

PERKUATAN DENGAN CERUCUK GALAM DI ATAS TANAH LUNAK

Zainal Abidin Gaffar¹

Abstract – Cerucuk galam is the answer for soil with soft clay condition which always soaked under water as effort of soil reinforcement. The use of cerucuk galam is very suitable with condition of alluvial soil that is widely spread in Kalimantan, especially in South Kalimantan. There are many galam material in Kalimantan and its prices relatively cheap. The use of many workers as galam wood seeker, distributor and driving pile cerucuk galam will reduce number of unemployment.

This paper are based on observation and experience in the use of cerucuk galam to build up stockpile for PT. Tanjung Alam in Sungai Puting. There has not been theories yet that support the use of cerucuk galam as soil reinforcement. On this paper, the analysis is done with the use of theories approximation from Pusat Litbang Jalan, Badan Litbang P. U. based on experience in many soft clay soil location in Indonesia. The embankment on soft clay soil as coal truck traffic and as coal stockpile is not cause soil fall and the cost for build it is relatively low. Soil reinforcement with combination of cerucuk galam will bring good result on stabilization, safety and economic for build constructions on soft clay soil

Keywords – cerucuk galam, soil reinforcement, soft clay

PENDAHULUAN

Tanah liat lunak banyak dijumpai di daerah dataran rendah, dimuara sungai besar sebagai endapan alluvial, dirawa dan sekitar pantai. Tanah alluvial merupakan sedimentasi partikel tanah yang terbawa arus sungai menjadi endapan bahkan menjadi delta seperti di Banjarmasin. Seperti kita ketahui kedalaman lapisan tanah kerasnya cukup dalam, di beberapa kota di Kalimantan, misalnya kedalaman lapisan tanah keras dikota :

Banjarmasin 25 - 40 m

Pontianak 25 - 30 m

Samarinda dan Palangkaraya belum terdata dengan baik.

Tujuan dari usaha perbaikan tanah secara objektif ialah untuk memperbaiki daya dukung tanah dan peningkatan ketahanan tanah terhadap beban.

Banyak cara telah dikembangkan orang dalam usaha stabilisasi lapisan tanah namun prinsip dasar perbaikan tanah adalah dengan memilih cara yang paling efektif dari segi pelaksanaan dan dengan biaya yang relatif murah.

Cerucuk galam merupakan jawaban atas kondisi tanah lunak yang selalu terendam air sebagai usaha perkuatan tanah lunak. Banyaknya rawa didaerah Kalimantan Selatan, merupakan media yang subur untuk tumbuh tanaman kayu Galam. Ketersedian bahan yang cukup berlimpah untuk perkuatan tanah liat

¹ *Staff pengajar Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik UNLAM Banjarmasin*

lunak dan banyak tenaga kerja yang bisa terserap serta harga yang relatif murah. Sangat potensial untuk dimanfaatkan di Kalimantan pada umumnya dan Kalimantan Selatan pada khususnya.

Cerucuk Galam digunakan sebagai perkuatan tanah lunak antara lain:

Bangunan ≤ 3 lantai

Jalan : badan jalan, box culvet, dinding penahan tanah (pasangan batu kali), Penumpukan batubara (stockpile)

Permasalahan pada penelitian ini adalah mengetahui bagaimana pembuatan konstruksi di atas tanah lunak dengan menggunakan cerucuk galam sebagai perkuatan tanah.

Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan hasil rancangan perkuatan dengan cerucuk galam dan knopel yang stabil, aman dan ekonomis untuk pembuatan jalan raya di atas tanah lunak.

KAJIAN TEORITIS

KAPASITAS DAYA DUKUNG TIANG PANCANG

1. Static Analysis

Berdasarkan rumus empiris

Laboratorium : US undisturbed sample

Lapangan : Sondir, didapat nilai konus (q_c) dan geser (f_s). Bor mesin, didapat nilai N_{SPT}

2. Dynamic Analysis

Berdasarkan jumlah pukulan pada fundasi tiang pancang.

3. Loading Test

Uji pembebanan tiang

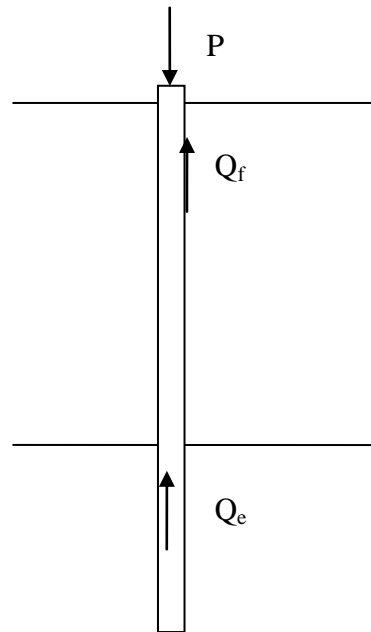
$$P \leq Q_{tot}$$

$$Q_{tot} = Q_e + Q_f$$

Tomlinson

$$Q_e = A_p (c N_c + q N_q)$$

$$Q_f = \sum \alpha_i c_{ui} p d L + \sum K q_i \tan \delta P d l$$



Keterangan:

A_p	=	luas penampang tiang
c	=	kohesi
q	=	γh
N_c, N_q	=	faktor daya dukung
α	=	faktor adhesi
K	=	koefisien tekanan tanah lateral
δ	=	sudut geser efektif antara tanah dengan material tiang

Kelompok tiang berdasarkan Teori yang ada:

$3d \leq s \leq 6d$	untuk semua jenis tiang
$2d \leq s$	untuk tanah dengan kekuatan geser relatif kecil, tanah pasir lepas (loose sand). Atau tanah liat lunak (soft clay)
$3d$	

Kelompok tiang berdasarkan Bina Marga:

	$2,5 d < s \leq 3 d$
friction pile	$3d$
end bearing	$2,5 d$
s minimum	$= 0,6 m$ maksimum $= 2,0 m$

$$Q_{ult} = Q_{tot} \cdot n \cdot E_g$$

dimana

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90.m.n}$$

Keterangan:

- θ = arc tan d/s
 n = jumlah baris
 m = jumlah kolom
 d = diameter tiang
 s = jarak antara tiang

SONDIR

Alat ini telah lama populer di Indonesia dan telah digunakan hampir pada setiap penyelidikan tanah pada pekerjaan teknik Sipil karena relatif mudah pemakaiannya, cepat dan ekonomis. Pada uji sondir, alat ini ditekkan kedalam tanah dan kemudian perlawanan tanah terhadap ujung sondir disebut tahanan ujung q_c dan gesekan pada selimut silinder disebut gesekan selimut f_s .

Pada perhitungan kapasitas daya dukung tiang dengan alat sondir, langkah yang diambil, adalah dengan menentukan :

1. data sondir yang mewakili
2. kedalaman tiang pancang

MAYERHOFF

$$Q_{ult} = \frac{q_c \cdot A}{SF_1} + \frac{JHP \cdot O}{SF_2}$$

- Q_{ult} = daya dukung batas fondasi tiang (kg)
 q_c = nilai konus (kg/cm^2)
 JHP = jumlah hambatan pelekat (kg/cm)
 A = luas penampang tiang cm^2
 O = keliling tiang cm

SF_1, SF_2 angka keamanan untuk Indonesia dengan nilai 3 dan 5

Schertman : $q_c = q_{c1} + q_{c2} / 2$

Tahanan ujung yang diambil pada perhitungan dibatasi maksimum,

$q_c \leq 150 \text{ kg/cm}^2$ tanah berpasir

$q_c \leq 100 \text{ kg/cm}^2$ tanah pasir kelanauan

Lapisan Tanah Keras

Yang disebut dengan lapisan tanah keras adalah lapisan dimana fundasi diletakkan atau kedalaman fundasi yang dipakai. Lapisan tanah keras untuk uji sondir

$q_c > 150 \text{ kg/cm}^2$.

Sedangkan dari bor mesin dengan uji Standard Penetration Test $N_{SPT} > 50$. Perhitungan dengan tiang cerucuk, karena tidak sampai lapisan tanah keras, nilai konus dianggap mendekati 0 atau tidak diperhitungkan sama sekali ($q_c = 0$).

BOR MESIN N_{SPT}

Pada perhitungan dengan N_{SPT} dari bor mesin, umumnya untuk tanah berbutir kasar yang banyak terdapat didaerah sub tropis.

Mayerhoff untuk Bor Mesin

$$Q_{ult} = 40 N_b A_b + 0,2 N A_s$$

Keterangan:

Q_{ult} = daya dukung batas fondasi tiang ton

N_b = N_{SPT} pada elevasi dasar tiang

A_b = luas penampang tiang (m^2)

N = harga N_{SPT} rata – rata

A_s = luas selimut tiang (m^2)

Small Displacement Pile

Perpindahan kecil akibat pemancangan tiang seperti tiang baja H, tiang terbuka maka daya dukung selimut hanya diambil separoh dari formula diatas.

$$Q_{ult} = 40 N_b A_b + 0,1 N A_s$$

Harga batas

$N_b \leq 40$

$0,2 N \leq 10 \text{ t/m}^2$

Kapasitas Daya Dukung Tiang Cerucuk Dari Data Sondir

Karena pada perhitungan kapasitas daya dukung cerucuk nilai tahanan

konus dianggap nol, maka rumus dari Mayerhoff menjadi:

$$Q_{ult} = \frac{JHP.O}{SF_2}$$

Jarak antara tiang cerucuk diambil 0,50 m. Jadi perhitungan berdasarkan tiang tunggal bukan tiang kelompok. Alasan tersebut berdasarkan pengalaman yaitu: tiang tidak lurus dan seragam, merupakan produksi alam pangkal dan ujung berbeda, kelurusan batang galam jadi perhatian. Pemancangan tiang cerucuk tidak dijamin tegak lurus yang mengakibatkan Efisiensi menjadi kecil atau mendekati 0,5 berarti lebih baik dipakai tiang tunggal.

KAYU GALAM

Penempatan kayu galam selalu dibawah muka air tanah yaitu kayu galam harus selalu terendam air atau paling tidak pada musim kemarau masih lembab agar tidak lapuk oleh basah – kering.

Elastisitas :

$$E = 97,3 G + 13,1$$

Tegangan lentur :

$$\sigma_{lt} = 173,3 G + 124,8$$

Berat jenis kayu :

$$G = 0,4 - 0,6$$

Perhitungan Cerucuk Untuk Timbunan

Beban Timbunan

$$P = \gamma_t (H + 0,8)$$

Keterangan:

P = beban timbunan + beban lalu lintas

γ_t = berat/volume tanah timbunan

0,8 = H_{ek} = beban lalu lintas ekuivalen

H = tinggi timbunan

Tinggi Timbunan Kritis

$$H_k = \frac{5,14.c_u}{\gamma.t}$$

$H + 0,8 < H_k$ tidak perlu cerucuk
 $SF < 1$ cari metoda perkuatan lainnya

$1 < SF < 1,5$ perhitungan diulang jarak cerucuk diperkecil

Waktu Penurunan

$$t = \frac{h^2.T}{c_v}$$

Keterangan:

t = waktu penurunan

h = jarak terjauh dari jalan air keluar

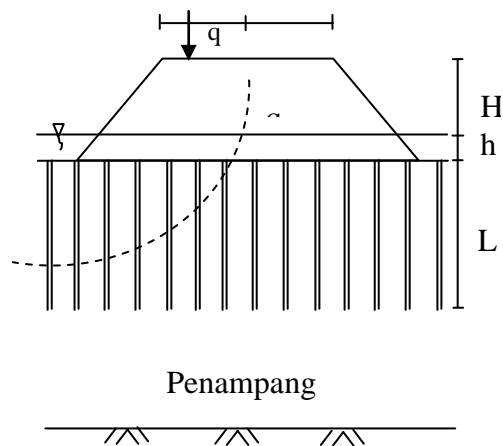
$c_v = 10^{-4}$ m/det²

T = faktor waktu

ANALISIS

Perkuatan tanah dengan cerucuk galam dan knopel pada stockpile PT. Tanjung Alam di Sungai Puting merupakan timbunan di atas tanah lunak. Pada stockpile terdapat aktifitas pengangkutan, pengolahan dan penumpukan batubara. Dibawah ini adalah contoh perhitungan perencanaan jalan khusus batubara milik PT. Tanjung Alam di Satui dengan perkuatan cerucuk galam dan knopel.

Penampang melintang jalan dapat dilihat pada gambar berikut :



dimana :

- q_1 = Beban lalu-lintas (Truk Batubara)
 q_2 = Beban timbunan badan jalan
 H = Tinggi timbunan
 L galam = panjang galam
 l = Lebar jalan + bahu jalan untuk jalan Klas I = 5 m
 h = kedalam cerucuk galam dari muka air tanah = 1 m

Data Tanah Timbunan

Data tanah timbunan berupa tanah lempung berplastisitas sedang yang diambil di Banjarbaru Km 36. data ini diambil dari hasil penelitian mahasiswa Fakultas Teknik UNLAM.

Data tanah timbunan :

- Kohesi $c = 0,06 \text{ kg/cm}$
 Sudut geser dalam $\phi = 31,5^0$
 Berat volume tanah $\gamma_t = 1,67 \text{ gr/cm}^3$
 Indek Plastis IP = 4,11 %

Rencana Timbunan

Timbunan badan jalan dibuat diatas tanah dasar yang lunak dimana lapisan tanah keras baru ditemukan setelah mencapai kedalaman 17,00 m dengan nilai perlawanan konos $\geq 150 \text{ kg/cm}^2$.

Tinggi Timbunan

Tinggi timbunan (H) direncanakan sebesar 0,40 m dengan pertimbangan tinggi air pasang atau tinggi air banjir dan tinggi air surut. Tinggi timbunan kritis dihitung dengan rumus :

$$H_k = \frac{5,14 \cdot c_u'}{\gamma \cdot t}$$

$$\begin{aligned}
 c_u' &= k_{rc} \cdot c_u \\
 &= 0,70 \cdot (0,5 \cdot 0,040 \text{ kg/cm}^2) \\
 &= 0,0140 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_k &= \frac{5,14 \times 0,014 \text{ kg/cm}^2}{1,67 \cdot 10^{-3} \text{ kg/cm}^2} \\
 &= 43,09 \text{ cm} \\
 &= 0,43 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Jadi tinggi timbunan kritis adalah 0,43 m

$$\begin{aligned}
 H + 0,8 &\geq H_k \\
 0,4 + 0,8 \text{ m} &\geq 0,43 \text{ m} \\
 1,2 \text{ m} &\geq 0,43 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Karena $H \geq H_k$ dengan bertambahnya tinggi timbunan maka kemungkinan akan terjadi keruntuhan pada tanah dasar. Dalam pembuatan timbunan hal yang penting adalah kemantapan lereng timbunan terhadap bahaya kelongsoran. Untuk mengatasi hal itu, alternatif yang dipakai adalah dengan memakai cerucuk galam sebagai perkuatan.

Pembebanan

Cerucuk galam harus kuat memikul tinggi timbunan 1,50 m dan beban lalu lintas yang besarnya ekuivalen dengan timbunan setinggi $H_{ek} = 0,8 \text{ m}$.

Beban yang dipikul oleh cerucuk per meter persegi :

$$\begin{aligned}
 P_{vu} &= \gamma_t \times (H + 0,8) \\
 &= 1670 \text{ kg/m}^3 \times (1,5 + 0,8) \\
 &= 3841 \text{ kg/m}^2 \\
 P_{vu} &= 3,84 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

No	Depth	.4	.5	.6	.7	.10	.11
JHP	3,5 m	4	0	0	0	2	4
	6,5 m	94	58	78	42	88	06

L	JHP	O	JHP.O	Q_{ult}
3	35	31,4	1,099	0,22 ton/tiang
6	200	31,4	6,280	1,2 ton/tiang

Cerucuk galam

Panjang $L = 6 \text{ m}$

Diameter $\phi = 10 \text{ cm}$

$$Q_{tot} = n \cdot Q_{ult} = 9 \times 1,2 = 0,8 \text{ ton/m}^2$$

$$P_{vu} = 3,84 \text{ t/m}^2$$

$$Q_{tot} > P_{vu}$$

Penurunan Akibat Konsolidasi

$$\begin{aligned} S_{c1} &= \frac{H_L}{1+e_0} C_c \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \\ &= \frac{4}{1+1.766} 0.775 \log \frac{3.02 + 3.84}{3.02} \\ &= 0.41 \text{ m} = 40 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{c2} &= \frac{6}{1+1.766} 0.465 \log \frac{4.53 + 3.84}{4.53} \\ &= 0.27 \text{ m} = 27 \text{ cm.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S_{c \text{ Total}} &= S_{c1} + S_{c2} \\ &= 40 \text{ cm} + 27 \text{ cm} = 67 \text{ cm.} \end{aligned}$$

Waktu Penurunan

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{(H_L/2)^2}{C_v} \cdot T_{90} \\ &= \frac{(4/2)^2}{3.03 \times 10^{-3}} \times 0.848 \\ &= 1119.5 \text{ hari.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} t_2 &= \frac{(6/2)^2}{2.37 \times 10^{-3}} \times 0.848 \\ &= 3220.2 \text{ hari.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_{\text{Total}} &= 1119.5 + 3220.2 = 4339.7 \text{ hari} \\ &= 11.9 \text{ tahun.} \end{aligned}$$

Kemantapan Lereng

Pada umumnya, prosedur analisa stabilitas dapat dibagi dalam dua kelompok besar, yaitu:

Metode friction.

Dalam hal ini, massa tanah yang berada diatas bidang gelincir sebagai suatu kesatuan. Metode ini berguna bila tanah yang membentuk talud dianggap homogen, walaupun hal ini jarang dijumpai pada talud sesungguhnya yang ada dilapangan.

Metode irisan.

Pada metoda ini, tanah yang berada diatas bidang gelincir dibagi menjadi beberapa irisan – irisan parallel tegak. Stabilitas dari tiap – tiap irisan dihitung secara terpisah. Metode ini lebih teliti

karena tanah yang tidak homogen dan tekanan air pori dapat juga kita masukkan dalam perhitungan.

Pada penulisan ini cara yang dipakai untuk menghitung kemantapan lereng adalah dengan metode irisan menggunakan program komputer XSTABLE.

Hasil yang didapat pada program komputer XSTABLE.

- Sebelum adanya perkuatan
SF = 1.379
- Sesudah adanya perkuatan
SF = 2.533
- Sesudah adanya perkuatan
SF = 2.02 (terhadap gaya vertikal)
SF = 2.37 (terhadap gaya lateral)

KESIMPULAN

Berdasarkan data dan hasil analisa yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

Perkuatan tanah dengan cerucuk galam

- Panjang galam (L) : 6 m
- Diameter (ϕ) : 10 cm
- Daya dukung satu tiang (Q) : 1.2 ton
- Jumlah Tiang dalam kelompok (n) : 9 Buah/m²
- Daya dukung kelompok tiang (Q_g) : 10.8 ton/ m²
- Beban yang dipikul cerucuk galam (P_{vu}) : 3.84 ton/ m²

$$\begin{aligned} \text{Syarat : } P_{vu} &< Q_{g} \\ 3.84 \text{ ton/ m}^2 &< 10.8 \text{ ton/ m}^2 \end{aligned}$$

- Kestabilan lereng timbunan
SF = 1.379
- Sesudah adanya perkuatan
SF = 2.533
- Sesudah adanya perkuatan
SF = 2.02 (terhadap gaya vertikal)
SF = 2.37 (terhadap gaya lateral)

SARAN

Untuk jalan masuk menuju ke Pelabuhan Khusus Batu bara di Satui, penulis menyarankan:

- Pada saat datang /masuk dengan beban yang berat(truk dengan muatan penuh), perkuatan tanahnya dapat menggunakan cerucuk dengan knopel.
- Pada saat pulang / keluar dengan tidak ada beban (truk dalam keadaan kosong), perkuatan tanahnya cukup dengan cerucuk saja.

Fluktuasi air 0,50 m dan areal daerah aliran sungai cukup luas maka, dibuat sarana untuk lewat air yaitu jembatan atau box culvet. Jangan sampai jalan tersebut menjadi tanggul air jika hujan.

Untuk mengatasi penurunan yang cukup besar pembuatan jalan dilakukan preloading bertahap. Setelah penentuan trase jalan, pembersihan lahan dari akar tumbuhan dan pemasangan cerucuk,atau cerucuk dengan knopel. Pemadatan dilakukan lapis demi lapis setebal 20 cm padat. Setiap 3 atau 4 lapis dihampar pasir atau sirtu sebagai penguat dan drainase yang baik sampai elevasi yang ditentukan. Setelah beberapa bulan atau 3 bulan lakukan pengamatan, pemadatan dilakukan lagi lapis demi lapis sampai elevasi yang ditentukan. Jika penurunan kurang dari 5 cm maka preloading bertahap dianggap selesai, baru dilakukan struktur perkerasan pada lapis timbunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Citra A., Novie H., 2004, *Perkuatan Jalan Khusus Batubara dengan Cerucuk Galam Di Satui, Kabupaten Tanah Bumbu*, Skripsi F.T. Sipil UNLAM Banjarbaru.
- Kelompok C Pendidikan Pasca Sarjana Jalan Raya, DPU – ITB, 1984 – 1985, *Pembangunan dan peningkatan jalan Surabaya – Malang, Peningkatan jalan Ngimbang – Jombang – Kandangan, Pembangunan dan Peningkatan jalan Jakarta – Cikampek*, Laporan Pengenalan Kerja Lapangan
- Pradoto S.,1995, *Selintas Tentang Tanah Liat Lunak dan Hubungannya dengan Fundasi yang Sesuai*, 3 – 13 September 1995 UNLAM – HEDS/JIKA - ITB
- Suryolelono K. B., 1997, *Soil Stabilisation and Reinforcement Compaction Accelersted Consolidation Soil Improvement and Reinforced Earth*,10 – 20 Agustus 1997 UNLAM – HEDS/JIKA – ITB – UGM
- Syarifuddin N., 2003, *Perbaikan Tanah*, ITB
- Soemartono M., *Pedoman penggunaan cerucuk di bawah timbunan pada tanah lunak*, Pusat Litbang Jalan, Badan Litbang P. U. Bandung.