

Perbandingan Nilai Faktor Keamanan Perkuatan Oprit Jembatan Menggunakan Bahan Geotextile Dan Cerucuk Galam Pada Tanah Lunak Kota Banjarmasin

* Muhammad Fitriansyah¹, Gustie Sambalewa Saky¹, Irwandy Muzaidi¹, Elia Anggarini¹

¹ Program Studi S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Banjarmasin, Jl. Gubernur Syarkawi, 70581
fitriansyahm3@gmail.com, unta0990@gmail.com, irwann.muzaidi@gmail.com, lia.teweh@gmail.com

Abstract

Soil strengthening using cerucuk galam is very well known in the Kalimantan area, especially in South Kalimantan. Apart from cerucuk galam, geotextile materials can also be applied in several projects, including roads and bridges that are on soft ground. On the front side of the bridge it is often a problem where in this area there is often a slump caused by the weight of the vehicle which can cause discomfort when driving. The presence of cerucuk galam and geotextile materials will provide an alternative, of course these two materials will provide different strength values, especially in areas that have a soft soil consistency. The method used in this research is an experimental method. The analysis used is a comparison of manual reinforcement calculations for bridge openings with two methods of strengthening cerucuk galam and geotextile materials. The data used in this research uses Bridge Project Sondir data, based on the results of reinforcement analysis using cerucuk galam and geotextile materials. So it is known that the reinforcement value based on the safety factor value is 3.71 and for geotextiles it is 1.21. From the safety factor values, it was found that strengthening Cerucuk Galam poles was better than using geotextiles.

Keywords: Safety Factor, Galam Pile, Geotextile, Oprite Bridge

Abstrak

Perkuatan tanah menggunakan cerucuk galam sudah sangat terkenal di daerah Kalimantan terutama di Kalimantan Selatan. Selain cerucuk galam bahan geotekstil dapat juga di aplikasikan di beberapa proyek baik jalan dan jembatan yang berada di atas tanah lunak. pada bagian oprite jembatan sering menjadi masalah dimana di area tersebut sering terjadi penurunan yang disebabkan oleh beban kendaraan sehingga dapat menyebabkan ketidak nyamanannya dalam berkendara. Dengan adanya bahan cerucuk galam dan geotekstil akan memberikan satu alternatif tentunya dari kedua bahan tersebut akan memberikan nilai kekuatan yang berbeda terutama di daerah yang memiliki konsistensi tanah lunak. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. analisa yang digunakan yaitu perbandingan perhitungan perkuatan pada oprite jembatan secara manual dengan dua metode perkuatan cerucuk galam dan bahan Geotekstil. Data yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan data Sondir Proyek Jembatan, Berdasarkan hasil analisa perkuatan menggunakan cerucuk galam dan bahan geotekstil. Maka diketahui nilai perkuatan berdasarkan hasil nilai faktor keamanan sebesar 3,71 dan untuk geotekstil 1,21. Dari nilai faktor keamanan yang didapatkan bahwa perkuatan tiang cerucuk galam lebih baik daripada menggunakan geotekstil.

Kata Kunci: Faktor Keamanan, Tiang Cerucuk Galam, Geotekstil, Oprite Jembatan

PENDAHULUAN

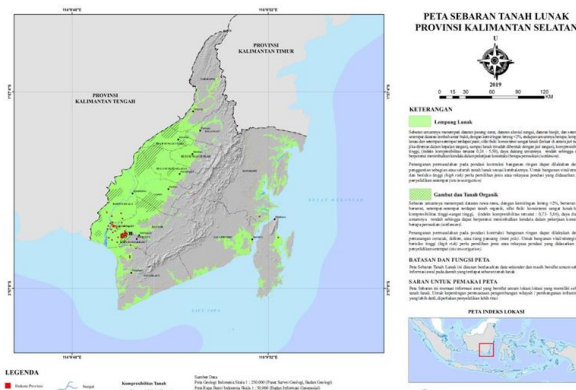
Di Indonesia cukup banyak metode dan material yang dapat di gunakan sebagai bahan perkuatan tanah. Tentunya penggunaan material tersebut harus melalui beberapa pertimbangan yang tepat. Apabila tidak menggunakan pertimbangan yang tepat tentunya akan mempengaruhi dari hasil kesuksesan proyek tersebut dan tentunya akan mempengaruhi dari segi biaya yang akan dikeluarkan pada proyek tersebut.

Permasalahan yang sering terjadi pada kota Banjarmasin ialah terjadinya deformasi atau turunnya oprit pada sebuah konstruksi jembatan, yang mengakibatkan pada bagian oprit yang naik dan pada area tengah oprit mengalami penurunan. Oprit Jembatan dapat didefinisikan sebagai landasan yang menghubungkan permukaan jalan dengan bagian atas struktur jembatan.

Tanah merupakan tumpuan dasar pada konstruksi bangunan, meliputi pembangunan gedung, jalan, jembatan, bendungan maupun yang lainnya. Jadi perencana atau ahli teknik sipil harus mengetahui, mempelajari dan mengkaji sifat pada tanah dasar meliputi dapat mengalirkan air tanah, ukuran butiran, kuat

gesernya, kapasitas daya dukung terhadap beban diatasnya dan lain-lain. Apabila tanah tidak diselidiki secara berhati-hati dapat menyebabkan masalah kestabilan dan penurunan dalam jangka panjang yang tidak dapat dikesampingkan.

Salah satu jenis tanah yang bermasalah ialah tanah lunak. Menurut Seotjiono (2008) dan Pasaribu (2008), tanah lunak adalah tanah yang bersifat lemah, secara alamiah terbentuk dari proses pengendapan sebagai lapisan alluvial, biasanya terdapat di dataran alluvial, yang sangat kompresif dan kuat gesernya rendah, yang mana kuat geser *undrained* lapangan kurang dari 40 kPa dan kompresibilitas tinggi.



Gambar 1. Peta Sebaran Tanah Lunak Provinsi Kalimantan Selatan

Sumber : Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia (2019)

Menurut Eko Budianto (2020) meneliti tentang Studi Perkuatan Tanah Lunak Dengan Menggunakan Kombinasi Dari Cerucuk Kayu Dan Geotekstil Berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa deformasi yang terjadi pada tanah yang tidak diberi perkuatan dengan beban sebesar 4 kN sebesar -34,42 mm, pada tanah yang diberi perkuatan cerucuk kayu dengan beban 4 kN deformasi yang terjadi sebesar -28,24 mm, pada tanah yang diberi perkuatan geotekstil dengan beban 4 kN deformasi yang terjadi sebesar -32,57 mm, sedangkan pada tanah dengan kombinasi perkuatan cerucuk ditambah geotekstil satu lapis dan dua lapis dengan beban 4 kN deformasi yang terjadi masing-masing sebesar -20,76 mm dan -18,27 mm. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa tanah yang diberi perkuatan cerucuk kayu dan geotekstil mengalami peningkatan kekuatan terhadap deformasi vertikal yang terjadi.

Berdasarkan latar belakang di atas dapat di tarik ide penelitian mengenai Analisa perkuatan pada oprit jembatan menggunakan bahan geotekstil berjenis non woven dan cerucuk galam Kota Banjarmasin berdasarkan data sondir menggunakan pondasi tiang cerucuk galam. Sehingga diperoleh nilai faktor keamanannya.

METODE PENELITIAN

1. Metode Penelitian Yang Digunakan

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Metode eksperimen. Pada penelitian ini yang di analisa adalah perbandingan antara nilai faktor keamanan pada perkuatan oprit jembatan menggunakan bahan geotekstil dengan nilai faktor keamanan menggunakan metode tiang cerucuk galam pada oprit jembatan. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan data lapangan berupa data sondir. mesin. Pembebanan yang digunakan dalam analisa ini adalah beban asumsi lalu lintas berupa truk bermuatan maksimal 20 ton.

2. Lokasi Penelitian

Penelitian mengenai analisis perkuatan oprit jembatan yang banyak dilakukan diberbagai daerah dengan data dan metode yang berbeda. Untuk lokasi penelitian ini

berada di Jalan Padat Karya, Sungai Andai, kota Banjarmasin yang memiliki jenis tanah lunak.



Gambar 2. Lokasi Penelitian
Sumber : Google Maps (2024)

3. Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian untuk mengukur tingkat kehilangan air (NRW) pada jaringan perpipaan dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Studi Literatur: Studi literatur merupakan teknik pengumpulan data dengan cara merangkum dari buku-buku, jurnal yang bersangkutan dengan penelitian yang akan dikaji dan penelitian terdahulu yang memiliki kaitan dengan daya dukung dan penurunan pondasi tiang yang berbentuk persegi, segitiga dan lingkaran. Studi literatur ini bertujuan untuk membantu memberikan penjelasan isi, menentukan jawaban sementara itu dari masalah yang terjadi dan proses analisa, sehingga pengerjaan penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.
2. Pengumpulan data: Data harus dikumpulkan dari lokasi penelitian yang telah ditentukan. Data yang perlu dikumpulkan meliputi data sekunder yaitu :
 - a. Data hasil soil investigation tanah sondir
 - b. Data bor mesin
3. Pengolahan data: Dalam perhitungan daya dukung vertikal dan penurunan, pondasi tiang pancang ini penulisan melakukan langkah – langkah sebagai berikut :
 1. Menghitung perkuatan tiang cerucuk galam menggunakan data sondir
 2. Menghitung nilai faktor keamanan tiang cerucuk galam
 3. Menghitung faktor keamanan menggunakan geotextile non woven.

Tahap perancangan tiang cerucuk galam ialah dengan menentukan ukuran tiang yang akan digunakan. Tiang cerucuk galam kemudian pahami daya dukungnya berdasarkan bentuk dan ukuran pondasi yang telah direncanakan juga data jenis tanah didapat dari lapangan. Pada penelitian ini, ingin mengetahui perilaku daya dukung dan perkuatan tiang cerucuk berdasarkan bentuk dan dimensi yang berbeda pada jenis kondisi tanah lunak, tentunya perilaku daya dukung dan perkuatan pondasi tiang akan berbeda berdasarkan dari jenis kondisi tanah. Bentuk dan dimensi tiang cerucuk tidak terlalu berpengaruh terhadap perilaku daya dukung dan

perkuatan, melainkan tergantung pada kondisi jenis tanah yang memberikan reaksi pada pondasi taitg. Adapun pada penelitian ini, diambil data sondir pada kedalaman 7 meter, karena berdasarkan data pengambilan sampel dilapangan dengan hasil kedalaman yang diperoleh yaitu 7 meter masih jenis tanah lunak.

Analisa daya dukung tiang cerucuk galam dengan rumus sebagai berikut:

- a. Daya Dukung (Qu)

$$Q_u = (Q_c \times A) / SF1 + (JHP \times K) / SF2 \quad (1)$$
 Dengan :
 Qult = Daya dukung tiang cerucuk (kg/cm²)
 Qc = Nilai Conus (kg/cm²)
 A = Luas Penampang (cm)
 JHP = Jumlah Hambatan Pelekat (kg/cm)
 K = Keliling (cm²)
 SF1 = safety factor
 SF2 = safety factor Tanah Gesek

Pada penelitian ini bebanlalu lintas yang digunakan adalah beban lalu lintas maksimal dengan kapasitas berat kendaraan 20 ton.

Perhitungan beban lalu lintas dapat dilihat dibawah ini :

$$q' = \sum \gamma \times H \quad (2)$$

Dengan :

$$q' = \text{Berat beban (kg/m}^3\text{)}$$

$$\sum \gamma = \text{Beban Lapisan (kg/m}^2\text{)}$$

Perhitungan penurunan oprit jembatan dapat dilihat di bawah ini :

$$\Delta Sc(g) = (Cc \times H) / (1 + e0) \log(\sigma'0 + \Delta \sigma i) / \sigma'0 \quad (3)$$

Dengan :

$$\Delta Sc(g) = \text{Penurunan keseluruhan (cm)}$$

$$Cc = \text{Kadar Air (\%)}$$

$$H = \text{Tebal lapisan (m)}$$

$$\sigma'0 = \text{Tegangan overburden efektif (T/m}^2\text{)}$$

$$\Delta \sigma i = \text{Pertumbuhan tegangan (T/m}^2\text{)}$$

$$e0 = \text{Angka Pori awal Tabel 1 Nilai Koefisien CP}$$

Dari persamaan diatas didapatkan nilai penurunan total (cm) kemudian untuk menentukan waktu (tahun) penurunan total dapat dilihat dibawah ini :

$$T_c = T_v (H2dr) / C_v \quad (4)$$

Dengan :

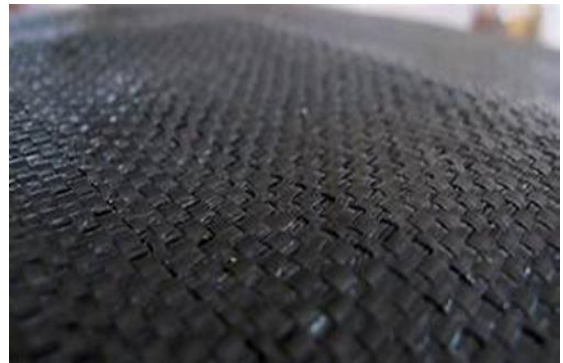
$$T_c = \text{Waktu Penurunan Total (cm)}$$

$$T_v = \text{Koefisien Waktu Penurunan (cm}^2\text{/detik)}$$

$$H^2dr = \text{Tinggi awal (cm)}$$

$$C_v = \text{Koefisien Konsolidasi (cm}^2\text{/detik)}$$

Pada penelitian ini, geotekstil yang digunakan berjenis geotekstil no woven dengan kelas Geotekstil **Tabel 1**.



Gambar 3. Geotekstil Non Woven
Sumber: GeosinIndo (2017)

Sifat	Metode Uji	Satuan	Kelas Geotekstil ^{16, 21)}					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Elongasi < 50% ⁽¹⁾	Elongasi ≥ 50% ⁽¹⁾	Elongasi < 50% ⁽²⁾	Elongasi ≥ 50% ⁽²⁾	Elongasi < 50% ⁽³⁾	Elongasi ≥ 50% ⁽³⁾
Kuat Grab (Grab Strength)	ASTM D 4632 RSNI M-01-2005	N	1400	900	1100	700	800	500
Kuat Sambungan Keliman ⁽⁴⁾ (Seam Strength)	ASTM D 4632 RSNI M-01-2005	N	1260	810	990	630	720	450
Kuat Sobek (Tear Strength)	ASTM D 4533 SNI 08-4644-1998	N	500	350	400 ⁽⁵⁾	250	300	180
Kuat Tusuk (Puncture Strength)	ASTM D 6241 ISO 12236 2006	N	2750	1925	2200	1375	1650	990

Catatan:
¹ Kondisi saat pemasangan umumnya menentukan kelas geotekstil yang dibutuhkan. Kelas 1 dikhususkan untuk kondisi yang parah dimana potensi terjadinya kerusakan geotekstil lebih tinggi, sedangkan Kelas 2 dan Kelas 3 adalah untuk kondisi yang tidak terlalu parah.
² Semua nilai syarat kekuatan merujukkan Nilai Gulungan Rata-rata Minimum dalam arah utama terlemah.
³ Ditentukan berdasarkan ASTM D 4632 atau RSNI M-01-2005.
⁴ Jika dibutuhkan sambungan keliman (seam seam).
⁵ Nilai Gulungan Rata-rata Minimum kuat sobek yang dibutuhkan untuk geotekstil filamen tunggal teranyam (woven monofilamen geotextile) adalah 250 N.

Gambar 4. Geotekstil Non Woven
Sumber: Mutu Geoteknik (2017)

Perhitungan bahan geotekstil dapat dilihat dibawah ini :

Gaya Tarik yang terjadi akibat geotekstil

$$T^2 = c_u \times L \quad (5)$$

Dengan :

$$T^2 = \text{Kuat Tarik gaya 2 (kN/m)}$$

$$c_u = \text{Kuat geser undrained tanah (kN)}$$

$$L = \text{Lebar jalan (m)}$$

Gaya Tarik yang terjadi pada geotekstil bila terjadi penggelinciran lereng di atas permukaan geotekstil (dianggap c = 0).

$$K_a = \text{tg}^2/2 \quad (6)$$

Dengan :

$$K_a = \text{Koefisien tekanan tanah aktif}$$

$$\text{tg}^2 = \text{Sudut Oprit jembatan } (\phi)$$

Dengan mendapatkan nilai koefisien tanah aktif maka selanjutnya mencari nilai kuat Tarik gaya 2, sebagai berikut :

$$T1 = 1/2 \times H2\gamma K_a \quad (7)$$

Dimana :

$$T1 = \text{Kuat Tarik Gaya 2 (kN/m)}$$

$$H^2 = \text{Tinggi Timbunan (m)}$$

$$\gamma = \text{Nilai Gama (Ton/m}^3\text{)}$$

$$K_a = \text{Koefisien tekanan tanah aktif}$$

Untuk mencari nilai total kuat tarik geotekstil menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$T_{\text{total}} = T1 + T2 \quad (8)$$

Dimana :

$$T_{\text{total}} = \text{Total keseluruhan kuat tarik (kN/m)}$$

$$T1 = \text{Kuat tarik gaya 2 (kN/m)}$$

T_2 = Kuat tarik gaya 1 (kN/m)
Dari Hasil perhitungan diatas maka dilakukan perhitungan nilai Faktor keamanan terhadap penggelinciran lateral dengan rumus sebagai berikut :

$$SF = 2(T_2 + T_1) / (K_a \times \gamma \times H^2) \quad (9)$$

Dimana :

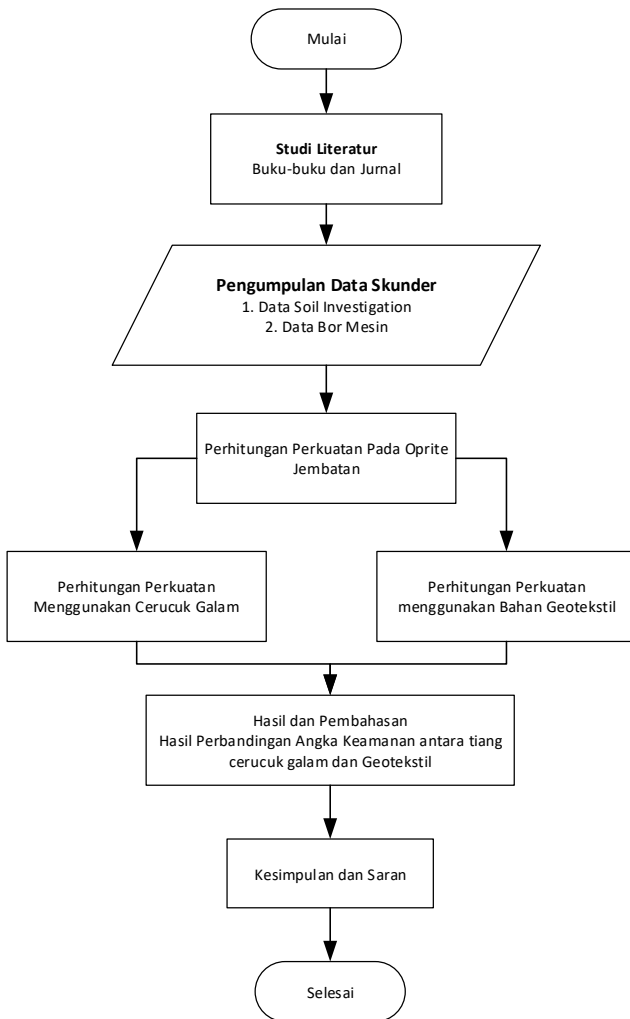
T_1 = Kuat Tarik Gaya 1 (kN/m)

T_2 = Kuat Tarik Gaya 2 (kN/m)

H^2 = Tinggi Timbunan (m)

γ = Nilai Gama (Ton/m³)

K_a = Koefisien tekanan tanah aktif



Gambar 5 . Flowchart Penelitian
Sumber : Penelitian (2024)

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Tanah

Penelitian ini dilakukan pada pekerjaan penyelidikan tanah di daerah lingkungan Sungai Andai yang berada di Jalan Padat Karya, Kota Banjarmasin, Kalimantan Selatan. Pada lokasi ini dilakukan pekerjaan penyelidikan tanah dengan mengambil sampel tanah.

Pengujian sondir yang dilakukan pada lokasi ini terdapat 2 (dua) titik sondir, data yang digunakan pada penelitian ini ialah pada titik sondir 2 (dua), dikarenakan pada titik sondir 2 (dua) memiliki nilai kedalaman yang

konsisten (tidak terjadi hambatan pada proses sondir berlangsung, seperti batu atau hambatan lain)



Gambar 6. Titik Pengujian Sondir Dan Bor
Sumber : Google Maps (2024)

Pada penelitian ini, ingin mengetahui perbandingan antara tiang cerucuk galam dan bahan geotekstil, tentunya perilaku daya dukung dan penurunan pondasi tiang akan berbeda berdasarkan dari jenis kondisi tanah. Bentuk dan dimensi pondasi tiang tidak terlalu berpengaruh terhadap perilaku daya dukung dan penurunan, melainkan tergantung pada kondisi jenis tanah yang memberikan reaksi pada pondasi tiang. Adapun pada penelitian ini, diambil data tanah sondir pada kedalaman 7 meter, karena menurut data lapangan tiang galam hanya sampai kedalaman 7 meter berjenis tanah lunak dikarenakan berada di pesisir sungai.

2. Analisis Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas pada umumnya berupa beban yang terdapat di atas jalan, berupa transportasi berat (roda lebih dari empat) ataupun ringan (roda dua dan penajala kaki). Pada penelitian ini menggunakan sampel beban lalu lintas di lapangan berupa dengan kapasitas maksimal 20 ton. Hasil perhitungan terbagi menjadi 3 kelompok yaitu, beban LPA, beban urugan tanah, dan beban beton masing masing bernilai 0,805 ton/m², 0,64 ton/m², 0,48 ton/m². Pengelompokan jenis Kendaraan pada Gambar 7.

Golongan	Kelompok jenis kendaraan	Jenis kendaraan	Konfigurasi sumbu	Kode
1	Sepeda motor, kendaraan roda-3			
2	Sedan, jeep, station wagon			1.1
3	Angkutan penumpang sedang			1.1
4	Pick up, micro truk dan mobil hantaran			1.1
5a	Bus kecil			1.1
5b	Bus besar			1.2
6a	Truk ringan 2 sumbu			1.1
6b	Truk sedang 2 sumbu			1.2
7a	Truk 3 sumbu			1.2.2
7b	Truk gandengan			1.2.2 - 2.2
7c	Truk semitrailer			1.2.2.2
8	Kendaraan tidak bermotor			

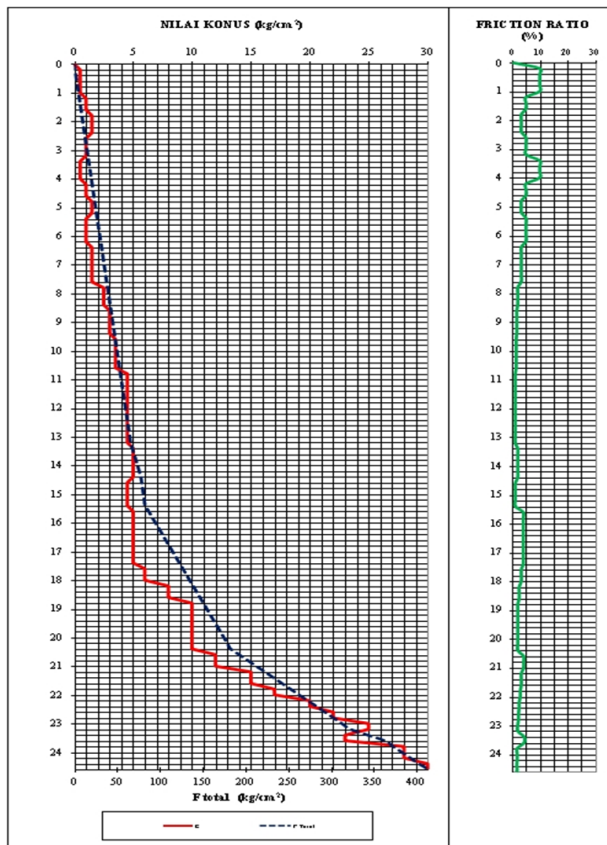
Gambar 7. Pengelompokan Jenis Kendaraan
Sumber: Manual Perkerasan Jalan dengan alat Benkelman beam no.01/MN/BM/83 (1997)

Perhitungan perkuatan tiang cerucuk pada penelitian yaitu berdasarkan dimensi 10 cm pada kondisi tanah lunak. Untuk hasil dari perkuatan oprit didapat nilai

berat pile cap sebesar 42 ton/ m³, dengan penurunan per tahun sebesar 8,30 cm dalam jangka waktu 3,63 tahun dan nilai SF sebesar 3,71.

3. Analisis Daya Dukung Cerucuk Galam

Tahap perancangan tiang cerucuk galam yaitu dengan menentukan ukuran tiang yang akan digunakan. Tiang cerucuk galam kemudian pahami daya dukungnya berdasarkan bentuk dan ukuran pondasi yang telah direncanakan juga data jenis tanah didapat dari lapangan. Daya Dukung cerucuk galam pada penelitian ini menggunakan kedalaman 7 meter sesuai dengan dilapangan dan masih berjenis tanah lunak.



Gambar 8. Grafik Nilai Konus Pada Titik 2 (dua)
Sumber : Hasil Penyelidikan tanah (2024)

Dari hasil perhitungan daya dukung tiang cerucuk galam ialah, 0,259 ton, daya dukung tiang kelompok sebesar 81,6 ton, faktor efisiensi sebesar 31,4 cm dan menggunakan format converse-labarre dengan nilai 1.

4. Analisis Perkuatan Geotekstil

Perencanaan awal geotekstil dilakukan dengan menganalisis terjadinya penurunan yang menghasilkan nilai SF. Hasil nilai SF pada bahan geotekstil non-woven sebesar 1,21 dengan gaya tariknya sebesar 1,12 kN/m, total kuat tarik ijin sebesar 6,46 kN/m. kebutuhan geotekstil yang diperlukan pada penelitian ini sebesar 1 lapisan geotekstil pada oprit timbunan dengan nilai 0,68m.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perbandingan analisa antara perkuatan tiang cerucuk galam dan menggunakan bahan geotekstil bahwa pada oprit Jembatan Padat Karya dengan hasil perkuatan lebih bagus menggunakan tiang cerucuk galam ketimbang menggunakan geotekstil, didapatkan nilai safety factor sebesar 3,71 untuk tiang cerucuk galam dan nilai safety factor sebesar 1,21 untuk geotekstil non woven serta kebutuhan geotekstil dengan tinggi timbunan 0,68 diperlukan 1 lapisan geotekstil *non woven*.

DAFTAR PUSTAKA

Darwis. (2017). *Dasar-dasar Perbaikan Tanah*. Pustaka AQ. Yogyakarta.

Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah. (2002). *Panduan Geoteknik 1*. Edisi Pertama, Jakarta.

Fitriansyah, M., & Setiawan, I. (2021). Perilaku Tanah Lempung Berpasir di Banjarmasin Akibat Gaya Interface pada Geotextile. *Konstruksia*, 12(1), 35-44.

Gazali, A. (2023). "Studi Analisis Daya Dukung Dan Penurunan Pondasi". Vol. 6. No. 1, 6, 100-113.

Hardiyatmo, H. C. (2008). *Geosinetik untuk Rekayasa Jalan Raya*. Edisi Kedua Penerbit Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Ichsan, Bambang, Raden. (2017), "Analisis Stabilitas Lereng Bertingkat Dengan Perkuatan Geotekstil Menggunakan Metode Elemen Hingga", e-Jurnal MATRIKS TEKNIK SIPIL.

Sudarwanto, Muhandi, Ferry Fatnanta, (2017), "Analisis Kapasitas Daya Dukung Cerucuk Pada Tanah Gambut Dan Lunak Di Kabupaten Siak", Volume 2, No 2, Desember.

Yudiawati, Y., & Marzuki, A. (2008). "Pondasi dangkal diatas tanah lunak dengan perkuatan cerucuk galam berdasarkan percobaan lapangan". *INFO-TEKNIK*, 9(2), 212-217.

Khuzeir, Kamaluddin. (2019). "Evaluasi Perbaikan Tanah Menggunakan Geotekstil Untuk Meningkatkan Stabilitas Tanah Lapisan Subgrade Pekerjaan Jalan", JCEBT (Journal of Civil Engineering, Building and Transportation), 3 (2) September 2019: 40.

Tay, Pretty A., et al. (2014). "Analisa Perkuatan Geotekstil Pada Timbunan Konstruksi Jalan Dengan Plaxis 2d." *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*, vol. 3, no. 2. Surabaya.

Sastrawinata, Andryan. (2020). "Studi Pengaruh Material Geosintetik Dalam Distribusi Beban Kerja Pada Konstruksi Jalan Di Atas Tanah Lunak", *JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil*.

- Sunarjono, S., Riyanto, A., Harnaeni, S. R., & Harijanto, S. (2021). Perbaikan Struktur Perkerasan Jalan dengan Menggunakan Geotekstil (Studi Kasus Ruas Jalan Caruban-Ngawi Km 158+ 600 Sampai 160+ 600). *Prosiding Simposium Nasional Rekayasa Aplikasi Perancangan dan Industri*, 94-98.
- Suroso, S., Harimurti, H., & Harsono, M. (2008). Alternatif perkuatan tanah lempung lunak (soft clay), menggunakan cerucuk dengan variasi panjang dan diameter cerucuk. *Rekayasa Sipil*, 2(1), 47-62.
- Vesic. (1963). *Ultimate Loads and Settlements of Deep Foundation in Sand. Proc. Symp. On Bearing Capacity and Settlement of Foundation*. Duke University. *Jurnal Eng. Technol. Sci*, 46 (1) 1 - 16.s.
- Haza, Z. F. (2017). Analisis Numerik Penggunaan Geotekstil Di Lapisan Tanah Dasar Pada Proyek Pembangunan Jalan Poncosari-Greges (Kabupaten Bantul, Propinsi Di Yogyakarta). *Science Tech: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*, 3(1), 67-74.