



Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)

Alamat Prosiding: snip.eng.unila.ac.id



Metode Cerucuk Matras Beton Sebagai Perkuatan Daya Dukung Tanah di Area Transisi Antara Area Timbunan di Area Tanah Lunak Dengan Struktur

A. Permana^{a*}, D. Despa^b, T. Septiana^c

^a Penulis, PT Waskita Karya (Persero) Tbk, Jl MT Haryono No. 10 RT 11 RW 11 Cawang, Kecamatan Jatinegara, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13340

^{b,c} Pembimbing, Program Profesi Insinyur Fakultas Teknik Unila, Universitas Lampung, Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145

INFORMASI ARTIKEL

ABSTRAK

Riwayat artikel:

Diterima: 6/Maret/2023

Kata kunci:

Cermaton

Cerucuk Matras Beton

Stabilitas Tanah

Settlement

Sistem perbaikan tanah yang diusulkan pada area transisi (area antara timbunan dan area jembatan) Pada proyek Jalan Tol KAPB salah satunya adalah menggunakan sistem *column supported embankment* dengan kolom berupa tiang pancang mini (*Square Pile*) dimensi *square* 30 cm x 30 cm dan *Load Transfer Platform* berupa matras beton ukuran 120 cm x 120 cm yang memiliki variasi ketebalan 12 cm dan 15 cm. Panjang tiang efektif ditentukan untuk memenuhi kriteria desain tiang. Kajian penurunan dan stabilitas lereng dilakukan untuk lereng timbunan pada potongan arah melintang dan memanjang dengan skema waktu diakhir masa konstruksi, dan direntang waktu 1 tahun, 10 tahun dan 20 tahun setelah masa konstruksi. Hasil kajian menunjukkan dari segi penurunan dan stabilitas lereng, perencanaan perbaikan tanah menggunakan metode *column supported embankment* dapat memenuhi kriteria yang ditentukan. Berdasarkan hasil analisis penurunan untuk masing – masing area kajian telah memenuhi kriteria desain dimana desain penurunan tanah dasar akibat timbunan tidak boleh melebihi 40 mm pada 1 tahun setelah konstruksi dengan nilai settlement maksimal sebesar 28 mm pada 1 tahun dan tidak melebihi 100 mm dalam waktu 10 tahun setelah konstruksi dengan nilai settlement maksimal sebesar 31 mm pada 10 tahun setelah masa konstruksi.

1. Pendahuluan

Masalah geoteknik dalam perancangan dan pembabunan oprit umumnya terkait dengan *settlement* di tanah dasar dan Stabilitas lereng timbunan. Pada Area Oprit yang dibangun diatas timbunan yang bertanah dasar lunak atau kompersibel, sering sekali menyebabkan ketidakstabilan pada tanah dasar (Ariyanto, 2018). Oleh karena itu perlu dilakukan kajian yang memadai sehingga memenuhi kriteria desain dengan mempertimbangkan batasan kritis lainnya. Kondisi Struktur lapisan tanah di lokasi Kayu Agung s.d Palembang yang mempunyai ketebalan 4 m s.d 33 m. Dengan timbunan yang ditempatkan di atas tanah lunak, maka perlu dilakukan upaya perbaikan kondisi tanah dasar dengan metode yang tepat untuk meningkatkan stabilitas selama konstruksi dan untuk meminimalkan settlement selama operasional.

Dalam pelaksanaan proyek Tol KAPB (Ruas Tol Kayu Agung – Palembang), dibeberapa titik lintasan jalan tol diharuskan melalui sungai maupun area rawa sehingga memerlukan konstruksi jembatan atau struktur melintang jalan. Untuk meningkatkan kenyamanan berkendara, maka area transisi jembatan dan jalan tol perlu direncanakan dengan cermat sehingga perbedaan penurunan antara area jembatan dan

area transisi yang terjadi dapat memenuhi standar perencanaan yang ditentukan. Hal tersebut yang mendasari diperlukannya proses perbaikan tanah dasar dan pematangan timbunan sebelum konstruksi jalan dapat dilakukan di atasnya.

Tol KAPB dari STA 0+000 s.d 111+690 ini secara keseluruhan dibangun di Provinsi Sumatera Selatan yang berada di Kecamatan Kayu Agung hingga Betung di Banyuasin. Sedangkan Lokasi kajian pada laporan ini berada di ruas jalan Tol KAPB Paket 1 Seksi 1A STA 0+000 – 9+000 yang merupakan salah satu ruas Tol KAPB dengan kondisi eksisting jalan tol berupa rawa dengan kondisi tanah lunak seperti diperlihatkan pada gambar 1.

Gambar 1. Kondisi Eksisting Jalan Tol KAPB

Kriteria desain yang disampaikan mengikuti standar perencanaan yang ada. Untuk mencapai desain yang diharapkan terdapat beberapa kriteria desain minimum yang harus dipenuhi pada saat konstruksi. Kriteria desain disyaratkan Badan Standar Nasional (2017) SNI 8460:2017 Persyaratan perancangan geoteknik terdiri dari:



a. Kriteria Desain Timbunan

- Tanah timbunan yang dipadatkan harus memiliki kriteria nilai kuat geser minimum undrained (s_u) sebesar 50 kPa berdasarkan hasil uji UCT dan nilai kuat geser efektif minimum $c' = 10$ kPa dan $\phi' = 200$.
- Material yang digunakan sebagai bahan timbunan bukan material yang bersifat ekspansif.

b. Kriteria Desain Pematangan Tanah Dasar

- Penurunan tanah dasar akibat beban timbunan tidak boleh melebihi 40 mm pada 1 tahun setelah konstruksi dan tidak melebihi 100 mm dalam waktu 10 tahun setelah konstruksi.
- Distorsi dalam arah memanjang jalan tidak melebihi $L/300$.
- Faktor keamanan minimum pada saat penimbunan dilakukan adalah 1.35 dan faktor keamanan minimum pada kondisi operasional adalah 1.50.
- Deformasi aksial dan lateral yang terjadi sebagai dampak dari proses penimbunan tidak boleh mengakibatkan material struktur yang berada di sekitar area pematangan lahan mengalami kerusakan.

c. Kriteria Desain Tiang

- Sistem pondasi yang digunakan harus dapat memikul keseluruhan beban timbunan.
- Sistem pondasi tiang yang digunakan harus direncanakan untuk memikul negatif *skin friction* (jika) yang terjadi akibat pelimpahan sebagian kecil beban timbunan ke tanah dasar.
- Sistem pondasi tiang yang digunakan harus direncanakan untuk memikul geser sehubungan dengan potensi bidang gelincir di tanah dasar.
- Caping replacement ratio yang diijinkan harus melebihi 10%.
- Faktor keamanan minimum untuk perencanaan pondasi yang disyaratkan adalah 1.50.

d. Kriteria Desain Geotekstil

- Sistem geotekstil yang digunakan harus didesain untuk umur rencana 120 tahun.
- Gaya yang bekerja pada lapisan geotekstil harus didesain bekerja pada regangan antara 2 – 5%.
- Kekuatan geotekstil yang diijinkan disesuaikan dengan nilai faktor keamanan berikut :

FS_{ID} = Faktor keamanan terhadap *instalation damage*
(FK = 1.1 - 3.0)

FS_{CR} = Faktor keamanan terhadap *creep*
(FK = 1.0 - 4.0)

FS_{CD} = Faktor keamanan terhadap *chemical degradation* (FK = 1.0 - 2.0)

FS_{BD} = Faktor keamanan terhadap *biological degradation* (FK = 1.0 - 1.3)

2. Metodologi

Dari hasil penyelidikan tanah yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kondisi tanah dasar di area kajian Tol KAPB Seksi 1A merupakan tanah lempung lunak dengan ketebalan yang bervariasi. Dengan kondisi tanah yang berupa tanah lempung (butir halus) yang memiliki permeabilitas rendah dan syarat deformasi yang cukup ketat, maka beberapa metode perbaikan tanah yang dapat digunakan meliputi :

a. Perbaikan tanah dasar.

Perbaikan tanah dasar dapat menggunakan metode preloading konvensional ataupun dengan teknik vacuum yang dikombinasi dengan salir drainase vertikal (PVD).

b. Perkuatan tanah dasar.

Perkuatan tanah dasar dengan metode *column supported embankment*. Dimana sebagian / seluruh beban timbunan ditransfer ke kolom (yang dapat terbuat dari deep soil mixing atau pondasi tiang) melalui bantuan platform transfer beban.

c. Penggunaan material ringan.

Penggunaan material ringan prinsipnya untuk meminimalkan tegangan pada tanah dasar dan untuk mengurangi besaran settlement.

d. Penggunaan sistem pile slab.

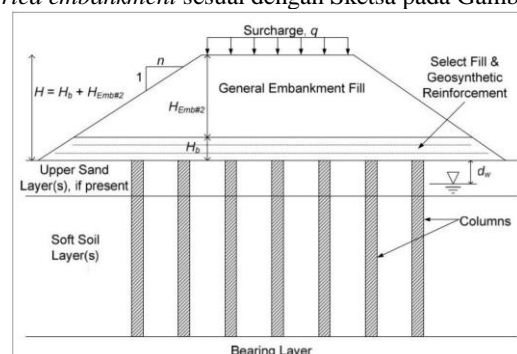
Bila syarat settlement yang ingin dicapai sangat ketat maka dapat digunakan metode pile slab.

Adapun keunggulan dan kelemahan masing-masing metode perbaikan tanah yang diusulkan berdasarkan beberapa literatur dapat dilihat pada Tabel 1 berikut :

Tabel 1. Perbandingan metode perbaikan tanah dasar

Metode	Preloading + PVD	Vacuum Consolidation + Preloading	Column Supported Embankment	Lightweight Material
Issue				
Settlement Awal	Rendah	Rendah	Sangat Rendah	Sangat Rendah
Settlement Konsolidasi	Tinggi	Tinggi	Sangat Rendah	Rendah
Residual Settlement	Tergantung Preloading	Tergantung Preloading	Sangat Rendah	Rendah
Stabilitas	Tergantung pada kenaikan strength akibat konsolidasi	Tinggi akibat vacuum akan berkurang dengan aplikasi preloading	Tinggi	Tinggi
Biaya Operasional	Rendah	Rendah	Rendah	Rendah
Biaya Konstruksi	Sedang	Tinggi	Tinggi	Sangat Tinggi
Kebutuhan ROW	Butuh ROW yang cukup lebar karena ada pressure berm	Butuh ROW untuk timbunan yang tinggi	Tidak memiliki masalah ROW	Butuh ROW untuk timbunan tinggi
Waktu Konstruksi	Lambat	Cepat	Sangat cepat	Sangat cepat
Pengalaman Lokal Untuk Aplikasi Jalan	Sangat Umum	Umum	Umum	Sedikit

Berdasarkan hasil Evaluasi, disepakati bahwa metode yang diusulkan untuk desain timbunan pada area kajian di Proyek Tol KAPB Paket 1 Seksi 1A menggunakan metode *column supported embankment* sesuai dengan Sketsa pada Gambar 2.



Sumber : Sloan, 2011

Gambar 2. Sketsa Pile Support Embankment

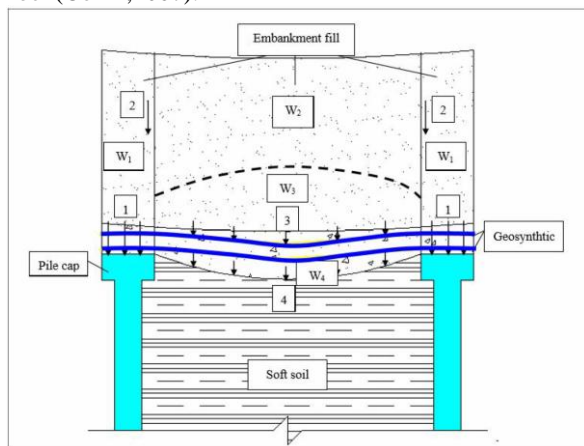
Teknologi *column supported embankment* terdiri dari :

- Komponen kolom vertikal yang dirancang untuk mentransfer sebagian besar beban timbunan ke tanah yang lebih kompeten melewati tanah lunak yang mudah terkompresi. Pada saat ini komponen kolom vertikal dapat berupa cerucuk kayu, deep soil mixing, stone column, pondasi tiang pancang beton ataupun baja yang penggunaannya disesuaikan dengan properties tanah dasar serta besaran beban vertikal yang perlu diakomodasi.
- Platform Transfer Beban untuk mendistribusikan beban timbunan ke komponen kolom vertikal dengan atau tanpa melalui mekanisme arching. Platform transfer beban yang umumnya dipakai dapat bersifat rigid ataupun flexible. Material yang umumnya digunakan sebagai platform transfer beban adalah tanah granular, tanah granular yang diperkuat dengan geotextile, dan pelat beton. (Ariyanto, 2018)

Mekanisme pembebanan pada metode CSE ditentukan oleh kapasitas kolom, kekakuan platform transfer beban dan mekanisme arching yang terjadi di antara tiang. Sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 3, beban timbunan ditransfer sebagai beban timbunan yang langsung bekerja di atas kolom (W1); beban timbunan yang ditransfer ke kolom melalui mekanisme arching (W2); beban timbunan yang diteruskan ke tanah dasar melalui membran geotextile atau geogrid (W3) dan beban ditransfer ke tanah dasar di bawah timbunan diantara tiang (W4).

Dengan adanya mekanisme arching, maka dalam perencanaannya kolom yang digunakan di dasar timbunan harus didesain untuk memenuhi kebutuhan beban yang diakibatkan oleh timbunan dan beban lalu lintas yang akan beroperasi. Mekanisme arching sendiri sangat ditentukan oleh jarak pemasangan tiang dan tinggi timbunan yang akan dikonstruksi. Ketentuan jarak pemasangan tiang dan tinggi timbunan minimum yang harus dikonstruksi akan mengacu pada BS8006 1995.

Selain mekanisme arching yang diperlukan, untuk mengoptimalkan beban kerja pada tiang diperlukan juga sebuah platform yang biasa disebut Load Transfer Platform (LTP). LTP dapat berupa material yang bersifat rigid ataupun flexibel (Collin, 2007).



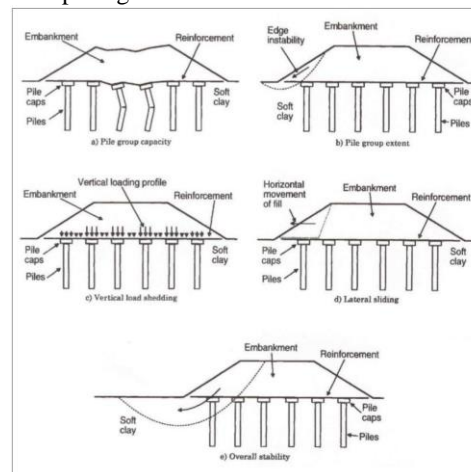
Sumber : Balasubramaniam, 2010

Gambar 3. Mekanisme Transfer Beban

Berdasarkan BS8006 (1995), desain *column supported embankment* harus mempertimbangkan kriteria-kriteria pada kondisi keseimbangan batas dan kondisi servis.

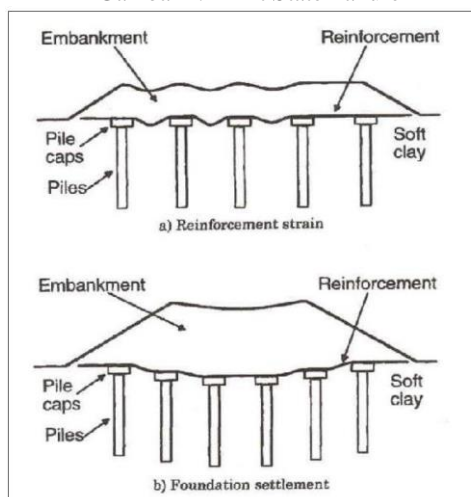
Dalam perencanaan CSE kondisi servis harus ditinjau sehingga tegangan yang terjadi pada LTP berada di bawah batas maksimum untuk mencegah deformasi irregular diatas timbunan.

Beberapa persyaratan untuk kondisi keseimbangan batas diperlihatkan pada gambar 4 di bawah ini.



Sumber : BS8006

Gambar 4. Limit State Failure



Sumber : BS 8006

Gambar 5. Serviceability State

3. Analisa

Dalam proses desain tersebut analisis yang disampaikan akan terkait dengan :

- Daya dukung tiang
- Beban kerja per tiang
- Rasio pile cap
- Tinggi kritis timbunan
- Load transfer platform (LTP)
- Regangan & gaya tarik pada geotekstil

a. Metoda Analisis

Dalam tinjauan ini analisis yang digunakan adalah menggunakan metode elemen hingga (MEH) dengan menggunakan program PLAXIS 8.2. Plaxis adalah program elemen hingga yang secara khusus digunakan untuk menganalisis deformasi dan stabilitas dari pekerjaan geoteknik. Aplikasi-aplikasi pada pekerjaan geoteknik membutuhkan

model yang tepat untuk mensimulasikan perilaku tanah terutama yang bersifat non-linier.

Meskipun model dari tanah itu sendiri adalah hal yang penting, banyak model menggunakan pula interaksi antara struktur-tanah. Plaxis secara umum dapat mengatasi hampir semua aspek dari kondisi geoteknik yang bervariasi. Pemodelan elemen hingga dalam plaxis dapat dibagi menjadi 2 jenis elemen yaitu elemen segitiga dengan 6 node dan 15 node.

Untuk setiap bagian yang akan dianalisis, diperlukan model geometri yang terdiri dari kombinasi titik, garis dan cluster. Sebuah model geometri memasukkan pembagian yang representatif dari tanah ke lapisan-lapisan tanah yang khusus, objek-objek struktural, tahap konstruksi dan pembebanan. Model dibuat untuk dapat mewakili masalah yang dihadapi sehingga batas-batasnya tidak mempengaruhi hasil dari masalah yang akan dianalisis. Setelah membuat model geometri, model elemen hingga secara otomatis dapat dibentuk, berdasarkan komposisi dari cluster dan garis pada model geometri. Dalam pembebanan elemen hingga ada 3 komponen yang dapat dibedakan menjadi elemen, titik nodal, dan titik tegangan (stress point). (ERKA, 2018)

b. Tipe Analisis & Model Material

Dilakukan 2 jenis analisis yaitu analisis tegangan total untuk mewakili kondisi jangka pendek (sesaat setelah selesai konstruksi) dan analisis tegangan efektif (kondisi jangka panjang) dilakukan untuk mengevaluasi stabilitas dan deformasi tanah sesuai dengan kriteria yang dicantumkan dalam BS 8006 - 1995. Analisis tegangan total dilakukan menggunakan parameter tegangan total (s_u, E_u , dan v_u) dengan tipe material drained, sedangkan untuk analisis tegangan efektif dilakukan menggunakan parameter tegangan efektif (c', σ', E' , dan v'). (ERKA, 2018)

c. Tahapan Konstruksi

Tahapan konstruksi yang dimodelkan dalam analisis dilakukan sedemikian rupa sehingga mewakili kondisi aktual meliputi diantaranya waktu konstruksi, dan penyesuaian geometri (jika ada). Output yang utama pada perhitungan elemen hingga adalah peralihan (displacement) pada titik nodal dan tegangan pada titik tegangan. Selain itu tegangan dan momen yang bekerja pada elemen struktur seperti beam, dapat diketahui sehingga dimensi yang efektif dapat ditentukan. (ERKA, 2018)

d. Analisis Stabilitas

Analisis stabilitas lereng yang digunakan dalam PLAXIS menggunakan metode strength reduction dimana besaran parameter tanah yang digunakan direduksi secara bertahap sampai mengalami keruntuhan. (ERKA, 2018)

Metode reduksi kuat geser yang dilakukan, mengikut persamaan berikut :

$$c_f = \frac{c}{SRF}$$

$$\phi_f = \tan^{-1} \left(\frac{\tan \phi}{SRF} \right)$$

Keterangan :

cf : kohesi pada saat failur
 ϕ_f : sudut geser dalam saat failur
 SRF : Strength Reduction Factor

SRF atau Strength Reduction Factor, merupakan suatu besaran di dalam "shear strength reduction method", dimana untuk mendapatkan SRF yang tepat perlu dilakukan iterasi sampai

system mengalami keruntuhan (iterasi menjadi non konvergen). Saat iterasi non konvergen terjadi, tidak ada distribusitegangan yang dapat dicapai untuk memenuhi kriteria Mohr-Coulomb dan kesetimbangan batas. Dengan demikian iterasi ini diikuti dengan meningkatnya deformasi. Aplikasi SRF pada kemantapan lereng akan menunjukkan Faktor Keamanan lereng, seperti yang terlihat pada persamaan berikut :

$$FK = \frac{c + \sigma_n \tan \phi}{\left(\frac{c}{SRF} \right) + \sigma_n \tan \left(\tan^{-1} \left(\frac{\tan \phi}{SRF} \right) \right)}$$

$$FK = \frac{c + \sigma_n \tan \phi}{\left(\frac{c + \sigma_n \tan \phi}{SRF} \right)}$$

$$FK = \frac{c + \sigma_n \tan \phi}{1} \times \frac{SRF}{c + \sigma_n \tan \phi}$$

Sehingga nilai $FK = SRF$

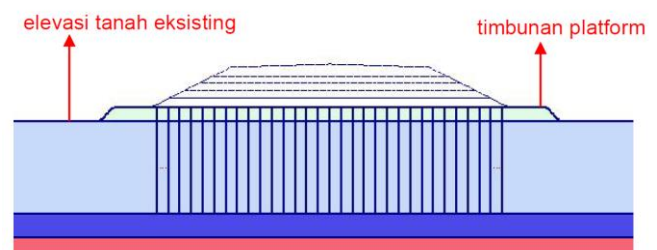
4. Metoda Pelaksanaan

Ilustrasi metode konstruksi dari pelaksanaan perbaikan tanah dengan menggunakan sistem Column Supported Embankment dan perhitungan kebutuhan tiang yang berfungsi sebagai kolom vertikal yang dirancang untuk mentransfer beban pada metode perbaikan ini, dijelaskan berikut ini.

a. Metode Konstruksi Column Supported Embankment

Metode Column Supported Embankment yang digunakan terdiri dari tiang pancang sebagai komponen kolom vertikal dan matras beton sebagai platform transfer beban. Representasi metode konstruksi perbaikan tanah ini dapat dijelaskan melalui sketsa berikut :

- Terdapat variasi elevasi tanah asli pada setiap area kajian seperti ilustrasi pada gambar 6.



Gambar 6. Sketsa elevasi tanah asli

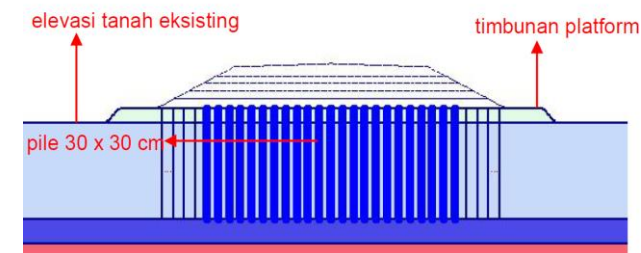
Berdasarkan data dan informasi yang eksiting lapangan, diketahui pada area kajian telah dilakukan pekerjaan penimbunan. Variasi ketebalan timbunan aktual yang telah dikonstruksi di lapangan mulai dari 0.77 m s.d 2.54 m sebagai lantai kerja (platform).

Tabel. 2 Elevasi aktual timbunan dan elevasi rencana matras beton di setiap area

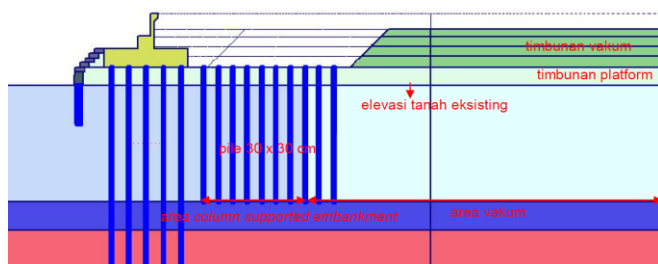
AREA	Elevasi (m)		Tebal Timbunan Aktual di Lapangan (m)
	Perapihan dasar Matras Beton	Aktual Timbunan	
PILE SLAB (ABT 1)	7.1	7.159	2.160
PILE SLAB (ABT 2)	6.4	6.235	2.533

- Lakukan pemancangan tiang mini (production pile)
 Lakukan pemancangan tiang mini (production pile) dimensi square 30 x 30 cm jarak pemasangan c.t.c. 1.5 m dengan panjang efektif sesuai kebutuhan setiap area. Urutan pemancangan dapat dilakukan dari tengah badan jalan yang

paling dekat abutment dengan jarak bersih 1.65 m menuju tepi jalan. Kemudian dilanjutkan ke baris selanjutnya dengan urutan pemancangan yang sama sesuai dengan ilustrasi pada gambar 7 dan gambar 8.



Gambar 7. Sketsa instalasi tiang di timbunan arah melintang



Gambar 8. Sketsa instalasi tiang di timbunan arah memanjang

Adapun kebutuhan panjang tiang pancang diperlihatkan pada Tabel 2 dengan variasi panjang tiang antara 14 m s.d 17 m. Panjang tiang tersebut disesuaikan kondisi setiap area untuk memenuhi persyaratan daya dukung dan penurunan.

Tabel. 3 Elevasi aktual timbunan dan elevasi rencana matras beton di setiap area

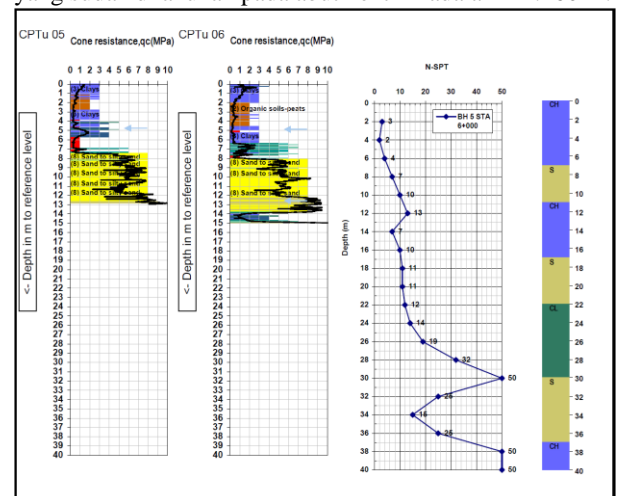
AREA	Panjang Tiang Efektif (m)
PILE SLAB (ABT 1)	17
PILE SLAB (ABT 2)	14

Penentuan panjang tiang di setiap area kajian dilakukan berdasarkan kriteria untuk mencukupi daya dukung ijin di beban kerja serta penurunan jangka panjang.

Adapun perhitungan daya dukung ijin serta penurunan dilakukan berdasarkan parameter geoteknik yang merupakan elaborasi data hasil uji CPTu, data pembooran teknik, data laboratorium, dan korelasi empirik yang terpublikasi. Daya dukung ijin tiang dihitung dari elevasi tanah aktual di lapangan. Khusus untuk segmen tiang yang terletak pada lapisan timbunan, properties tanah timbunan diambil ekuivalen dengan properties tanah nilai NSPT 8. Faktor keamanan yang digunakan dalam perhitungan untuk selimut dan ujung tiang $FK = 2.5$. Berikut adalah hasil perhitungan daya dukung ijin tiang di setiap abutment :

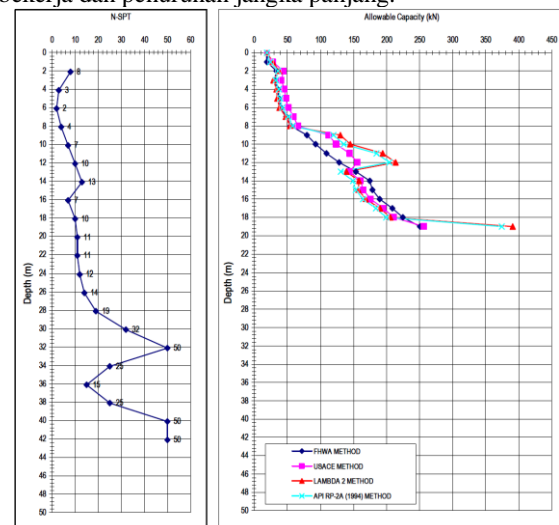
Data tanah yang terdapat pada Abutment 1 area Pile Slab terdiri dari CPTu 05, CPTu 06 dan pembooran terdekat di BH 5 STA 6+000 dengan profil pelapisan tanah seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9. Elevasi pengambilan data antara pembooran dan CPTu dilakukan pada elevasi tanah

yang berbeda dan pada waktu yang berbeda. Berdasarkan data pada tanggal 22 April 2018, timbunan yang sudah dilakukan pada abutment ini adalah ± 2.160 m.



Gambar 9. Data tanah di area Abutment-1 Pile Slab

Daya dukung tiang pondasi dihitung menggunakan data pembooran BH 5 STA 6+000 dan menyesuaikan kondisi tanah eksisting yang sudah terdapat tanah timbunan. Estimasi beban kerja pada tiang berdasarkan beban timbunan dan beban operasional adalah 36 kN. Berdasarkan data pembooran BH 5 STA 6+000 panjang tiang di abutment 1 Pile Slab didesain 17 m untuk mengakomodir beban yang bekerja dan penurunan jangka panjang.



Gambar 10. Profil daya dukung ijin tiang terhadap kedalaman untuk area Abutment-1 Pile Slab

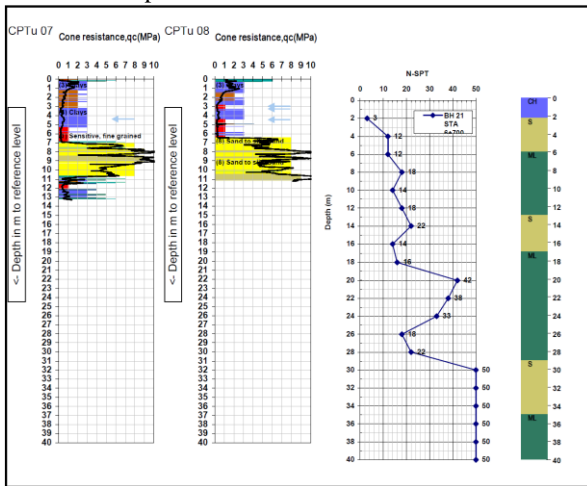
Adapun daya dukung ijin tiang bila panjang efektif tiang didesain 17 m dari elevasi timbunan yang sudah dilakukan di lapangan (elevasi posisi dasar matras beton) adalah sesuai tabel4 berikut :

Tabel. 4 Daya dukung ijin tiang berdasarkan BH 5 STA 6+000

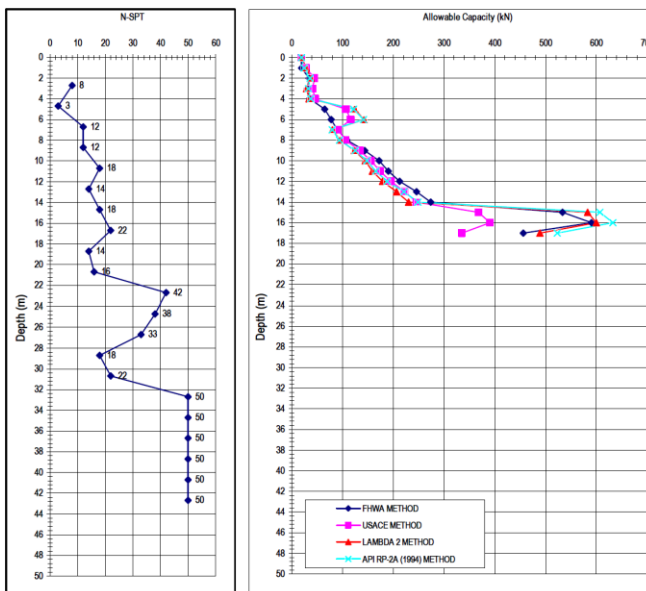
Panjang tiang (m)	Skin Friction (kN)	End Bearing (kN)	Total (kN)
17	175	19	194

Untuk lokasi abutment 2 Pile Slab dengan metoda yang sama berdasarkan data tanah pada gambar 11 dan Analisa pada gambar 12, daya dukung ijin tiang bila panjang efektif

tiang didesain 14 m dari elevasi timbunan yang sudah dilakukan di lapangan (elevasi posisi dasar matras beton) adalah sesuai pada tabel 5.



Gambar 11. Data tanah di area Abutment-2 Pile Slab

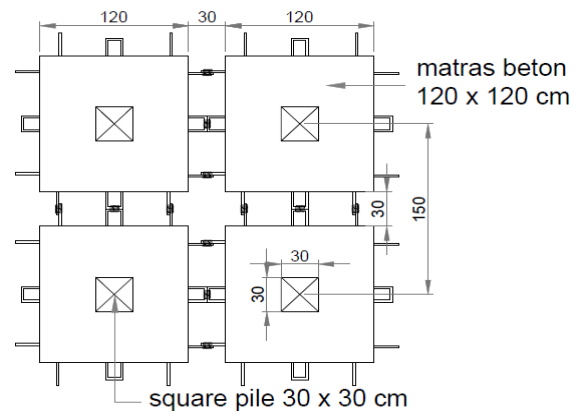


Gambar 12. Profil daya dukung ijin tiang terhadap kedalaman untuk area Abutment-1 Pile Slab

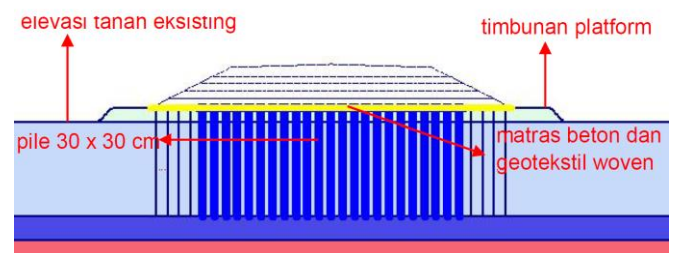
Tabel. 5 Daya dukung ijin tiang berdasarkan BH 5 STA 6+000

Panjang tiang (m)	Skin Friction (kN)	End Bearing (kN)	Total (kN)
14	215	35	250

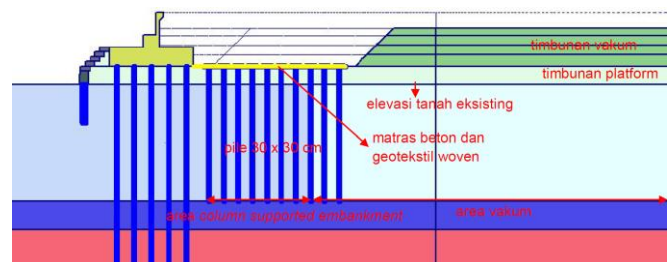
- Instalasi LTP berupa matras beton dan geotekstil Untuk menyalurkan beban timbunan ke tiang (Load Transfer Platform) digunakan matras beton dengan ukuran 1.2 m x 1.2 m serta 2 lapis geotekstil woven kuat tarik ijin 10 ton /m.



Gambar 13. Skema Matras Beton Diatas Tiang Pancang



Gambar 14. Sketsa instalasi matras beton dan geotextile arah melintang



Gambar 15. Sketsa instalasi matras beton dan geotextile arah memanjang

5. Hasil dan Pembahasan

Analisis stabilitas lereng timbunan area kajian juga dilakukan menggunakan bantuan program PLAXIS. Diharapkan hasil analisis yang diperoleh dapat mencapai nilai faktor keamanan stabilitas lereng yang ditentukan dalam kriteria desain. Umumnya nilai faktor keamanan minimum yang ditentukan adalah $FK = 1.35$ pada saat penimbunan dilakukan (Jangka Pendek) dan $FK = 1.50$ pada kondisi operasional (Jangka Panjang).

Dari analisis stabilitas lereng diperoleh nilai faktor keamanan untuk setiap area kajian adalah sesuai tabel 6 berikut :

Tabel 6. Resume hasil analisis stabilitas lereng

AREA	Faktor Keamanan, FK			
	Penimbunan Final	1 Tahun	10 Tahun	20 Tahun
PILE SLAB (ABT 1)	2.12	2.43	2.48	2.49
PILE SLAB (ABT 2)	1.37	1.47	1.55	1.56

Pada area Pile Slab Abutment 2 nilai faktor keamanan lereng pada waktu 1 tahun belum memenuhi kriteria stabilitas lereng, namun bidang gelincir yang terbentuk pada lereng ini terdapat pada tanggul atau jauh dari struktur jalan sehingga nilai faktor keamanan lereng dapat dianggap memenuhi kriteria desain. Bila faktor keamanan stabilitas lereng tersebut dianggap tidak

memenuhi kriteria, maka direkomendasikan untuk melandaikan lereng pada tanggul dengan perbandingan 1V : 3H.

6. Kesimpulan

Metode column supported embankment yang digunakan pada proyek ini berupa tiang pancang square 300 mm x 300 mm sebagai komponen kolom vertikal yang dirancang untuk mentransfer sebagian besar beban yang bekerja ke tanah. Platform yang digunakan untuk mendistribusikan beban kerja menggunakan matras beton dengan tebal 120 mm dan 150 mm. Panjang tiang efektif yang digunakan bervariasi dari 14 m s.d 19 m dengan interval pemasangan c/c 1.5 m untuk setiap area kajian. Panjang tiang ini dihitung dari elevasi dasar matras beton.

Berdasarkan hasil analisis penurunan untuk masing – masing area kajian telah memenuhi kriteria desain dimana desain penurunan tanah dasar akibat timbunan tidak boleh melebihi 40 mm pada 1 tahun setelah konstruksi dan tidak melebihi 100 mm dalam waktu 10 tahun setelah konstruksi.

Stabilitas lereng timbunan setiap area kajian telah memenuhi kriteria desain dimana pada kondisi jangka pendek nilai faktor keamanan yang dicapai sudah lebih dari 1.30 dan pada kondisi jangka panjang nilai faktor keamanan $FK > 1.50$. Hanya pada area Pile Slab ABT 2 terdapat nilai FK yang belum memenuhi kriteria stabilitas lereng. Namun dikarenakan bidang gelincir yang terbentuk terdapat di lereng tanggul yang jauh dari struktur jalan, maka nilai FK tersebut dapat dianggap memenuhi kriteria desain. Hal yang dapat dilakukan bila lereng tanggul harus memenuhi kriteria desain adalah dengan melandaikan lereng kemiringan 1V:3H.

Sebagai pemantauan terhadap performa timbunan yang dikerjakan, sebaiknya dilakukan pemasangan instrumentasi geoteknik berupa inclinometer yang diletakkan di kaki timbunan dan settlement plate di timbunan untuk memantau pergerakan tanah serta piezometer untuk memantau tekanan air tanah.

Ucapan terima kasih

Dengan mengucapkan puji syukur kehadiran Allah SWT Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan Rahmat, Ridho dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan artikel ini dengan baik. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan dan motivasi dalam penyelesaian artikel ini. Semoga artikel ini dapat bermanfaat dan dapat memberikan sumbangan ilmu pengetahuan secara umum.

Daftar pustaka

- Ariyanto, Muhammad Luthfi (2018). *Pengaruh Tebal Load Transfer Platform Pada Tanah Timbunan Diatas Kolom Grout Modular*. Universitas Katolik Parahyangan. Bandung.
- Badan Standarisasi Nasional, (2017). *SNI 8460:2017 Persyaratan perancangan geoteknik*. Badan Standarisasi Nasional. Jakarta
- British Standard BS 8006 (1995). *Code of Practice for Strengthen / reinforced soils and other fills*, BSI, London.
- Collin, J.G., C.H. Watson dan J.Han, (2007). *Column Support Embankment Solves Time Constraint For New Road Construction*. ASCE Geo-Frontiers Conference, Austin Texas

Collin, J.G., C.H. Watson dan J.Han, (2004). *Geosynthetic-Reinforced Column-Support Embankment Design Guidelines*. the North America Geosynthetic Society Conference.

PT. ERKA Konsultan Engineering, (2018). *Laporan Final Perencanaan Geoteknik Seksi 1A*. PT. ERKA. Bandung

Ramakrishna, Aravinda, dkk, (2013). *Embankment Construction Using Column Supported Embankment*. Missouri University of Science and Technology. Missouri.