

# PERENCANAAN KONSTRUKSI ABUTMENT DAN SISTEM PERKUATAN TANAH DASAR PADA OPRIT JEMBATAN JALAN TOL MOJOKERTO-KERTOSONO STA 5+950 S/D 6+350

Ahmad Suyuti Abdul Aziz, Putu Tantri Kumala Sari dan Suwarno  
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)  
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111  
Email: tantrigeoteknik@gmail.com, suwarno.surabaya@gmail.com

**Abstrak** — Oprit Jembatan Jalan Tol Mojokerto-Kertosono yang terletak pada Sta. 5+950 s.d. Sta. 6+350, dibangun di atas tanah lempung. Kondisi seperti ini dapat menyebabkan perkerasan jalan pada jembatan mudah mengalami kerusakan karena daya dukung tanah yang rendah. Selain itu, konstruksi abutment dan timbunan oprit juga beresiko mengalami kelongsoran. Untuk menghindari agar kelongsoran tidak terjadi, maka perlu dilakukan perkuatan pada tanah.

Dalam tugas akhir ini, jenis perkuatan yang akan dipakai adalah geotextile dengan PVD dan cerucuk dengan PVD. Perkuatan dengan geotextile berguna untuk perkuatan pada tanah timbunan. PVD digunakan untuk mempercepat proses penurunan tanah. Perkuatan cerucuk juga direncanakan untuk menahan kelongsoran yang terjadi pada tanah timbunan bersama dengan tanah dasar di bawahnya.

Dari hasil perhitungan, jenis perkuatan yang dipakai adalah Geotextile tipe Stabilenka 100/50 untuk geotextile arah melintang dibutuhkan 35 lapis dan 400/100 untuk geotextile wall arah memanjang dibutuhkan 21 lapis. Jenis Cerucuk yang dipakai adalah jenis micropile dengan ukuran 20x20cm dibutuhkan sebanyak 14 tiang. PVD yang digunakan adalah jenis PVD "NYLEX FLODRAIN" dengan spesifikasi lebar : 100 mm dan dengan ketebalan : 5 mm. Perkuatan pondasi abutment menggunakan tiang pancang dimensi 80 cm sebanyak 28 buah dengan kedalaman 32 m.

**Kata kunci** : oprit jembatan, geotextile, micropile, PVD, abutmen, tiang pancang.

## I. PENDAHULUAN

Salah satu akses transportasi yang semakin dibutuhkan saat ini adalah jalan tol. Hal ini dikarenakan meningkatnya jumlah kendaraan yang sebanding dengan peningkatan jumlah penduduk dan kebutuhan ekonomi. Untuk mengatasi pertumbuhan lalu lintas terutama di propinsi Jawa Timur, pemerintah

mempunyai program yaitu pembangunan Jalan Tol Mojokerto-Kertosono. Jalan tol ini merupakan akses jalan yang termasuk dalam proyek pembangunan jalan tol Trans Jawa yang menghubungkan dua kota besar Surabaya dan Jakarta. Jalan yang dibangun sepanjang  $\pm 40,5$  km ini dibagi menjadi 4 (empat) seksi pembangunan yakni; Seksi I: Mojokerto Utara-Mojokerto Barat, Seksi II: Mojokerto Barat-Jombang, Seksi III: Jombang-Bandar, Seksi IV: Bandar-Kertosono. Pada pembangunan jalan tol Mojokerto-Kertosono seksi II STA 5+000 sampai STA 24+900 ini melewati sungai Brantas dengan lebar 120 m, sehingga perlu adanya pembangunan jembatan untuk melintasi sungai tersebut.

Bentang jembatan yang direncanakan adalah 299 m dengan empat pilar dan empat abutment. Pada pangkal jembatan tersebut perlu direncanakan adanya penimbunan yang dinamakan oprit atau approaching bridge, dengan timbunan tertinggi sebesar 11.5 m. Timbunan yang dikaji dalam tugas akhir ini adalah timbunan Jembatan Sungai Brantas sisi utara yang terletak pada STA 5+950 sampai dengan STA 6+350. Tanah dasar pada oprit jembatan tersebut adalah tanah lempung yang memiliki sifat plastisitas, kembang susut, dan kandungan air yang tinggi, serta daya dukung yang rendah sehingga dapat menyebabkan tanah mengalami penurunan yang besar dalam waktu yang lama.

Melihat kondisi tanah seperti di atas, perlu dilakukan perkuatan tanah yang dapat meningkatkan daya dukung dan mempercepat pemampatan. Karena alasan tersebut maka dalam tugas akhir ini akan direncanakan perkuatan tanah yang bertujuan untuk meningkatkan daya dukung tanah dan menghilangkan pemampatan akibat oprit jembatan. Perkuatan tanah yang akan dipilih adalah dengan menggunakan *geotextile* dengan PVD, dan cerucuk dengan PVD, serta kombinasi antara *geotextile* dan cerucuk. Alasan pemilihan metode *geotextile* adalah untuk menjaga agar daya dukung pada timbunan meningkat dan lebih stabil. Sedangkan PVD yang terbuat dari bahan *syntethics* dapat mengalirkan air dengan baik serta untuk mempercepat proses penurunan tanah, sehingga waktu yang diperlukan lebih singkat. Dan perkuatan cerucuk

dipilih karena untuk menahan kelongsoran yang mungkin terjadi pada tanah timbunan bersama tanah dasar di bawahnya.

Secara umum berdasarkan latar belakang di atas, maka terdapat beberapa masalah yang harus dibahas antara lain:

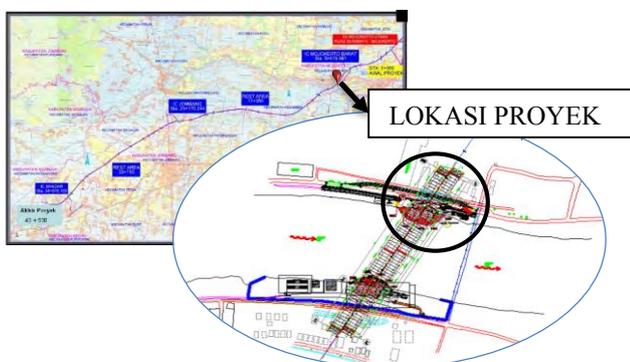
1. Bagaimana merencanakan oprit jembatan dengan konstruksi timbunan tinggi.
2. Bagaimana stabilitas oprit timbunan terhadap kelongsoran.
3. Bagaimana merencanakan konstruksi abutment pada jembatan.
4. Bagaimana merencanakan perkuatan tanah dasar di bawah oprit jembatan dengan sistem cerucuk dan *geotextile* dikombinasikan dengan PVD (*Preabricated Vertical Drain*).

Pada tugas akhir ini, permasalahan dibatasi pada pokok-pokok pembahasan sebagai berikut:

1. Tidak membahas perhitungan struktur bangunan atas jembatan.
2. Perhitungan hanya dilakukan pada oprit Jembatan Jalan Tol Mojokerto-Kertosono seksi II STA 5+950 sampai dengan STA 6+350.
3. Beban kendaraan dihitung sesuai dengan peraturan *Bridge Management System*.
4. Data yang digunakan adalah data sekunder dari Kontraktor Pelaksana PT Adhi Karya.

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah dapat merencanakan dan menentukan ketebalan timbunan serta perbaikan alternatif perbaikan tanah dasar guna mencegah terjadinya penurunan pada permukaan jalan akibat beban konstruksi perkerasan jalan di atasnya, sehingga tanah dasar pada ruas STA 5+950 – STA 6+350 menjadi stabil.

Dalam tugas akhir ini lokasi perencanaan timbunan pada Jembatan Jalan Tol Mojokerto-Kertosono seksi II STA 5+950 sampai dengan STA 6+350.



**Gambar 1.1** Jembatan Jalan Tol Mojokerto-Kertosono

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Umum

Tanah Lunak merupakan tanah yang mengalami pemampatan tidak dapat kembali pada posisi semula sepenuhnya apabila beban dihilangkan karena perubahan pada partikel tanah tersebut bersifat permanen. Pemampatan menyebabkan terjadinya penurunan permukaan tanah yang dikategorikan menjadi :

#### 1. Penurunan Segera (*Immediate Settlement*)

Terjadinya segera sesudah saat bekerjanya tegangan akibat beban yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, dan jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air. Teori elastis dipakai dalam perhitungan *immediate settlement*

#### 2. Penurunan Konsolidasi (*Consolidation Settlement*)

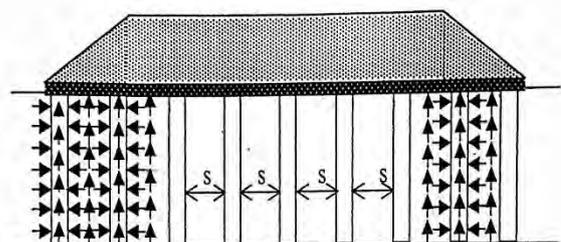
Terjadi tergantung pada waktu yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air akibat dari keluarnya air yang menempati pori-pori tanah. Jangka waktu terjadinya penurunan konsolidasi tergantung pada bagaimana cepatnya tekanan pori yang berlebih akibat beban yang bekerja, dapat dihilangkan.

### B. PVD untuk Mempercepat Pemampatan Tanah

Pada tanah kedap air (*impermeable*) penurunan konsolidasi memakan waktu yang sangat lama, bahkan mungkin bertahun-tahun. Untuk mempercepat terjadinya *settlement* perlu adanya pengurangan panjang jalur aliran air pori. Ini dapat dilakukan dengan memasang *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* di dalam tanah pada jarak tertentu dengan formasi segitiga atau segiempat.

PVD di dalam tanah kedap air akan menjadi tempat tujuan aliran air pori. Air pori yang terserap akan dialirkan ke permukaan tanah dan dibiarkan menguap. Dengan adanya PVD, periode *consolidation settlement* dapat diketahui kurang dari satu tahun.

Saat terjadi konsolidasi, panjang *drainage path* yang semula setinggi  $H$  dengan aliran arah vertikal berubah menjadi  $\frac{1}{2} D$  dengan arah *drainage* horizontal (lihat **gambar 2.1**). Harga  $D$  adalah diameter ekuivalen daerah pengaruh aliran satu vertikal drain. Harga  $D$  kira-kira sama dengan  $S$ .

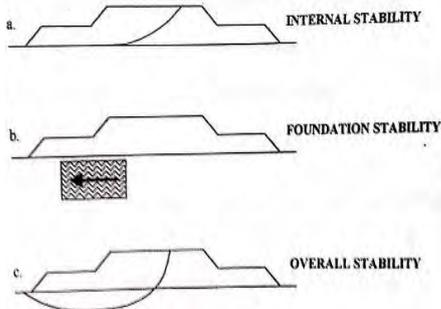


**Gambar 2.1** Konsolidasi tanah lunak dengan vertical drain.

C. Perkuatan Daya Dukung Tanah Dengan Geotextile

Untuk meningkatkan daya dukung tanah di bawah *embankment*, terutama pada awal – awal umur *embankment*, dapat digunakan perkuatan tanah dengan bahan *geosyntheticis*, dalam hal ini dipakai *geotextile*. Terdapat 3 kondisi yang harus ditinjau untuk perkuatan tanah yang menggunakan bahan *geosyntheticis*, yaitu :

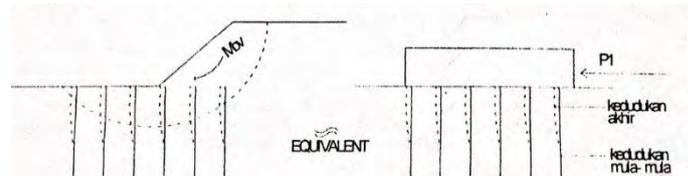
- **Internal Stability**  
Adalah kestabilan *embankment* karena tidak terjadi kelongsoran pada bagian tubuh *embankment* itu sendiri.
- **Foundation Stability**  
Adalah kestabilan *embankment* karena tidak dapat bergesernya massa tanah dasar (asli) dibawah timbunan. Beban timbunan dapat menyebabkan sebagian massa tanah dasar bergeser secara horisontal ke arah kaki timbunan. Jadi tinggi timbunan dan kekuatan *geotextile* harus direncanakan sedemikian rupa sehingga pergeseran tersebut dapat dicegah atau ditiadakan.
- **Overall Stability**  
Adalah kestabilan *embankment* bila ditinjau terhadap keruntuhan menurut bidang gelincir lingkaran (circular) atau blok (wedge-type failure) yang mencakup *embankment* dan tanah dasarnya.



Gambar 2.2 Tiga jenis asumsi timbunan badan jalan.

D. Peningkatan Daya Dukung Tanah Dengan Cerucuk

Untuk meningkatkan daya dukung tanah di bawah Penggunaan cerucuk dimaksudkan untuk meningkatkan tahanan geser tanah. Bila tahanan tanah terhadap geser meningkat, daya dukung tanah juga meningkat. Asumsi yang dipergunakan dalam konstruksi cerucuk dapat dilihat pada **gambar 2.3**. Pada gambar tersebut kelompok tiang (cerucuk) dengan “*rigid cap*” pada permukaan tanah menerima. Gaya horizontal ini merupakan tegangan geser yang terjadi sepanjang bidang gelincir. Konstruksi cerucuk yang dapat dipakai yaitu, cerucuk bambu, cerucuk kayu, cerucuk beton (mikropile) dan lain-lain

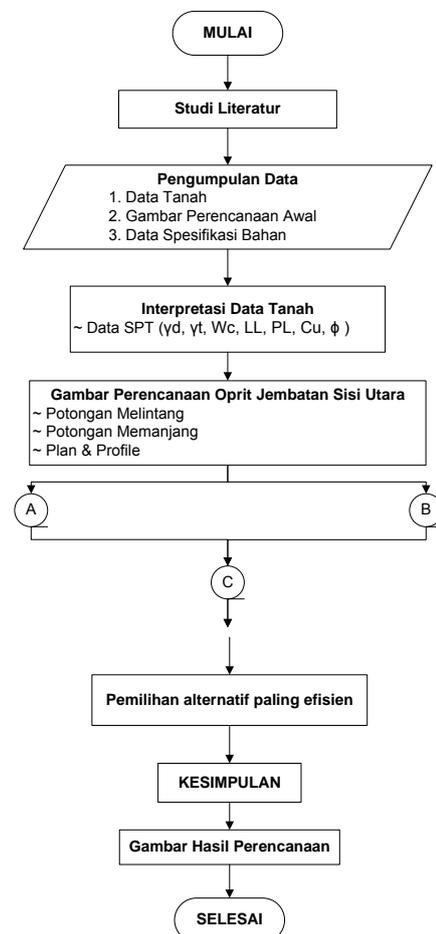


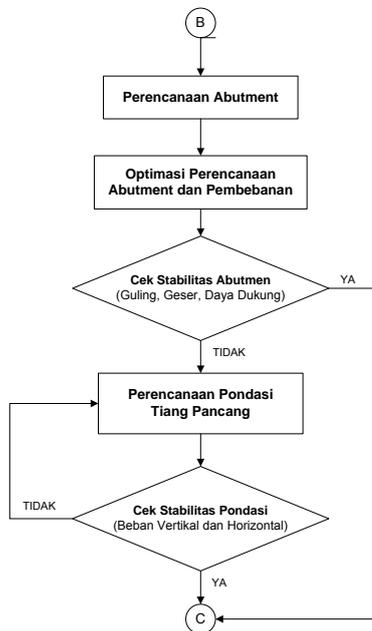
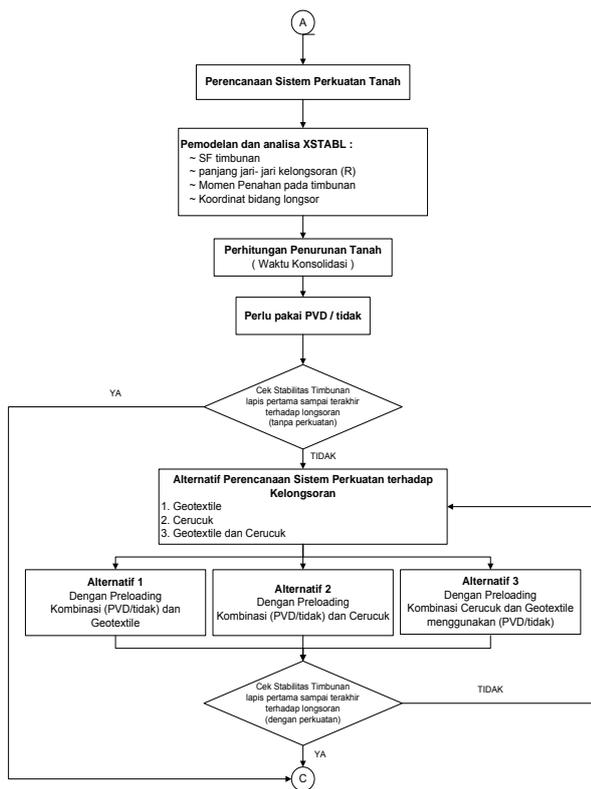
Gambar 2.3 asumsi gaya yang diterima cerucuk (NAVFAC DM-7, 1971)

III. METODOLOGI

A. Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Berikut ini adalah diagram alir dalam penulisan Tugas Akhir Perencanaan Abutmen dan Sistem Perkuatan Tanah Dasar pada Oprit Jembatan Jalan Tol Mojokerto-Kertosono STA 5+950 s/d 6+350.





Gambar 3.1 Bagan alir pengerjaan tugas akhir

A. Studi Literatur

Studi literatur yang dimaksudkan adalah mengumpulkan materi-materi yang akan digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan. Adapun bahan yang nantinya digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan adalah sebagai berikut :

1. Teori Pemampatan/Settlement

2. Teori Waktu Konsolidasi
3. Teori *Preloading*
4. Teori Perencanaan *Vertical Drain*
5. Teori Perencanaan *Geotextil*
6. Teori Perencanaan Cerucuk
7. Teori Stabilitas Timbunan
8. Teori Abutmen dan Pondasi Tiang Pancang

B. Pengumpulan Data

Data-data yang dipakai dalam perencanaan ini adalah data sekunder yang didapat dari instansi terkait atau hal survei dari pihak lain. Data tersebut meliputi :

1. Data Tanah
2. Gambar Perencanaan Awal
3. Data Spesifikasi Bahan

C. Interpretasi Data Tanah

Dalam Interpretasi Data Tanah, kegiatan awal yang dilakukan adalah penentuan parameter tanah dari hasil penyelidikan tanah di lapangan dan laboratorium. Data parameter tanah sudah didapatkan dari laboratorium, sehingga bisa langsung dianalisa dan digunakan untuk perencanaan. Data tersebut selanjutnya digunakan untuk merencanakan timbunan *preloading* dengan tahap sebagai berikut :

- Perhitungan sistem penimbunan bertahap dengan pembebanan awal ( $H_{inisial}$ ,  $H_{final}$ ).
- Perhitungan besar dan waktu penurunan/pemampatan (*Settlement*)
- Perhitungan PVD, jika waktu pemampatan dengan *preloading* dinilai masih terlalu panjang
- Perhitungan peningkatan kohesi *undrained* ( $C_u$ ) akibat *preloading*
- Perhitungan angka keamanan (*safety factor*).

D. Perhitungan Perkuatan Tanah

Perkuatan tanah dalam metodologi ini memilih alternatif dengan menggunakan *Geotextil* dan Cerucuk yang pada akhirnya selalu di cek angka keamanannya.

E. Perencanaan Konstruksi Abutment

Perencanaan abutment pada metodologi ini dihitung sesuai kebutuhan di lapangan, mulai dari dimensi, pembebanan, sampai perhitungan tulangan.

F. Kesimpulan

Pada bab kesimpulan ini dipaparkan beberapa hasil perhitungan alternatif perkuatan tanah dan konstruksi abutmen seperti yang telah direncanakan.

IV. DATA DAN ANALISA DATA

A. Data Tanah Dasar

Tanah yang ditinjau berada di daerah Mojokerto. Data bore log dan analisa data tanah merupakan hasil

tes laboratorium. Data tanah dasar merupakan data sekunder yang didapatkan dari Hasil Laboraturium Mekanika Tanah Teknik Sipil ITS.

**B. Data Tanah Timbunan**

Pada perencanaan pembangunan Jembatan Jalan Tol ini diperlukan timbunan di atas tanah dasar dengan kondisi tanah yang lunak. Data tanah timbunan yang didapat berupa sifat fisik timbunan. Adapun data yang digunakan pada perencanaan ini adalah sebagai berikut :

- Sifat fisik timbunan meliputi
- $\gamma_t = 1,8 \text{ t/m}^3$ ,  $c = 0$  dan  $\Phi = 30^\circ$
- H timbunan = 11.5 meter
- Lebar timbunan = 39 meter
- SF rencana = 1.35

**C. Data PVD**

PVD dipasang sedalam tebal tanah yang memampat yaitu 19 m. dengan pola pemasangan segitiga yang sudah dibandingkan dan lebih efektif dari pola segiempat. Dimensi PVD yang dipakai adalah lebar 100 mm dan tebal 5 mm (lihat desain rencana) :

- Dimensi PVD =  $10 \times 0,5 \text{ cm}^2$
- Pola pemasangan segiempat,  $D = 1,13 \text{ S}$
- Pola pemasangan segitiga,  $D = 1,05 \text{ S}$

**D. Data Minipile**

Data cerucuk / *minipile* yang digunakan dalam perencanaan Tugas Akhir ini ditetapkan dengan menggunakan *minipile* berdasarkan perencanaan. Adapun data spesifikasinya adalah sebagai berikut :

- $b_t = 20 \text{ cm}$
- $h_t = 20 \text{ cm}$
- $f_y' = 400 \text{ Mpa}$
- $f_c' = 30 \text{ Mpa}$
- $\emptyset = 8 \text{ mm}$
- $d' = 40 \text{ mm}$

**E. Data Spesifikasi Geotextile**

Perencanaan perkuatan tanah dasar pada Jembatan Jalan Tol ini dilakukan dengan menggunakan geotextile. Geotextile yang digunakan pada perencanaan ini adalah jenis geotextile polyprene woven, STABILENKA 100/45 dengan kekuatan tarik sebesar  $100 \text{ KN/m}^2$ .

**V. PERENCANAAN PERKUATAN OPRIT TIMBUNAN**

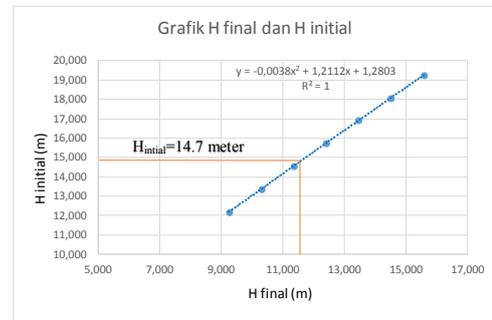
**A. Perhitungan Beban**

Dalam Perencanaan Tugas Akhir ini, beban traffic ( $q_{\text{traffic}}$ ) diasumsikan sebagai beban timbunan . Besarnya beban akibat lalu-lintas ditentukan sebesar, ( $q_{\text{traffic}}$ ) =  $0.5 \text{ t/m}^2$ . Jadi beban total untuk tanah dasar adalah

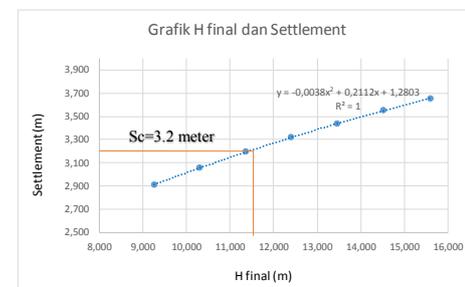
$$\begin{aligned}
 - q_{\text{timbunan}} &= 11.5 \times 1.8 = 20.70 \text{ t/m}^2 \\
 - q_{\text{perkerasan}} &= 0.35 \times 2.5 = 0.87 \text{ t/m}^2 \\
 - q_{\text{traffic}} &= 0.50 \text{ t/m}^2 \\
 q_{\text{total}} &= 22.07 \text{ t/m}^2
 \end{aligned}$$

**B. Perhitungan Tinggi Timbunan Awal ( $H_{\text{initial}}$ )**

Dari perhitungan tinggi timbunan yang dibutuhkan di lapangan, ditentukan elevasi yang diinginkan yaitu sebesar 11.5 m. Untuk itu diperlukan tinggi timbunan di lapangan sebesar 14.7 m. Berdasarkan grafik hubungan  $H_{\text{awal}}$  dan  $H_{\text{akhir}}$ , serta grafik hubungan  $H_{\text{akhir}}$  dan *Settlement*, maka dapat diketahui masing masing timbunan yang dibutuhkan dan diplot pada **Gambar 5.1** dan **5.2** seperti di bawah ini.



**Gambar 5.1** Grafik Hubungan  $H_{\text{final}}$  dengan  $H_{\text{initial}}$



**Gambar 5.2** Grafik Hubungan  $H_{\text{final}}$  dengan *Settlement* ( $S_c$ )

**C. Kecepatan Waktu Konsolidasi**

Maka untuk mencari waktu yang diperlukan tanah untuk mencapai konsolidasi  $U 90\%$  , adalah Jika,  $H_{dr} = 9.5 \text{ m}$ , dan  $C_{v_{gab}} = 0,0030$  maka :

$$\begin{aligned}
 T_v &= 1,781 - 0,933 \log (100 - 90\%) \\
 T_v &= 0,848
 \end{aligned}$$

$$t = \frac{T(H_{dr} g_{ab})^2}{C_{v_{gab}}}$$

$$t = \frac{0,848(950)^2}{0,001367}$$

$$t = 25432.55 \text{ detik}$$

$$1 \text{ minggu} = 604800 \text{ detik}$$

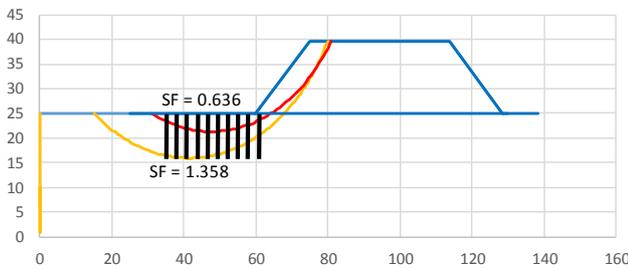
$$t = 420.52 \text{ minggu} = 8.087 \text{ tahun}$$

**D. Perencanaan PVD**

Pemilihan jarak pemasangan PVD dari tabel diatas, didasarkan pada pertimbangan waktu yang dijadwalkan proyek untuk menunggu proses konsolidasi mencapai 90%. Waktu yang dijadwalkan proyek untuk menunggu proses konsolidasi adalah 4 bulan maka dipilih jarak pemasangan PVD 1,5 m dengan waktu tunggu proses konsolidasi 90% selama 10 minggu.

**E. Peningkatan Perkuatan Tanah Dengan Cerucuk**

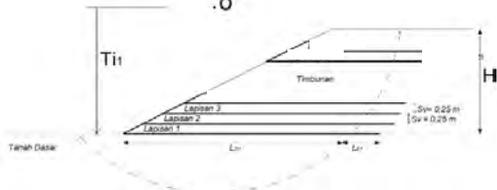
Dalam proyek pembangunan Jembatan Jalan Tol Mojokerto-Kertosono, direncanakan perkuatan yang digunakan pada kondisi eksisting adalah dengan menggunakan mikropile 20x20cm. Jumlah yang di butuhkan untuk perkuatan tanah dengan micropile adalah sebanyak 20 buah untuk satu sisi dengan jarak 0.6 m



**Gambar 5.3** Sketsa Pemasangan mikropile

**F. Perbaikan Tanah Dengan Geotextile**

Didapatkan jumlah lembar *Geotextile* yang terpasang sebanyak 25 lapisan

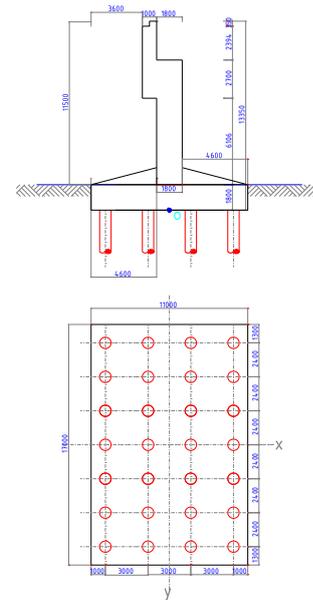


**Gambar 5.4** Sketsa Pemasangan geotextile

Berdasarkan uraian diatas maka dalam perencanaan Tugas akhir ini akan digunakan alternatif perkuatan tanah dasar dengan bahan *Geotextile* STABILENKA 100/45.

**VI. PERHITUNGAN KONSTRUKSI ABUTMEN DAN PONDASI**

Hasil yang didapat dari perencanaan Tuhas Akhir ini juga menghitung konstruksi dari abutmen beserta pondasinya, yaitu tiang pancang. Mulai dari perhitungan beban dari Bangunan Struktur Atas, Struktur Bawah, dan Beban Oprit/ timbunan. Didapatkan dimensi abutmen dan gambar perencanaan dari pondasi tiang pancang yang dapat dilihat seperti gambar di bawah.



**Gambar 5.1** Dimensi Bangunan Bawah Abutmen

**VII. KESIMPULAN**

Hasil yang didapat dari perencanaan Tugas Akhir ini yaitu; tebal rencana akhir timbunan sebesar 11.5 m, Pola pemasangan PVD segitiga dengan jarak PVD 1,5 m. Untuk perkuatan tanah dipakai kombinasi dengan cerucuk digunakan micropile 20x20 sebanyak 20 buah dengan jarak antar tiang 0.6 m serta jumlah kebutuhan geotextile sebanyak 35 lapis. Dengan melihat kebutuhan perkuatan terhadap kelongsoran yang terjadi secara overall, maka dipakai perkuatan kombinasi antara cerucuk dengan geotextile. Untuk pondasi bawah, digunakan struktur abutmen beserta pondasi tiang pancang dimensi 80 cm sebanyak 28 buah dengan kedalaman 32 m.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1]. Bowles, J.E. 1991. Sifat-sifat Fisis dan Geoteknis Tanah. Jakarta : Erlangga.
- [2]. Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid Jakarta: Erlangga.
- [3]. Das, Braja M., (translated by Mochtar N.E, and Mochtar I.B.). 1985. Mekanika Tanah (Prinsip – prinsip Rekayasa Geoteknik) Jilid II. Jakarta: Erlangga.
- [4]. Fauziah, Laela. 2010. Studi Alternatif Desain Geoteknik pada Timbunan Jalan Rel Ruas Sidoarjo – Bangil di STA 38+750 - STA 42+000. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [5]. Hamdi, Wildan. 2011. Perencanaan Perbaikan Tanah Dasar Lunak dengan Pemakaian Cerucuk dan Geotextile untuk Konstruksi Jalan Akses bandara Lombok. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- [6]. Mochtar, Noor Endah 2012. Modul Ajar Metode Perbaikan Tanah. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh Nopember.