

STUDI PERKUATAN TANAH DASAR (*SUBGRADE*) MENGGUNAKAN CERUCUK PADA PROYEK PELEBARAN RUAS JALAN HUSEIN HAMZAH HINGGA RUAS JALAN HASANUDIN

Taufik Wahyudianto¹⁾, Aprianto²⁾, Eka Priadi³⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak

^{2,3)} Dosen Teknik Sipil, Universitas Tanjungpura Pontianak

Email : taufik.wahyudianto17@gmail.com

ABSTRAK

Jalan Husein Hamzah hingga jalan Hasanudin merupakan pusat perekonomian di Kota Pontianak. Sehingga sering terjadi kepadatan kendaraan pada jalan tersebut dan pemerintah akan melakukan pelebaran pada ruas jalan tersebut. Perencanaan pelebaran ruas jalan ini direncanakan menggunakan perkuatan cerucuk. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah dilokasi tersebut. Selain itu penelitian ini bertujuan untuk menghitung penurunan yang terjadi dan dihitung dengan perkuatan geotextile. Dari hasil analisa perencanaan jumlah cerucuk didapatkan jumlah cerucuk 10 buah pada lebar jalan 4 meter dikali dengan 1 meter memanjang. Perencanaan dilapangan jumlah cerucuk yang digunakan 11 buah dengan jarak 40 cm. Sehingga perencanaan dilapangan sudah memenuhi dari jumlah minimum cerucuk yang dibutuhkan. Perhitungan kapasitas daya dukung tiang diperoleh daya dukung untuk satu tiang 266,442 kg. Kemudian diperoleh nilai efisiensi dari kelompok tiang tersebut adalah 0,754. Sehingga dari nilai efisiensi tersebut diperoleh daya dukung tiang kelompok adalah 1657,40 kg/m². Pada perhitungan menggunakan geotextile Woven GT-R150 diperoleh kuat Tarik yang diijinkan 173 kN. Sedangkan kuat Tarik yang diperlukan 74,20 kN. Sehingga dengan kuat Tarik ijin lebih besar daripada kuat Tarik yang diperlukan maka geotextile Woven GT-R150 memenuhi syarat sebagai perkuatan dilapangan. Penurunan sebelum perkuatan adalah 3,783 cm. Setelah perkuatan cerucuk penurunan yang terjadi adalah 2,989 cm.

Kata Kunci: cerucuk, daya dukung, geotextile, penurunan, perkuatan.

ABSTRACT

Jalan Husein Hamzah to Jalan Hasanudin is the center of the economy in Pontianak City. So that there is often a density of vehicles on the road and the government will widen the road segment. The road widening plan is planned to use woodpile reinforcement. This aims to increase the bearing capacity of the area in that location. In addition, this study aims to calculate the settlement that occurs and is calculated using the geotextile reinforcement. From the results of the planning analysis of the number of woodpile, it was found that the number of woodpiles was 10 on a road width of 4 meters multiplied by 1 meter long. Planning in the area the number of woodpiles used was 11 with a distance of 40 cm. So that the planning in the area has met the minimum required number of woodpiles. The calculation of the bearing capacity of the pile obtained the bearing capacity for one pile of 266.442 kg. Then obtained the efficiency value of the pile group is 0.754. So that the efficiency value obtained from the pile bearing capacity is 1657.40 kg / m². In the calculation using the Woven GT-R150 geotextile, the allowable tensile strength is 173 kN. While the required tensile strength is 74.20 kN. So that the allowable tensile strength is greater than the required tensile strength, the Woven GT-R150 geotextile qualifies as field reinforcement. The settlement before reinforcement is 3.783 cm. After strengthening the recess that occurred was 2.989 cm.

Keywords: Bearing capacity, Geotextile, Settlement, Strengthening, Woodpile.

I. PENDAHULUAN

Transportasi jalan raya sangat berperan dalam perkembangan suatu daerah. Apalagi kondisi sekarang ini transportasi jalan raya sangat dibutuhkan sebagai penghubung dari suatu daerah ke daerah lainnya. Bahkan kemajuan dan perkembangan suatu daerah dipengaruhi oleh sistem transportasinya. Sejalan dengan lajunya pertumbuhan lalu lintas yang meningkat, berbagai usaha dalam rangka memenuhi

kebutuhan akan prasarana jalan yang baik semakin berkembang juga. Dalam membangun badan jalan itu sendiri perlu dipikirkan mengenai alternatif sistem konstruksi yang akan digunakan sesuai dengan keadaan lokasi pembangunan.

Kota Pontianak merupakan salah satu kota dengan perekonomian yang terus berkembang. Sehingga diperlukan sarana dan prasarana transportasi yang

memadai guna melayani kegiatan masyarakat sehari-hari. Salah satu dari pusat perekonomian di kota Pontianak adalah terletak disepanjang jalan Husein Hamzah hingga jalan Hasanudin. Sehingga disepanjang jalan tersebut sering terjadi kepadatan kendaraan yang disebabkan oleh kegiatan masyarakat disepanjang jalan tersebut. Untuk mengurangi kepadatan kendaraan maka pemerintah melakukan pelebaran pada jalan tersebut.

Ruas jalan Husein Hamzah hingga ruas jalan Hasanudin terletak di pinggiran sungai Kapuas sehingga keadaan tanah pada jalan tersebut dapat dikategorikan tanah lunak. Pada umumnya tanah lunak memiliki daya dukung tanah yang relatif kecil sehingga harus diperbaiki dengan cara menstabilisasi tanah tersebut. Beberapa cara yang digunakan untuk menstabilisasi tanah tersebut yaitu dengan menggunakan bahan kimia (kapur, semen, dan batubara), stabilisasi dengan geotextile, stabilisasi dengan tanah itu sendiri (yang telah distabilkan), stabilisasi dengan cerucuk, dan stabilisasi dengan campuran beton.

Perencanaan yang terdapat dilapangan saat ini adalah stabilisasi dengan menggunakan cerucuk. Sehingga keadaan dilapangan saat ini, tanah dasar yang masuk dalam karakteristik tanah lunak diberikan cerucuk dengan jarak tertentu. Diharapkan dengan penambahan cerucuk tersebut keadaan daya dukung tanah tersebut semakin meningkat. Perkerasan yang diterapkan dalam pelebaran jalan tersebut menggunakan perkerasan kaku (rigid). Perkerasan kaku (rigid) digunakan karena lebih murah dari perkerasan aspal, tidak begitu terpengaruh oleh keadaan genangan air, dan memiliki penurunan yang relatif bersamaan.

Dalam penelitian ini akan dilakukan perhitungan daya dukung tanah dengan kondisi dilapangan dengan penambahan cerucuk serta akan didesain dengan menambahkan geotextile pada penelitian ini. Dari penelitian ini diharapkan dengan penambahan cerucuk dan geotextile dapat meningkatkan daya dukung tanah tersebut dan dapat memperkecil penurunan yang terjadi pada tanah dilokasi penelitian.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Jenis perkuatan tanah apakah yang sesuai dengan karakteristik tanah yang ada dilokasi penelitian.
2. Apakah perkuatan yang telah dilakukan sudah efektif jika diterapkan di lapangan
3. Bagaimana penurunan yang terjadi pada tanah dilokasi penelitian

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui jenis perkuatan tanah yang sesuai dengan karakteristik tanah dilokasi penelitian.

2. Untuk mengetahui keefektifan perkuatan yang telah dilakukan dilapangan dan mengetahui bagaimana jika perkuatan yang sudah ada dikombinasikan dengan bahan geotextile.
3. Untuk mengetahui penurunan yang terjadi pada lokasi penelitian.

II. METODOLOGI DAN PUSTAKA

Dilihat dari sifatnya, penelitian yang dilakukan dapat digolongkan sebagai penelitian studi kasus (case study) dengan metode deskriptif. Metode deskriptif adalah metode yang menjelaskan, menerangkan, dan memaparkan suatu masalah dengan menggunakan data-data yang diperoleh langsung dilapangan maupun hasil penelitian dilaboratorium.

Maksud dari penelitian ini adalah menganalisa nilai daya dukung tanah dengan perkuatan cerucuk dan juga menganalisa nilai daya dukung tanah yang didesain dengan geotextile.

Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Tanah

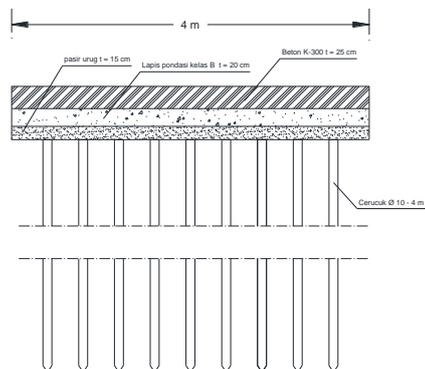
Pengujian sifat fisis dan mekanis tanah digunakan sebagai data untuk menghitung perkuatan tanah dilapangan. Adapun beberapa pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Pengujian Kadar Air (w)
2. Pengujian Berat Volume (γ)
3. Pengujian Berat Jenis (G_s)
4. Pengujian *Atterberg Limits*
5. Analisa Saringan
6. Klasifikasi Jenis Tanah
7. Pengujian CPT/Sondir
8. Pengujian Triaksial UU

Gambaran Umum Perkuatan yang Dilakukan Dilapangan

Penelitian ini berlokasi diruas jalan Husein Hamzah hingga ruas jalan Hasanudin, untuk ruas jalan yang menjadi objek penelitian adalah ruas jalan H.Rais A.Rahman hingga ruas jalan Hasanudin dengan Panjang sekitar 2,7 km. Sedangkan pada ruas jalan Husein Hamzah hanya diberi penambahan lapisan.

Berikut adalah gambar eksisting dari penampang jalan yang diberi perkuatan cerucuk.



Gambar 1. Penampang Melintang Jalan (Sumber : Gambar rencana)

Desain Perkuatan dengan Geotextile

Untuk perhitungan perkuatan dengan menggunakan geotextile akan digunakan geotextile woven GT-R150 dengan data-data teknis sebagai berikut:

Tabel 1. Data-data Teknis Geotextile Woven GT-R 150

Unit	Satuan	GT-R 150
Kuat Tarik Batas (UTS)	kN/m	346
Elongation Break	%	71
CBR puncture resistance	N	762

Fondasi

Fondasi bangunan biasa dibedakan sebagai fondasi dangkal (*shallow foundation*) dan fondasi dalam (*deep foundation*). Penentuan jenis fondasi ini berdasarkan dari perbandingan kedalaman fondasi dan lebar fondasi dan secara umum digunakan patokan :

- Jika kedalaman dasar fondasi dari muka air tanah adalah kurang atau sama dengan lebar fondasi ($D \leq B$) maka disebut fondasi dangkal.
- Jika kedalaman fondasi dari muka tanah adalah lebih dari lima kali lebar fondasi ($D > 5B$) maka disebut fondasi dalam.

Fondasi Tiang

Fondasi tiang digunakan untuk mendukung bangunan bila lapisan tanah kuat terletak sangat dalam. Fondasi jenis ini dapat juga digunakan untuk mendukung bangunan yang menahan gaya angkat keatas, terutama pada bangunan-bangunan tingkat tinggi yang dipengaruhi oleh gaya-gaya penggulingan akibat beban angin. Tiang-tiang juga digunakan untuk mendukung bangunan dermaga. Pada bangunan ini, tiang-tiang dipengaruhi oleh gaya-gaya bangunan kapal dan gelombang air.

Tujuan penggunaan fondasi tiang antara lain:

- Untuk meneruskan beban bangunan yang terletak diatas air atau tanah lunak, ketanah pendukung yang kuat.
- Untuk meneruskan beban ke tanah yang relatif lunak sampai kedalaman tertentu sehingga fondasi bangunan mampu memberikan dukungan yang cukup untuk mendukung beban tersebut oleh gesekan dindingtiang dengan tanah disekitarnya.
- Untuk mengangker bangunan yang dipengaruhi oleh gaya angkat ke atas akibat tekanan hidrostatik atau momen penggulingan.
- Untuk menahan gaya-gaya horizontal dan gaya yang arahnya miring.
- Untuk memadatkan tanah pasir, sehingga kapasitas dukung tanah tersebut bertambah.

f) Untuk mendukung fondasi bangunan yang permukaan tanahnya mudah tergerus air. Fondasi tiang dapat dibagi menjadi 3 kategori sebagai berikut :

1. Tiang perpindahan besar (*Large displacement pile*), yaitu tiang pejal atau berlubang dengan ujung tertutup yang dipancang kedalam tanah sehingga terjadi perpindahan volume tanah yang relatif besar. Termasuk dalam tiang perpindahan besar adalah tiang kayu, tiang beton pejal, tiang beton prategang (pejal atau berlubang), tiang baja bulat (tertutup pada ujungnya).
2. Tiang perpindahan kecil (*Non displacement pile*) adalah sama seperti tiang kategori pertama hanya volume tanah yang dipindahkan saat pemancangan relatif kecil, contohnya : tiang beton berlubang dengan ujung terbuka, tiang beton prategang berlubang dengan ujung terbuka, tiang baja H, tiang baja bulat ujung terbuka, tiang ulir.
3. Tiang tanpa perpindahan (*non displacement pile*) terdiri dari tiang yang dipasang didalam tanah dengan cara menggali atau mengebor tanah. Termasuk dalam tiang tanpa perpindahan adalah tiang bor, yaitu tiang beton yang pengecorannya langsung didalam lubang hasil pengeboran.

Kapasitas Daya Dukung Tiang

Penentuan daya dukung fondasi tiang pancang dengan cara statik dapat dilakukan sebagai berikut:

- Daya Dukung Ujung Tiang (Q_p) cara Meyerhoff (1967)

Untuk tanah pasir formula yang digunakan adalah:

$$Q_{p1} = A_p \cdot q_p = A_p \cdot q' \cdot N_q \quad (1)$$

dimana:

Q_{p1} = daya dukung ujung tiang

q_p = $q' N_q^*$ = daya dukung per satuan luas

A_p = luas penampang ujung tiang

q' = tegangan vertikal efektif

N_q^* = faktor daya dukung ujung

Harga q_p tidak dapat melebihi daya dukung batas q_l , karena itu daya dukung ujung tiang perlu ditentukan :

$$Q_{p2} = A_p \cdot q_l = A_p \cdot 5 \cdot N_q \cdot \tan \emptyset \quad (2)$$

Dimana

Q_{p2} = daya dukung ujung tiang (t/m²)

A_p = luas penampang ujung tiang (m²)

N_q^* = faktor daya dukung ujung

\emptyset = sudut geser dalam

Q_l = daya dukung batas

Kemudian dari harga Q_{p1} dan Q_{p2} diambil harga yang terkecil untuk daya dukung ujung tiang.

- Daya Dukung Selimut Tiang (Q_s)

$$Q_s = \sum A_s \cdot f \quad (3)$$

Dimana :

A_s = luas selimut tiang = $p \times \Delta L$

- P = keliling tiang
- ΔL = panjang segmen tiang
- F = gesekan selimut satuan

Untuk nilai daya dukung tiang dengan menggunakan uji sondir digunakan persamaan berikut ini :

$$Qa = \frac{(qc \cdot Ao)}{3} + \frac{(TF \cdot Ko)}{5} \quad (4)$$

Dimana :

- Qc = Tahanan ujung konus (kg/cm²)
- Ao = Luas penampang ujung tiang (cm²)
- TF = Jumlah hambatan lekat (kg/cm)
- Ko = Keliling tiang (cm)

Untuk nilai daya dukung tiang dengan menggunakan uji N-SPT digunakan persamaan berikut :

$$P = \frac{(Qu + Qsi)}{3} \quad (5)$$

Dimana :

- P = Daya dukung tiang pancang (SPT)
- Qu = Daya dukung ujung tiang
- Qsi = Daya dukung selimut tiang

Untuk perhitungan daya dukung kelompok tiang, terlebih dahulu harus diketahui efisiensi dari kelompok tian tersebut dengan formula *Converse-Labarre* sebagai berikut:

$$Eg = 1 - \left[\frac{(n-1) \cdot m + (m-1) \cdot n}{90 \cdot m \cdot n} \right] \cdot \theta \quad (6)$$

dimana :

- θ = tan-1 (D/s) ...dalam derajat
- m = jumlah tiang pada deretan baris
- n = jumlah tiang pada deretan kolom

Untuk daya dukung kelompok tiang menggunakan persamaan berikut ini:

$$Qa = m \times n \times eg \times Qall \quad (7)$$

Dimana :

- m = jumlah tiang pada deretan baris
- n = jumlah tian pada deretan kolom
- eg = efisiensi kelompok tiang
- Qall = daya dukung untuk satu tiang

Stabilisasi yang Digunakan Dilapangan dengan Cerucuk

- Perhitungan Kekakuan Relatif

$$T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{\frac{1}{5}} \quad (8)$$

Dimana :

- E = Modulus elastisitas tiang (cerucuk), kg/cm²
- I = momen Inersia penampang tiang pancang, cm⁴
- f = Koefisien variasi dari modulus tanah, kg/cm³
- T = faktor kekakuan relatif, cm

- Perhitungan Kekuatan Satu Cerucuk

$$P = \left(\frac{Mp}{FM.T} \right) \quad (9)$$

Dimana:

- Mp = Momen lentur akibat beban P, kg.cm
- FM = koefisien momen akibat beban lateral P
- P = Gaya horizontal yang diterima cerucuk, kg
- T = Faktor kekakuan relatif, cm

Untuk menghitung P maks yang diterima oleh satu cerucuk menggunakan persamaan berikut ini :

$$Pmax = \frac{Mp \max(1 \text{ cerucuk})}{FM.T} \cdot Fkg \quad (10)$$

Dimana :

- Fkg = 2,51*Yt*Ys*Yn*Yd (dengan syarat spasi yang digunakan 3D sampai 8D)
- Pmax = gaya horizontal maksimum yang diterima satu cerucuk, kg
- Mp max = momen lentur yang bekerja pada cerucuk akibat P, kg.cm.
- FM = koefisien momen akibat gaya lateral P
- T = factor kekakuan relatif, cm

Nilai-nilai dari Fkg diperoleh dari table berikut ini :

Tabel 2. Model persamaan cerucuk untuk masing masing variasi perlakuan.

Variasi Cerucuk	Regression Formula
Variasi Rasio Tancap (Xt= L/D)	Yt = (0,101(Xt)-0,3928). 0,89111
Variasi Spasi (Xs = S/D)	Ys = -0,046(Xs) ² +0,485(Xs)-0,273
Variasi Jumlah (Sejajar) (Xn)	Yn = -0,0469Xn + 1,0506
Variasi Diameter (XD = D/T)	YD = 36,267(XD) - 3,5739

- Penentuan Jumlah Cerucuk

Untuk menentukan banyaknya cerucuk, pertama harus ditentukan gaya horizontal tambahan pada bidang gelincir yang diperlukan untuk menambah kekuatan geser tanah. Kemudian untuk menghitung banyaknya cerucuk menggunakan persamaan berikut ini :

$$n = \frac{(SF \text{ yang diinginkan} - SF \text{ yang ada})}{Pmax (1 \text{ cerucuk}) \cdot R} \cdot MD \quad (11)$$

Dimana:

- n = jumlah cerucuk yang dibutuhkan
- SF = faktor keamanan
- R = radius / jari jari, m
- MD = mome penggerak, kg.m

Stabilisasi dengan Menggunakan Geotextile

Dalam menentukan kebutuhan geotextile, terlebih dahulu harus mencari nilai kekuatan geotextile yang tersedia dengan persamaan berikut:

$$T \text{ allow} = \frac{T}{FSID \times FSCR \times FSCD \times FSBD} \quad (12)$$

Dimana:

T Allow = kekuatan geotextile yang tersedia
 T = Kekuatan Tarik max geotextile yang dipakai
 FSID = FS akibat kerusakan saat pemasangan
 FS CR = FS terhadap kerusakan akibat rangkai
 FS CD = FS terhadap kerusakan akibat kima
 FSBD = FS terhadap kerusakan akibat aktifitas biologi.

Harga -harga FS diambil dari tabel berikut ini:

Tabel 3. Harga FS menurut kegunaan

Kegunaan	FS ID	FS CR	FS CD	FS BD
Dinding penahan	1,1-2,0	2,0-4,0	1,0-1,5	1,0-1,3
Timbunan	1,1-2,0	2,0-3,0	1,0-1,5	1,0-1,3
Daya Dukung	1,1-2,0	2,0-4,0	1,0-1,5	1,0-1,3
Overlay Pavement	1,1-1,5	1,0-1,2	1,0-1,5	1,0-1,1
Stabilitas Talud	1,1-1,5	1,5-2,0	1,0-1,5	1,0-1,3
Unpaved Road	1,1-2,0	1,5-2,5	1,0-1,5	1,0-1,2
Pemisah	1,1-2,5	1,0-1,2	1,0-1,5	1,0-1,2

Untuk menghitung kuat Tarik geotextile yang diperlukan menggunakan persamaan dibawah ini dengan mengetahui momen yang tersedia.

$$T_{perlu} = \frac{[(SF \times MD) - MR]}{R} \quad (13)$$

Dimana :

Tperlu = Kekuatan Tarik geotextile yang diperlukan
 SF = Nilai Safety factor
 MD = Momen Dorong (kg.m)
 MR = Momen Resisten (kg.m)
 R = Lengan momen / Radius (m)

Penurunan (Settlement)

Untuk perhitungan penurunan menggunakan persamaan berikut ini:

$$S_c = \frac{C_c}{1 + e_0} H \log \frac{\sigma_{o'} + \Delta\sigma}{\sigma_{o'}} \quad (14)$$

Dimana :

Sc = Penurunan Konsolidasi/Primer
 Cc = Indeks Pemampatan
 e0 = Angka Pori
 H = Tebal Lapisan Tanah
 $\sigma_{o'}$ = Tegangan Overburden Efektif
 $\Delta\sigma$ = Distribusi Tegangan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Tanah

Pengujian sifat fisis bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat fisik ari tanah asli yang digunakan dalam

penelitian ini. Hal ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik dan sifat-sifat tanah yang akan diuji. Selain itu ada beberapa pengujian sifat mekanis tanah yang dilakukan dilaboratorium seperti untuk mendapatkan nilai kohesi(c) dan nilai sudut geser (θ). Berikut ini adalah hasil pengujian sifat fisis dan mekanis tanah.

Tabel 4. Hasil pengujian Sifat Fisis dan Mekanis Tanah

pengujian		Sampel 1	Sampel 2
Kadar Air (w)	%	88,47	53,64
Berat Volume (γ)	Gr/cm ³	1,548	1,598
Berat Jenis (Gs)		2,636	2,523
Kohesi tanah (c)	Kg/cm ²	0,1703	0,1568
Sudut geser tanah (θ)	°	5,02	6,80
Batas Cair (LL)	%	27,34	43,026
Batas Plastis (PL)	%	19,88	23,59
Indeks Plastisitas (IP)	%	7,466	19,44

Untuk pengujian analisa saringan dan hydrometer diperoleh pasir 42% untuk sampel 1 dan 50% untuk sampel 2, Lanau 51% untuk sampel 1 dan 32% untuk sampel 2, dan lempung 7% untuk sampel 1 dan 18% untuk sampel 2. Sedangkan untuk klasifikasi tanah menurut AASTHO masuk kedalam A-6 untuk sampel 1 dan A-7-6 untuk sampel 2. Menurut USCS masuk kedalam OL untuk kedua sampel tersebut.

Analisa Perkuatan Menggunakan Cerucuk

- Perhitungan faktor kekakuan relatif

Dengan menggunakan persamaan (8) maka nilai faktor kekakuan relatif adalah :

$$T = \left(\frac{101971,621 \cdot 490,625}{0,110} \right)^{\frac{1}{5}} = 53,927 \text{ cm}$$

Jadi nilai faktor kekakuan relative yang diperoleh adalah 53,927 cm.

- Perhitungan Kekuatan untuk Satu Cerucuk

Harga faktor kekakuan relatif (T) yang diperoleh digunakan untuk menghitung gaya horizontal (P) yang mampu ditahan oleh satu tiang yang dapat dihitung menggunakan persamaan (9) berikut ini.

$$P = \left(\frac{490,625}{0,773 \cdot 53,927} \right) = 117,696 \text{ kg}$$

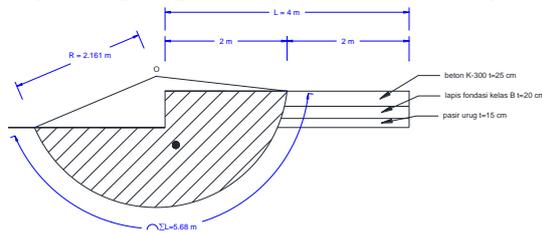
Jadi gaya horizontal yang diterima oleh satu cerucuk adalah 117,696 kg.

Untuk menghitung gaya horizontal maksimum yang mampu diterima cerucuk menggunakan persamaan (10) dengan nilai faktor koreksi gabungan adalah $Y_t = 3,250$; $Y_s = 0,931$; $Y_n = 0,5347$; $Y_D = 3,151$. Maka :

$$P_{max} = \frac{4906,25}{0,773 \cdot 53,927} \cdot 12,797 = 1506,17 \text{ kg}$$

- Penentuan Jumlah Cerucuk

Untuk menghitung jumlah cerucuk yang diperlukan di lapangan, terlebih dahulu harus diketahui nilai safety factor (SF), jari-jari bidang geser (R) dan momen dorong (MD) pada perhitungan stabilitas akibat geser.



Gambar 2. Analisa Stabilitas dengan Metode Irisan Bishop yang disederhanakan. (Sumber : Hasil Perhitungan)

Berdasarkan gambar diatas didapatkan data-data sebagai berikut.

- R (jari-jari) = 2,161 m
- L_{momen} = 1,132 m
- ΣL = 5,68 m
- ΣW = 8254,27 kg
- $\Sigma W \sin \alpha$ = 1234,339 kg
- $\Sigma W \cos \alpha$ = 7122,353 kg

Maka :

$$FS = \frac{(5,68 \cdot 0,1073) + (7122,353 \cdot \tan 5,02^\circ)}{1234,339} = 0,478$$

$$MR = 8254,27 \cdot 1,132 = 9344,659 \text{ kg.m}$$

$$MD = \frac{9344,659}{0,478} = 19523,69 \text{ kg.m}$$

Untuk menghitung jumlah cerucuk yang dibutuhkan menggunakan persamaan (11) berikut ini

$$n = \frac{(1,3 - 0,478)}{1506,07 \cdot 2,161} \cdot 19523,69 = 4,925 \approx 5$$

Jadi jumlah cerucuk yang diperlukan adalah 10 buah dalam luasan 4 meter dikali dengan 1 meter panjang.

Analisa Kapasitas Daya Dukung Tiang

- Kajian Daya Dukung Tiang Berdasarkan Uji Laboratorium

Untuk daya dukung ujung tiang dihitung menggunakan persamaan (1) sebagai berikut.

$$Q_p = 78,5 \cdot (5,96 + 3,315) = 728,087 \text{ kg}$$

Untuk daya dukung selimut tiang (Q_s) dihitung menggunakan persamaan (2) sebagai berikut :

$$Q_s = \Sigma (A_s \cdot f_s) = Q_{s1} + Q_{s2} = 2022,16 + 112,635 = 2134,795 \text{ kg}$$

Jadi daya dukung berdasarkan uji laboratorium adalah

$$Q_u = 728,087 + 2134,795 = 2862,882 \text{ kg}$$

- Kajian Daya Dukung Tiang Berdasarkan Uji Sondir

Untuk sondir titik 1

$$Q_a = \frac{(1,25 \cdot 7,85)}{3} + \frac{(16,50 \cdot 31,4)}{5} = 106,891 \text{ kg}$$

Untuk sondir titik 2

$$Q_a = \frac{(8 \cdot 7,85)}{3} + \frac{(64,50 \cdot 31,4)}{5} = 425,993 \text{ kg}$$

Dari data sondir daya dukung yang diperoleh adalah rata-rata dari daya dukung sondir 1 dan daya dukung sondir 2 yaitu 266,442 kg.

- Kajian Daya Dukung Tiang Berdasarkan Uji N-SPT

Untuk menghitung daya dukung tiang dengan menggunakan N-SPT menggunakan persamaan (5) berikut ini.

$$P = \frac{(1884 + 3768)}{3} = 1884 \text{ kg}$$

Jadi nilai daya dukung tiang dari N-SPT adalah 1884 kg.

Perhitungan Daya Dukung Kelompok Tiang

- Efisiensi Group Tiang Cerucuk

Untuk menghitung efisiensi group tiang cerucuk menggunakan persamaan (6) sebagai berikut :

$$E_g = 1 - \left[\frac{(3-1) \cdot 11 + (11-1) \cdot 3}{90 \cdot 11 \cdot 3} \right] \cdot 14,036 = 0,754$$

- Menghitung Daya Dukung Tiang Kelompok

Untuk menghitung daya dukung kelompok tiang menggunakan persamaan (7) berikut ini.

$$Q_a = 11 \times 3 \times 0,754 \times 266,442 = 6629,61 \text{ kg}$$

Analisa Desain Perkuatan Menggunakan Geotextile

Untuk menentukan kebutuhan geotextile menggunakan persamaan (12) sebagai berikut.

$$T_{\text{allow}} = \frac{346}{1,0 \times 2,0 \times 1,0 \times 1,0} = 173 \text{ kN}$$

Untuk menentukan kuat Tarik geotextile yang dibutuhkan

$$T_{\text{perlu}} = \frac{[(1,3 \times 19523,69) - 9344,659]}{2,161} = 74,20 \text{ kN}$$

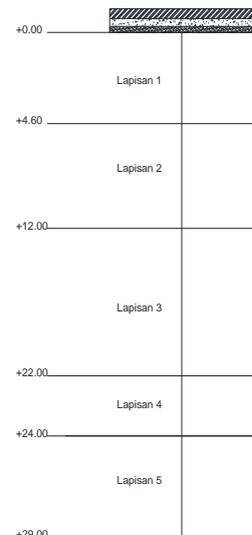
Maka : $173 \text{ kN} \geq 74,20 \text{ kN}$

Jadi jenis geotextile Woven GT-R 150 dapat digunakan sebagai perkuatan di lapangan.

Analisa Penurunan (Settlement) yang Terjadi

Untuk beban yang bekerja berasal dari beban kendaraan dan beban dari lapisan perkuatan tersebut. Total dari beban yang bekerja adalah 373 gr/cm^2 .

- Penurunan Sebelum Perkuatan



Gambar 3. Pemodelan Lapisan Tanah (Sumber: Hasil Perhitungan)

Tekanan overburden efektif (Po') dihitung per-lapisan dengan persamaan berikut :

Untuk lapisan 1 dengan $H = 4,60$ m. maka :

$$\begin{aligned} Po' &= (\gamma_{sat} - \gamma_w) \cdot \frac{1}{2}H \\ &= (1,752-1) \cdot \frac{1}{2}460 \\ &= 172,96 \text{ gr/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan tegangan akibat beban (Δp) diperlukan nilai pengaruh (I) untuk setiap lapisan yang diperoleh melalui grafik. Kemudian nilai pengaruh tersebut dikalikan dengan total beban yang bekerja. Berikut ini adalah rekapitulasi dari tegangan akibat beban (Δp) pada setiap lapisan.

Tabel 5. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Tegangan Akibat Beban (Sumber: Hasil Perhitungan)

H	Z	$\frac{B}{z}$	$\frac{L}{z}$	I	Δp
460	460	0,870	0,217	0,053	19,769
740	1200	0,333	0,083	0,012	4,476
1000	2200	0,182	0,045	0,005	1,865
200	2400	0,167	0,042	0,004	1,492
500	2900	0,138	0,034	0,002	0,746

Untuk perhitungan penurunan yang terjadi sebelum perkuatan menggunakan persamaan (14). Maka hasil rekapitulasi penurunan yang terjadi sebelum perkuatan dalam tabel berikut.

Tabel 6. Rekapitulasi Penurunan yang Terjadi sebelum Perkuatan (Sumber : Hasil Perhitungan)

H (cm)	C_c	e_0	Po' (kg/cm ²)	Δp (kg/cm ²)	Sc (cm)
460	0.383	1.547	172,96	14,469	3,252
740	0.248	1.099	616,02	3,276	0,276
1000	0.783	1.301	1236,10	1,365	0,223
200	0.501	0.876	1669,82	1,092	0,021
500	0.328	1.362	1942,3	0,546	0,012

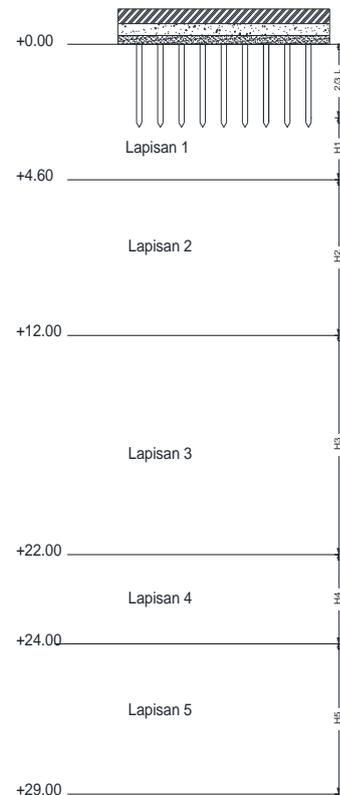
Dari tabel diatas maka dapat disimpulkan bahwa total penurunan yang terjadi sebelum perkuatan adalah 3,783 cm.

• Penurunan Setelah Perkuatan

Perhitungan penurunan setelah perkuatan tidak jauh berbeda dengan perhitungan penurunan sebelum perkuatan. Perbedaan perhitungan terletak pada titik tinjau pada lapisan pertama. Untuk perhitungan penurunan setelah perkuatan pada lapisan pertama dihitung dari sepertiga cerucuk bawah hingga batas lapisan tanahnya.

Sedangkan untuk total beban yang bekerja adalah 273 gr/cm² dan untuk mencari nilai pengaruh (I) menggunakan grafik yang sama dengan perhitungan penurunan sebelum perkuatan.

Berikut ini adalah pemodelan lapisan tanah setelah ditambah dengan perkuatan cerucuk dengan kedalaman 400 cm dan diameter 10 cm.



Gambar 4. Pemodelan Lapisan Tanah Setelah perkuatan. (Sumber : Hasil Perhitungan).

Tekanan overburden efektif (Po') dihitung pada setiap lapisan dengan persamaan sebagai berikut :

Untuk lapisan 1 dengan $H = 193,33$ m. maka :

$$\begin{aligned} Po' &= (\gamma_{sat} - \gamma_w) \cdot \frac{1}{2}H + \frac{2}{3} \text{ Panjang Cerucuk} \\ &= (1,752-1) \cdot \frac{1}{2}193,33 + \frac{2}{3} \cdot 400 \\ &= 273,23 \text{ gr/cm}^2 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan tegangan akibat beban (Δp) diperlukan nilai pengaruh (I) untuk setiap lapisan yang diperoleh melalui grafik. Kemudian nilai pengaruh tersebut dikalikan dengan total beban yang bekerja. Berikut ini adalah rekapitulasi dari tegangan akibat beban (Δp) pada setiap lapisan.

Tabel 7. Rekapitulasi perhitungan tegangan akibat beban (Sumber : Hasil Perhitungan)

H	Z	$\frac{B}{z}$	$\frac{L}{z}$	I	Δp
193,33	193,3	2,067	0,517	0,142	52,966
740	933,3	0,428	0,107	0,019	7,087
1000	1933,3	0,206	0,051	0,006	2,238
200	2133,3	0,187	0,046	0,005	1,865
500	2633,3	0,151	0,038	0,004	1,492

Untuk perhitungan penurunan yang terjadi sebelum perkuatan menggunakan persamaan (14). Maka hasil rekapitulasi penurunan yang terjadi sebelum perkuatan dalam tabel berikut.

Tabel 8. Rekapitulasi Penurunan yang Terjadi sebelum Perkuatan. (Sumber : Hasil Perhitungan)

H (cm)	Cc	e0	Po' (kg/cm ²)	Δp (kg/cm ²)	Sc (cm)
193,33	0.383	1.547	273,23	38,766	2,237
740	0.248	1.099	616,02	5,187	0,435
1000	0.783	1.301	1236,10	1,638	0,267
200	0.501	0.876	1669,82	1,365	0,026
500	0.328	1.362	1942,3	1,092	0,023

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa total penurunan yang terjadi setelah perkuatan cerucuk adalah 2,989 cm

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian ini maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perkuatan dengan menggunakan cerucuk lebih memungkinkan untuk digunakan. Dengan lokasi pekerjaan yang berada dipusat kota Pontianak maka waktu pekerjaan dan mobilisasi dalam pekerjaan pelebaran ruas jalan ini sangat menentukan keberhasilan pekerjaan ini. Penggunaan cerucuk lebih mudah diterapkan dilapangan karena proses pengerjaan memerlukan waktu yang lebih singkat, bahan cerucuk masih mudah didapatkan dipasaran, pekerjaan dilapangan juga tidak tergantung dengan cuaca.
2. Dari hasil analisa perhitungan jumlah cerucuk yang diperlukan dilapangan, dengan luasan 4 x 1 meter yang ditinjau dihasilkan momen dorong sebesar 19523,69 kg.m. Dengan nilai momen tersebut maka untuk mencegah terjadi longsoran diperlukan jumlah cerucuk sebesar 10 buah. Sedangkan pada perencanaan dilapangan menggunakan cerucuk dengan diameter 10 cm dan jarak antar cerucuk adalah 4D (40 cm). Sehingga untuk luasan 4 x 1 meter diperoleh cerucuk sebesar 33 buah.
3. Dari hasil perhitungan kapasitas daya dukung cerucuk dari hasil uji laboratorium diperoleh daya dukung untuk satu tiang sebesar 2862,882 kg, Sedangkan dari pengujian daya dukung cerucuk dari hasil uji sondir diperoleh daya dukung cerucuk sebesar 266,442 kg dan dari hasil uji N-SPT diperoleh 1884 kg. Daya dukung cerucuk yang digunakan sebagai analisa perhitungan daya dukung kelompok tiang adalah nilai daya dukung yang diperoleh dari uji sondir dikarenakan dari uji lapangan memiliki nilai daya dukung yang lebih kecil dan lebih relevan.

4. Untuk perhitungan daya dukung tiang kelompok diperoleh nilai efisiensi sebesar 0,754, dari nilai efisiensi tersebut didapat daya dukung tiang kelompok sebesar 6629,61 kg.
5. Desain perkuatan dengan menggunakan geotextile Woven GT-R 150 diperoleh kuat tarik ijin dari jenis geotextile tersebut adalah 173 kN. Sedangkan kuat tarik yang diperlukan dilapangan adalah 74,20 kN. Sehingga jenis geotextile woven GT-R 150 dapat digunakan dilapangan.
6. Dari hasil perhitungan penurunan, besar penurunan yang terjadi sebelum ditambah perkuatan cerucuk sebesar 3,783 cm. Sedangkan setelah ditambah dengan perkuatan cerucuk besar penurunan yang terjadi adalah 2,989 cm. Hal tersebut menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan cerucuk, maka dapat meningkatkan daya dukung tanah pada lokasi tersebut.

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, maka saran yang dapat penulis berikan adalah sebagai berikut:

1. Dalam menganalisa diperlukan data yang lengkap dan valid untuk memudahkan dalam menginput data serta dapat menghasilkan output yang lebih akurat.
2. Lakukan analisa perkuatan dengan membuat permodelan menggunakan software geoteknik. Sehingga nantinya dapat diperoleh perbandingan antara perhitungan secara manual dan perhitungan menggunakan software geoteknik.
3. Agar mendapatkan daya dukung tiang dilapangan yang lebih akurat, lakukan pengujian daya dukung dilapangan.
4. Lakukan analisa dari pengaruh distribusi beban yang bekerja terhadap bangunan disekitarnya.

REFERENSI

- Ashari, Fahmi Nur, 2019. Studi pemampatan tanah lunak yang dianalisis dengan metode numerik. *Jurnal*. Vol 19 No 2.
- Azami, Fikri Irfanil.2017. Kajian Efisiensi Kelompok Tiang Dengan Konfigurasi 3x3. *Jurnal*. Vol 4 No 4. Universitas Tanjungpura
- Bowles, Joseph E. 1999. *Sifat-Sifat Fisis dan Geoteknis Tanah (Mekanika Tanah)*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa geoteknis) Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 1998. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa geoteknis) Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Das, Braja M. 2011. *Principal Foundation Engineering (Seventh Edition)*. Stamford : Cengage Learning.

- Gunawan, Rudi.1983. *Pengantar Teknik Fondasi*. Yogyakarta: Kanisius (Anggota IKAPI).
- Hardiyatmo, H.C. 1992. *Mekanika Tanah Jilid 1*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Hardiyatmo, H.C. 2003. *Mekanika Tanah Jilid 2*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Kurniawan, Ade Iwan, et al. Perbaikan Subgrade Ruas Jalan Pontianak-tayan yang Diperkuat dengan Menggunakan Geotextile dan Cerucuk. *Jurnal*.Vol 2 No 2. Teknik Sipil Universitas Tanjungpura
- Siahaan, L. P. (2017). Alternatif Perbaikan Tanah Dasar dan Perkuatan Timbunan Pada Jalan Tol Palembang–Indralaya (STA 8+750 s/d STA 10+ 750) (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Wicaksono, G. (2015). Sistem perbaikan tanah pada jalan lingkaran luar timur Surabaya pada STA 11+ 850 sampai dengan STA 13+ 850. STA, 13, Skripsi. Teknik Sipil. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.