Geotechnical analysis of landslides, testing of physical-mechanical properties of landslide materials

1. PENDAHULUAN

Material longsoran/longsoran yaitu proses perpindahan atau pergerakan massa batuan, debris (campuran butiran batu dan tanah yang tidak mengandung air maupun yang mengandung air), dan tanah kearah lereng bawah. Perpindahan ini dapat disebabkan oleh kondisi geologi yang kurang menguntungkan, fenomena geomorfologi gaya, gaya fisik alamiah atau akibat ulah manusia. Keruntuhan lereng adalah suatu proses pergerakan dan perpindahan massa tanah atau batuan yang dapat terjadi dengan variasi kecepatan dari sangat lambat sampai sangat cepat dan tidak terkait banyak dengan kondisi geologi lokal. Keruntuhan bersifat lokal atau skala kecil dan umumnya terjadi pada lereng galian atau timbunan yang dibuat manusia (Noor, 2014) juga Gerakan tanah longsoran adalah perpindahan massa tanah/ batuan pada arah tegak, mendatar atau miring dari kedudukan semula, termasuk juga deformasi lambat atau jangka panjang dari suatu lereng yang biasa disebut rayapan (creep). Pada dasarnya kunci utama gerakan tanah adalah kuat geser tanah yang dapat terjadi (Karapa, Harianto, Muhiddin, & Irmawaty, 2020): a) Tak terdrainase, b) Efektif untuk beberapa kasus pembebanan, c) Meningkatkan sejalan peningkatan konsolidasi (sejalan dengan waktu) atau dengan kedalaman, d) Berkurang dengan meningkatnya kejenuhan air (sejalan dengan waktu) atau terbentuknya tekanan pori yang berlebih atau terjadi peningkatan air tanah. Zona berpotensi longsor adalah daerah/kawasan yang rawan terhadap bencana longsor dengan kondisi terrain dan kondisi geologi yang sangat peka terhadap gangguan luar, baik yang bersifat alami maupun aktifitas manusia sebagai faktor pemicu gerakan tanah, sehingga berpotensi terjadinya longsor (Haribulan, Gosal, & Karongkong, 2019)

Transportasi merupakan elemen penting dalam pengembangan wilayah Kabupaten/Kota, terutama Provinsi Papua yang memiliki 29 kabupaten/kota, dimana untuk menghubungkan antar Kabupaten/Kota salah satunya melalui transportasi darat, selain itu sistem transportasi juga merupakan penunjang dalam kegiatan perekonomian suatu wilayah. Program pembangunan, peningkatan dan pemeliharaan jalan dan jembatan menjadi salah satu program prioritas, kontruksi Jalan di Kabupaten Keerom dipengaruhi oleh kondisi geologi dan karakteristik struktur lapisan tanah yang berada di bawah permukaan jalan yang sering menjadi penyebab terjadinya kerusakan pada badan jalan. Hal ini, dapat terlihat khususnya pada bentuk badan jalan yang mengalami kerusakan yang bersifat retakan, bleeding, crack, deformasi dan depresi sehingga memerlukan sistim pemeliharaan yang intensif dan membutuhkan biaya yang besar.

Penelitian ini merupakan hasil studi untuk mendapatkan sifat fisik dan mekanik tanah material longsoran pada STA STA 66+327 serta pengaruh perubahan kadar air terhadap perubahan sifat kuat geser material longsoran STA 66+327

2. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, akan diteliti pemeriksaan uji karakteristik sifat fisik dan mekanis material longsoran pad STA 66+327 pada ruas jalan nasional trans papua segmen Arso-waris-Yetty km 66+327, dengan survey langsung dilapangan dan melaksanakan pengeboran inti dan jogan dengan menggunakan bantuan geolistrik (metode slumberger). Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui sifat fisik dan mekanik tanah material longsoran pada STA 66+327. Selain itu juga menganalisis pengaruh perubahan kadar air terhadap perubahan sifat kuat geser material longsoran pada STA 66+327.

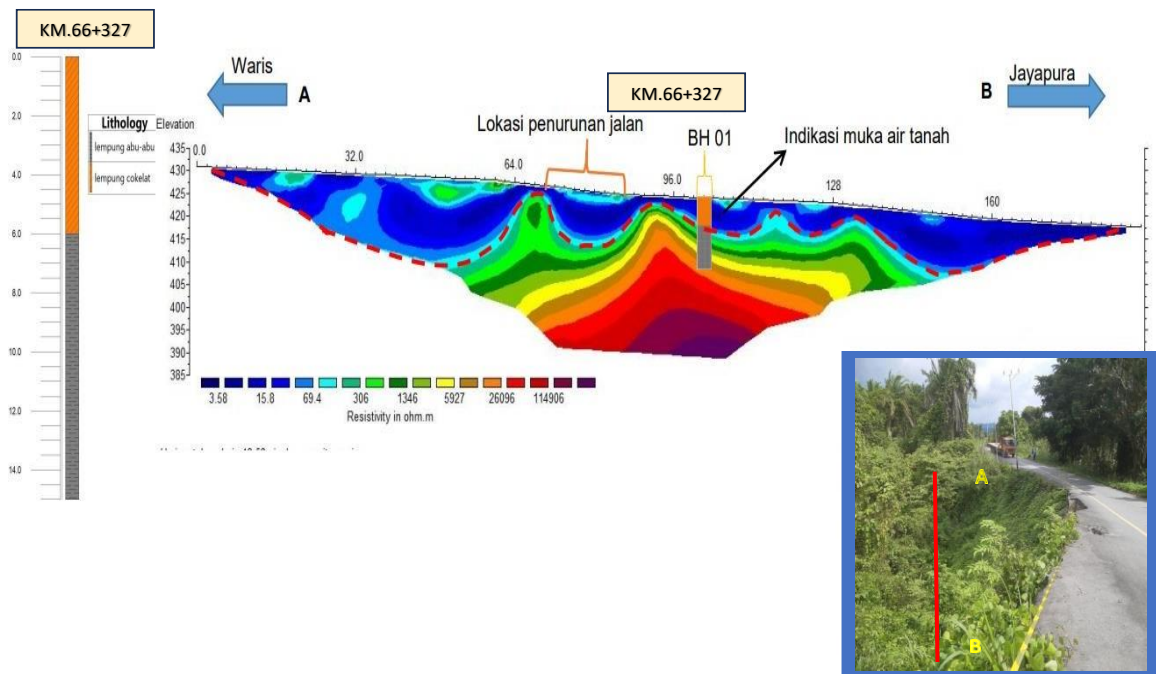
Material yang di gunakan yang digunakan dalam penelitian ini adalah material longsoran pada ruas batas kota jayapura/kabupaten kerom – arso sta. 66+327 sebagai objek

uji laboratorium, dimana pengambilan contoh tanah dan stratigrafi di lokasi penelitian dilakukan dengan metode bor inti/spt dan geolistrik. Selain itu pemodelan perubahan kadar air tanah di lokasi penelitian dilakukan berdasarkan hasil uji kadar air pada pengujian pemadatan ringan (standart proctor)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

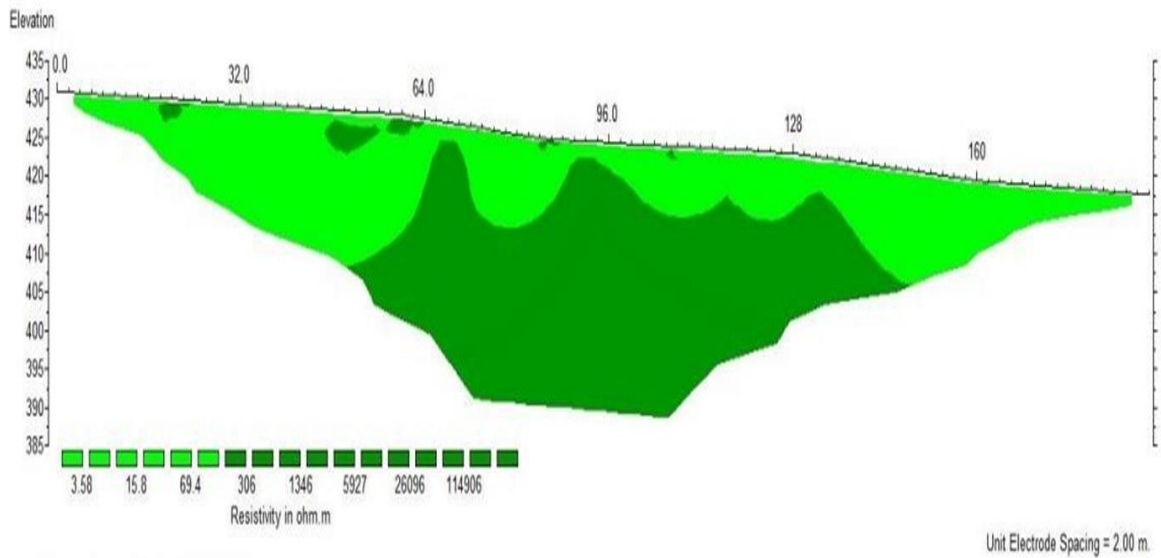
3.1 Uji Geolistrik (*Slumberger*)

Dengan menggunakan metode Geolistrik didapatkan karakteristik longsor seperti terlihat pada Gambar 1. berdasarkan hasil survei lapangan.

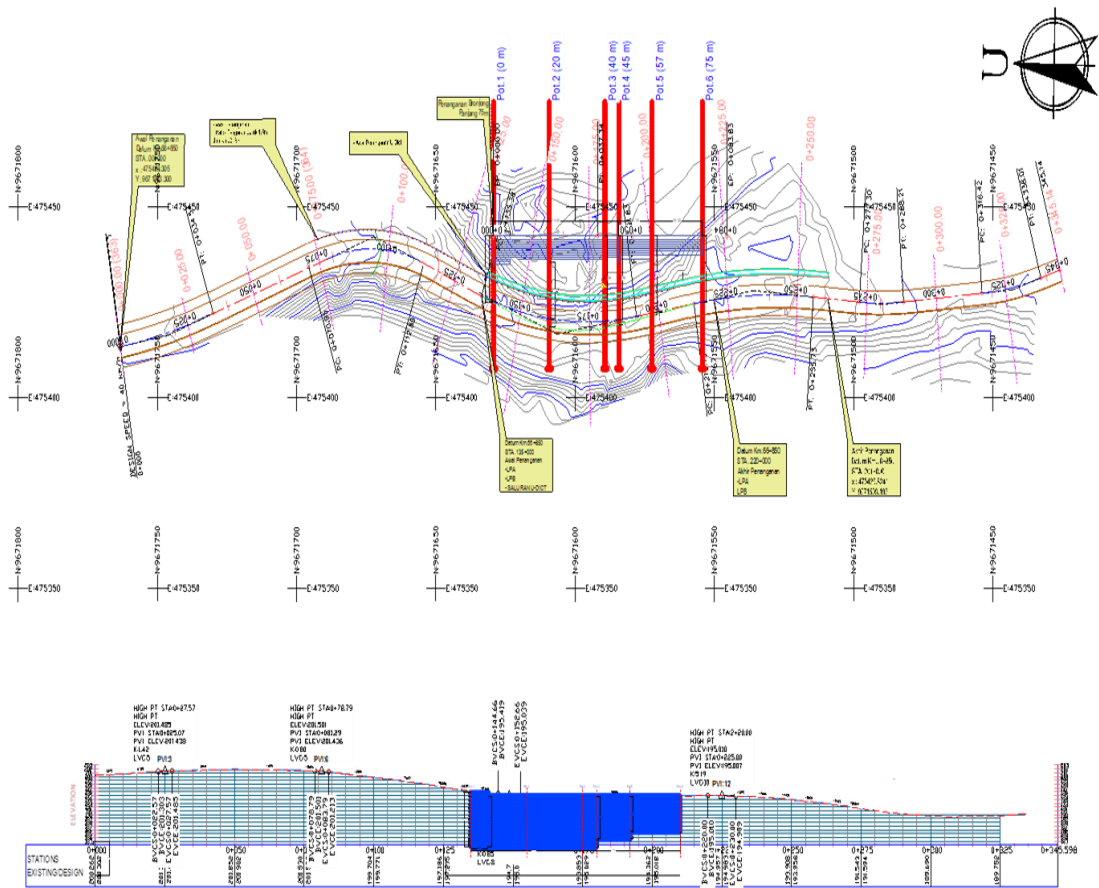


Gambar 1. Karakteristik longsor dengan pengukuran geolistrik memanjang

Dari pemodelan geologi seperti tampak pada Gambar 2. maka dapat digambarkan kondisi topografi yang ada saat ini di lapangan (Gambar 3.)



Gambar 2. Pemodelan Litologi KM 66+327



Gambar 3. Eksisting Topografi di Lapangan

3.2 Uji Laboratorium kedalaman 1,0-1,5 m

Dengan metode uji laboratorium di Lab PUPR provek Papua diperoleh pengujian sifat fisik dan mekanis kuat geser material longoran, pada kedalaman 1,0 -1,5 m adalah:

- a. Sifat fisik material longsor untuk hasil: kadar air asli rata-rata 21,25%, Berat jenis 2,68, Batas Cair (LL) 38,3 Batas Plastis (PL) 26,41 Indeks Plastis (PI) 11,89., sifat mekanis materialnya adalah Sudut geser (\emptyset) 14,00°, kohesi (c) 0,018 kg/cm. Berat isi basah (∂s) 1,97 gr/cc. Berat isi kering (∂d) 1,6225 gr/cc, Kuat Geser (qu) 0.009 kg/cm²
- b. Untuk variasi pertama
Kadar air rata-rata 26.25%, Berat jenis 2,68, Batas Cair (LL) 38,3 Batas Plastis (PL) 26,41 Indeks Plastis (PI) 11,89 Sudut geser (\emptyset) 13,32°, Kohesi (c) 0,015 kg/cm Berat isi basah (∂s) 1,93 gr/cc. Berat isi kering (∂d) 1,529 gr/cc Kuat Geser (qu)0.0075 kg/cm²
- c. Variasi kedua
Kadar air air rata-rata 33.25%, Berat jenis 2,68, Batas Cair (LL) 38,3, Batas Plastis (PL)26,41, Indeks Plastis (PI) 11,89 Sudut geser (\emptyset)11,2 °Kohesi (c) 0,013 kg/cm. Berat isi basah (∂s) 1,90 gr/cc Berat isi kering (∂d) 1,426 gr/cc, Kuat Geser (qu) 0.0063 kg/cm²
- d. Variasi ketiga
Kadar Air air rata-rata 37.25%, Berat jenis 2,68 Batas Cair (LL) 38,3 Batas Plastis (PL) 26,41Indeks Plastis (PI) 11,89 Sudut geser (\emptyset) 10,94°, Kohesi (c) 0,0113 kg/cm Berat isi basah (∂s)1,87 gr/cc Berat isi kering (∂d) 1,362 gr/cc, Kuat Geser (qu) 0.0057 kg/cm²

Hasil pengujian tanah keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini:

Tabel 1. Hasil Rekapitulasi pengujian pada kedalaman 1,0 s/d 1,5 m

Benda uji	Kadar air	Plastisitas			Kuat Geser (Triaxial)		Berat isi basah ∂s gr/cc	Berat isi kering ∂d gr/cc	Kuat tekan bebas q_u kg/cm ²
		LL%	PL%	PI%	C (kg/cm ²)	\emptyset (°)			
A	21,25	38,3	26,41	11,89	0,018	14,59	1,97	1,6225	0,009
B	26,25	38,3	26,41	11,89	0,015	13,32	1,93	0,0075	0,0075
C	33,25	38,3	26,41	11,89	0,013	11,20	1,90	1,426	0,0063
D	37,25	38,3	26,41	11,89	0,0113	10,94	1,87	1,362	0,0057

3.3 Uji Laboratorium kedalaman 5,0-6,0 m

Pada kedalaman 5,0 m – 6,0 m adalah

- a. Sifat fisik material longsor untuk hasil: kadar air asli rata-rata 24,00, Berat jenis 2,62, Batas Cair (LL) 36,6 Batas Plastis (PL) 18,10 Indeks Plastis (PI) 18,50., sifat mekanis materialnya adalah Sudut geser (\emptyset) 12,12°, kohesi (c) 0,014 kg/cm. Berat isi basah (∂s) 1,88 gr/cc. Berat isi kering (∂d) 1,52 gr/cc, Kuat geser (qu)0.0071 kg/cm².
- b. Variasi awal
Kadar air rata-rata 29,00, Berat jenis 2,62, Batas Cair (LL) 36,6 Batas Plastis (PL) 18,10 Indeks Plastis (PI) 18,50 Sudut geser (\emptyset) 9,43°, Kohesi (c) 0,0111 kg/cm Berat isi basah (∂s) 1,81 gr/cc. Berat isi kering (∂d) 1,403 gr/cc, Kuat Geser (qu) 0.0055 kg/cm².
- c. Variasi kedua
Kadar air rata-rata 36.00, Berat jenis 2,62, Batas Cair (LL) 36,6 Batas Plastis (PL) 18,10 Indeks Plastis (PI) 18,50 Sudut geser (\emptyset) 8,25°, Kohesi (c) 0,0093 kg/cm Berat isi basah (∂s) 1,79 gr/cc. Berat isi kering (∂d) 1,32 gr/cc, Kuat Geser (qu) 0.0047 kg/cm².

- d. Variasi ketiga
Kadar air rata-rata 45,00, Berat jenis 2,62, Batas Cair (LL) 36,6 Batas Plastis (PL) 18,10 Indeks Plastis (PI) 18,50 Sudut geser (ϕ) 7,20°, Kohesi (c) 0,0078 kg/cm Berat isi basah (ρ_s) 1,75 gr/cc. Berat isi kering (ρ_d) 1,21 gr/cc, Kuat Geser (qu) 0.0039 kg/cm².

Hasil pengujian tanah keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini:

Tabel 2. Hasil Rekapitulasi pengujian pada kedalaman 5,0 s/d 6,0 m

Benda uji	Kadar air	Plastisitas			Kuat Geser (Triaxial)		Berat isi basah	Berat isi kering	Kuat tekan bebas
		LL%	PL%	PI%	C (kg/cm ²)	ϕ (°)	ρ_s gr/cc	ρ_d gr/cc	qu kg/cm ²
A	24,03	36,63	18,10	18,53	0,0141	12,12	1,88	1,52	0,00705
B	29	36,63	18,10	18,53	0,0111	9,43	1,81	1,403	0,0055
C	36	36,63	18,10	18,53	0,0093	8,25	1,79	1,32	0,0047
D	45	36,63	18,10	18,53	0,0078	7,2	1,75	1,21	0,0039

3.4 Uji Laboratorium kedalaman 13,0-14,0 m

Pada kedalaman 13,0 m – 14,0 m adalah

- a. Sifat fisik material longsoran untuk hasil: kadar air asli rata-rata 37,05, Berat jenis 2,71, Batas Cair (LL) 29,0 Batas Plastis (PL) 12,80 Indeks Plastis (PI) 16,20 sifat mekanis materialnya adalah Sudut geser (ϕ) 21,59°, kohesi (c) 0,0253 kg/cm. Berat isi basah (ρ_s) 2,09 gr/cc. Berat isi kering (ρ_d) 1,645 gr/cc, Kuat geser (qu) 0.0127 kg/cm²
- b. Variasi awal
Kadar air rata-rata 29,05, Berat jenis 2,71, Batas Cair (LL) 29,0 Batas Plastis (PL) 12,80 Indeks Plastis (PI) 16,20 sifat mekanis materialnya adalah Sudut geser (ϕ) 18,12°, kohesi (c) 0,021 kg/cm. Berat isi basah (ρ_s) 2,04 gr/cc. Berat isi kering (ρ_d) 1,581gr/cc, Kuat geser (qu) 0.0103 kg/cm².
- c. Variasi kedua
Kadar air rata-rata 31,55, Berat jenis 2,71, Batas Cair (LL) 29,0 Batas Plastis (PL) 12,80 Indeks Plastis (PI) 16,20 sifat mekanis materialnya adalah Sudut geser (ϕ) 13,36°, kohesi (c) 0,0153 kg/cm. Berat isi basah (ρ_s) 2,02 gr/cc. Berat isi kering (ρ_d) 1,536gr/cc, Kuat geser (qu) 0.0076 kg/cm².
- d. Variasi ketiga
Kadar air rata-rata 32,80, Berat jenis 2,71, Batas Cair (LL) 29,0 Batas Plastis (PL) 11,38 Indeks Plastis (PI) 16,20 sifat mekanis materialnya adalah Sudut geser (ϕ) 11,38°, kohesi (c) 0,013 kg/cm. Berat isi basah (ρ_s) 2,00 gr/cc. Berat isi kering (ρ_d) 1,506gr/cc, Kuat geser (qu) 0.0065 kg/cm².

Hasil pengujian tanah keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini:

Tabel 3. Hasil Rekapitulasi pengujian pada kedalaman 13,0 s/d 14,0 m

Benda uji	Kadar air	Plastisitas			Kuat Geser (Triaxial)		Berat isi basah	Berat isi kering	Kuat tekan bebas
		LL%	PL%	PI%	C (kg/cm ²)	Ø (°)	∂ s gr/cc	∂ d gr/cc	q _u kg/cm ²
A	27,06	29	12,86	16,14	0,025	21,59	2,09	1,79	0,0127
B	29,06	29	12,86	16,14	0,021	18,12	2,04	1,581	0,0103
C	31,56	29	12,86	16,14	0,015	11,36	2,02	1,536	0,0076
D	32,81	29	12,86	16,14	0,013	11,38	2,00	1,506	0,0065

4. KESIMPULAN

Hasil dari pengujian yang dilaksanakan pada penelitian ini memperlihatkan bahwa sifat fisik tanah material longsoran pada STA STA 66+327 adalah pada kedalaman 1,0 m – 6,0 m: lempung lanau, pada kedalaman 5,0 – 6,0 m adalah Lanau lempung berpasir (CL) ASTM, pada kedalam 13,0 m -14,0 m adalah: serpih, pasir berlanau atau lempung menggunakan simbol (CL-ML) ASTM. Pengaruh perubahan kadar air terhadap sifat kuat geser material longsoran pada STA 66+327 adalah Variatif (berbeda beda), sebab hasil nilai masing masing perlakuan sampel adalah semakin besar nilai kadar airnya semakin lemah kekuatan tanahnya (daya dukung tanah). Sebaliknya, semakin kecil nilai kadar airnya maka daya mampu menahan gaya (daya dukung) tanah semakin tinggi (hasil uji penelitian sampel tanah di labortorium). Penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa wilayah Kabupaten Keerom-Arso memiliki tingkat kerawanan longsor sedang sampai tinggi, terdapat beberapa hal yang menjadi penyebab longsor yakni Curah hujan yang tinggi sebesar 2000- 2800 mm/ tahun, serta kemiringan lereng 25 – 40 % yang mencakup 50 % wilayah Kabupaten Keerom-Arso, selain hal tersebut, lapisan permukaan tanah juga menjadi pendorong mengapa tingkat terjadinya longsor di wilayah kabupaten Keerom-Arso dimana Lapisan tanah yang dominan bersifat Lunak (*Soft Soil*) sehingga mudah tererosi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambramson, L.W., Lee, T.S., Sharma, S. dan Boyce, G.M., 1996, Slope Stability and Stabilization Methods, John Wiley & Sons, Inc, New York.
- Aswanda, Suwarno, S. 2020, Perencanaan Timbunan dan Perbaikan Tanah Dasar pada Proyek Jalan Tol Balikpapan – Samarinda STA 9+550 s/d STA 9+850, Balikpapan.
- Amirullah., 2020, Uji triaxial CU dan CD dengan aturan ASTM D4767 & ASTM D7181.
- Alfian Adie Chandra., Sari Rindi., 2020, Analisis Stabilisasi Lereng pada ruas Jalan Abe – Arso, STA 3+700 Dengan Perkuatan Geotextile, Universitas Cenderawasih, Jayapura.
- Braja M. Das., 1998, Mekanika Tanah Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Braja M. Das., 1998, Mekanika tanah Jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- BowlesJ.E., 1984, Sifat-sifat Fisis Pada Tanah dan Geoteknis Tanah, Mekanika Tanah, Jakarta.
- Colomb., 1776, Teori Colomb kuat geser tanah.

Edward Jp Pardede, Alfiandie Candra, Duha Awaluddin, T. Bernathius, "Analisis Geoteknik Ditinjau Dari Karakteristik Kuat Geser Material Longsoran Pada Batas Kota Jayapura Kabupaten Keerom-Arso Sta. 66+327"

- Debataraja T.M.S., 2012, Uji Triaksial tidak terkonsolidasi-tidak terdrainase dan uji tekan bebas pada tanah di lokasi PDAM tirtanadi Medan marelان dan prediksi dengan metode elemen, Universitas Sumatera Utara.
- Djunaidi, C., 2018. Studi Interferensi Pada AAS (Atomic Absorption Spectroscopy).
- Djatomiko Soedarmo dan Edy Purnomo, S.J, 1997, Mekanika Tanah II, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Feliks, R.P., Oktovian B.A Somphi., 2022, Kajian gerakan tanah dan penanggulangannya pada ruas jalan worotican-popo-sinisir Propinsi Sulawesi Utar.,
- Kurniatullah D.A., 2020, Perilaku Geogrid Kolom Granular Buatan Pada Perkuatan tanah Lunak, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Gunawan A. A., 2018, Analisa Stabilisasi Tanah Lunak Pada Proyek Ruas Jalan Tol Balikpapan Metode Preloading & Prefabricated, Universitas Katolik Parahyangan
- Hardiyatmo C.H., 2007, Stabilisasi Tanah Untuk Perkerasan Jalan, UGM, Yogyakarta.
- Hedianto, A. Al'faizah ma'rief, Enny tri mahyuni, Mapuay theo Afasedanja., 2022, Potensi longsor berdasarkan karakteristik geologi teknik pada jalan poros Malino desa Lonjoboko, kecamatan Parangloe kabupaten Gowa.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Direktorat Jenderal Bina Marga., 2018 Spesifikasi Umum.
- L.D Wesley, Ir. Luthfi A.M., 1989, Mekanika Tanah Terjemahan, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Lumentah E, Manoppo F.J., Sompie O.B.A., 2021. Analisis Kestabilan Dam Tailing PT. Sumber Energy Jaya, Jurnal Ilmiah Media Engineering Vol.11 No.3, November 2021 (171-178), ISSN: 2087-9334.
- Mohr., 1910, Keruntuhan Mohr-coulomb.
- Nurcholis, A., 2020, Academia, Retrieved from <https://www.academia.edu/35305078/LaporanPraktikumTRX-UU>.
- Sudaryo Broto, Rohima Sera Afifah., 2008, Pengolahan Data Geolistrik Dengan Metode Schlumberger.
- SNI 1744, 2012, Metode Uji CBR Laboratorium.
- SNI 1965, 2008, Metode Pengujian Kadar Air Tanah.
- SNI 1967, 2008, Cara Uji Penentuan Batas Cair Tanah.
- SNI 1966, 2008, Metode Pengujian Batas Plastis Tanah.
- SNI 1742, 2008, Metode Pengujian Kepadatan Ringan Untuk Tanah.
- SNI 3638, 2012, Metode Pengujian Kuat tekan Bebas.
- Tifani Miranda Simunapendi., 2022, Pengaruh waktu Pemeraman pada tanah lempung yang dicampur dengan pasir sebagai bahan stabilisasi terhadap daya dukung tanah, Universitas Cenderawasih, Jayapura.
- Terzaghi, K., Peck, R.B., 1987, Mekanika Tanah Dalam Praktek Rekayasa, Erlangga, Jakarta.