

**STUDI ALTERNATIF KONSTRUKSI JALAN MENGGUNAKAN KONSTRUKSI  
TIMBUNAN DENGAN TANAH DASAR DIPERBAIKI MENGGUNAKAN  
KOMBINASI PRELOADING DAN PREFABRICATED VERTICAL DRAIN**  
(Studi Kasus Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya STA 1+050 – STA 1+250)

**Kholifatur Rosidatul Jannah<sup>1</sup>, Arief Alihudien<sup>2</sup>, Suhartinah<sup>3</sup>.**

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember

Jl. Karimata 49, Jember 68121, Indonesia

Email: kholifatur96@gmail.com

***ABSTRACT***

The East Java Provincial Government seeks to build a new road network in the form of the Surabaya West Outer Ring Road (JLLB) which has a length of  $\pm 19.8$  km with a width of 55 meters. It is expected to break down congestion in the center of Surabaya in order to facilitate access of the population and increase economic growth. The soil condition at this location is soft clay soil which reaches a depth of 21 meters, Soft soil itself has properties that are not technically profitable to support a construction work. In general soft soil has a low carrying capacity, Low permeability and high compressibility cause this land to experience a very large decline and require a long time.

One alternative soil improvement to overcome this problem is a combination of preloading methods with prefabricated vertical drain. This method is carried out by overloading the ground with an initial load greater than or equal to the planned building load. This study aims to accelerate the process of land consolidation in order to increase the carrying capacity of the soil so that road construction using heaps can be carried out and analyze the efficiency of the budget plan.

Based on the analysis results to reach the final heap height of 4,949 m, H<sub>initial</sub> is needed for 6.78 m with a total land subsidence of 1.81 m, prior to a very long 100-year consolidation period. So that it is planned to use PVD with a triangular pattern, the distance between PVD of 1 meter with a length of 12 meters which is able to accelerate the time of consolidation of land at U 90% with the final time of compression process 7.5 weeks. Because  $H_{plan} > H_{cr}$  requires hoarding in stages (Stepped Preloading) with an increase in carrying capacity of 9,896 t / m<sup>2</sup> gives a safety figure of 1.65 > 1.4 that is permitted. The total construction cost needed is Rp. 1,124,286,000.00.

***Keywords:*** *Preloading, Prefabricated vertical drain, Cost efficiency, Land consolidation*

## 1. PENDAHULUAN

Seluruh wilayah di Indonesia mengalami permasalahan lalu lintas yang sangat kompleks. Surabaya – Sidoarjo - Gresik adalah beberapa kota besar di Indonesia yang mengalami perkembangan sangat pesat dibidang perekonomian, perdagangan, dan perindustrian. Pemerintah provinsi Jawa Timur berupaya membangun jaringan jalan baru berupa Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya (JLLB) yang memiliki panjang  $\pm$  19,8 km dengan lebar 55 meter. Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya diharapkan dapat memecah kemacetan di pusat kota Surabaya.

Pada proyek ini perencana menawarkan konstruksi plat on pile dan pondasi menggunakan tiang pancang. Penggunaan bahan beton umumnya membutuhkan biaya yang mahal. dalam studi ini penulis mengusulkan konstruksi jalan menggunakan alternatif timbunan karena pada umumnya tanah lebih murah dari pada beton mengingat harga dari per m<sup>3</sup> tanah urug yaitu Rp. 296.000 sedangkan harga per m<sup>3</sup> beton ready mix fc' 35 Mpa yaitu Rp. 1.023.410, untuk itu penggunaan tanah sebagai bahan timbunan diharapkan lebih efisien dibandingkan menggunakan beton.

Perencanaan jalan tidak hanya meliputi aspek perencanaan geometrik dan perkerasan jalan akan tetapi yang tidak kalah pentingnya adalah analisis besarnya penurunan yang terjadi pada badan jalan akibat pembebanan lalu lintas dan konsolidasi tanah di bawah perkerasan. Berdasarkan penyelidikan tanah menunjukan bahwa tanah dasar pada lokasi tersebut merupakan tanah lempung lunak (kohesif) yang mencapai kedalaman kurang lebih 21 meter.

Tanah kohesif memiliki sifat plastisitas yang tinggi, kembang susut yang tinggi, daya dukung yang rendah, kandungan air yang tinggi dan sulit terdrainasi karena permeabilitas tanah relatif rendah serta kompresibilitas yang besar menyebabkan tanah mengalami penurunan yang besar dan dalam waktu yang sangat lama. Sehingga apabila konstruksi jalan dibangun diatas tanah dasar lunak tanpa perbaikan tanah, akan terjadi penurunan tanah yang berlangsung sangat lambat sehingga lambat laun terjadi differensial settelment (beda penurunan) yang nyata. Karena beda penurunan ini perkerasan

jalan lebih cepat rusak dari pada umur rencana, biaya perawatan jalan menjadi lebih tinggi.

Salah satu metode untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan menggunakan sistem *Preloading* yang dikombinasikan dengan *Prefabricated Vertical Drain (PVD)*. *Preloading* merupakan pemberian beban awal yang dilakukan dengan cara memberikan beban berupa timbunan tanah sehingga menyebabkan tanah dasar akan termampatkan sebelum konstruksi didirikan. *Prefabricated Vertical Drain (PVD)* adalah sistem drainase buatan yang dipasang vertikal sedalam lapisan tanah lunak guna memperpendek panjang aliran dari air pori. Sistem kombinasi ini diharapkan dapat mempercepat proses penurunan tanah dan menaikkan daya dukung tanah sehingga konstruksi jalan menggunakan timbunan dapat dikerjakan pada lokasi yang ditinjau.

Dari latar belakang yang telah diuraikan diatas maka rumusan masalah yang ditinjau yaitu, Berapakah tinggi timbunan pelaksanaan agar dapat mencapai tinggi timbunan yang direncanakan, Berapakah besarnya penurunan tanah dan waktu penurunan apabila tanpa perbaikan tanah, Bagaimana perencanaan perbaikan tanah yang efektif digunakan untuk mempercepat proses konsolidasi tanah lunak, Bagaimana model pelaksanaan timbunan yang mampu diterapkan untuk desain timbunan pada tanah lunak, dan Bagaimana efisiensi konstruksi jalan menggunakan plat on pile dan pondasi tiang pancang di bandingkan dengan alternatif konstruksi jalan menggunakan timbunan baik dari segi rencana anggaran biaya.

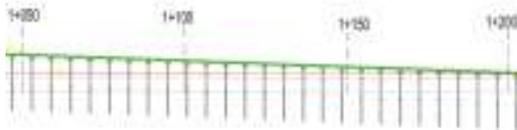
## 2. METODE PENELITIAN

### Lokasi Penelitian

Lokasi Proyek Jalan Lingkar Luar Barat Surabaya (JLLB) berada didaerah Osowilangun, Kecamatan Benowo Kota Surabaya Jawa Timur. Untuk lokasi pembahasan studi kasus terdapat pada STA 1 + 050 - STA 1 + 250.



Gambar 3.1 Layout Lokasi Poyek didaerah



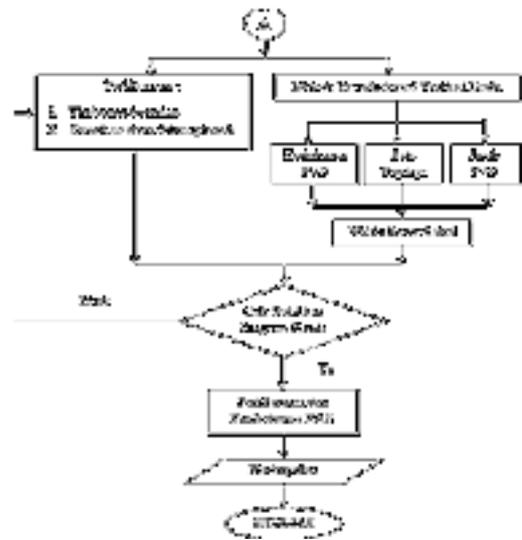
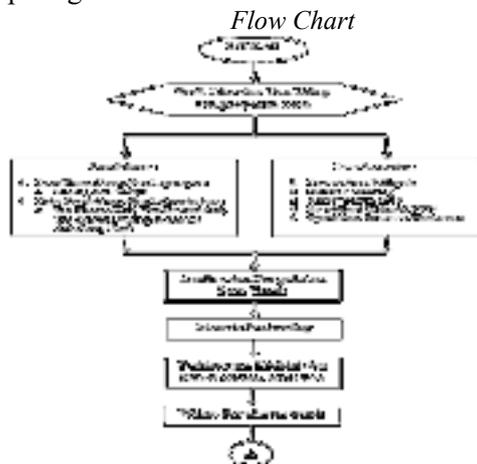
Gambar 3. Existing Jalan

**a. Penyelidikan Tanah**

Penyelidikan tanah berupa pengujian dilaboratorium dan dilapangan beberapa parameter yang diperoleh adalah nilai  $N_{spt}$ , kadar air ( $w$ ), angka pori ( $e$ ), berat volum ( $\gamma$ ),  $C_u$ ,  $C_c$ ,  $C_v$ . Data ini digunakan untuk perhitungan pada tugas akhir.

**b. Perencanaan beban preloading**

Seluruh beban yang akan diterima oleh tanah dasar baik berupa beban lalu lintas, beban perkerasan, beban timbunan tanah, akan digantikan dengan timbunan tanah. Akibat dari beban timbunan maka akan terjadi penurunan pada tanah dasar, perhitungan waktu dan besarnya penurunan tanpa percepatan, konsolidasi dengan kombinasi *preloading* dan *prefabricated vertical drain*, pola yang digunakan pola segitiga dengan jarak divariasikan dan panjang PVD dicari yang paling efektif.



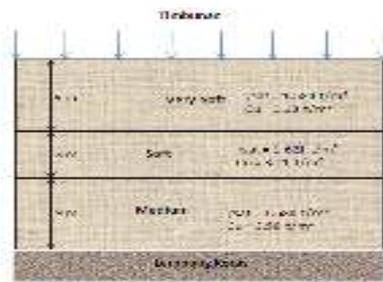
Langkah langkah studi yang dilakukan sebagai berikut :

1. Perhitungan pembebanan awal ( $H_{initial}$  dan  $H_{final}$ )
2. Perhitungan besarnya dan waktu penurunan tanah akibat beban timbunan
3. Penurunan membutuhkan waktu yang lama sehingga dilakukan perbaikan tanah dengan prefabricated vertical drain untuk mempercepat waktu konsolidasi tanah akibat pembebanan.
4. Analisa tinggi timbunan kritis apabila  $H_{rencana} > H_{kritis}$  maka penimbunan dilakukan dengan cara bertahap.
5. Analisa peningkatan nilai  $C_u$  akibat penimbunan bertahap, apakah tanah mampu menerima beban timbunan atau tidak, jika tanah mampu maka penimbunan dilanjutkan hingga  $H_{rencana}$  tercapai dan apa bila sebaliknya maka penimbunan dihentikan sementara dan tunggu hingga nilai  $C_u$  naik.

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Data Tanah**

Berikut ini merupakan profil tanah dasar dimana kondisi tanah merupakan lempung lunak hingga mencapai 21 meter.



Gambar 4.1 Profil Tanah Dasar

Tabel 4.1 Parameter Tanah Dasar

| Parameter           | Unit               | Nilai | Unit               | Nilai |
|---------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| Modulus Elastisitas | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Kompresi    | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Geser       | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Volumetrik  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Tanggapan   | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Persebaran  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Pemampatan  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Pemampatan  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Pemampatan  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Pemampatan  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |

**Data Tanah Timbunan**

Material timbunan direncanakan menggunakan tanah uruk yang berada disekitar lokasi proyek. Berikut ini spesifikasinya:

Tabel 4.2 Parameter Tanah Dasar

| Parameter           | Unit               | Nilai | Unit               | Nilai |
|---------------------|--------------------|-------|--------------------|-------|
| Modulus Elastisitas | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Kompresi    | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Geser       | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Volumetrik  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Tanggapan   | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Persebaran  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Pemampatan  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Pemampatan  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Pemampatan  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |
| Modulus Pemampatan  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  | kg/cm <sup>2</sup> | 1000  |

A. Jenis bahan Uruk (tanah uruk)  
 B. Urukan dengan nilai Katermbat, ekspansi, dan daya tampung dan nilai lainnya

**Geometri Timbunan**

Data-data perencanaan dari geometri timbunan adalah sebagai berikut:

- Tinggi timbunan hingga 4 m.
- Lebar atas timbunan 20 m.
- Kemiringan timbunan 30°

**Penambahan Tegangan Vertikal (Δp)**

Penambahan tegangan berasal dari beban timbunan, dalam perhitungan ini beban pemisalan timbunan yang dipakai adalah q = 5 t/m<sup>2</sup>. Untuk menghitung Δp menggunakan persamaan dengan data berikut.

Lapisan 1 :

- a = 7.5 m
- b = 10 m
- I<sub>1</sub> = 0.493

Menghitung Δp memerlukan nilai I, dan distribusi tegangan pada timbunan dianggap distribusi bentuk trapezium, sedangkan nilai I didapat dari Persamaan grafik NAVFAC dengan distribusi bentuk trapesium yaitu I = 49 . Penggunaan grafik NAVFAC (gambar 2.2) hanya untuk setengah timbunan, jadi untuk perhitungan timbunan yang utuh nilai I dikalikan 2.

$$\begin{aligned} \Delta p_{lap1} &= 2 \times I_1 \times q \\ &= 2 \times 0,493 \times 3 \\ &= 2.96 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Tabel 4.3 Penambahan Tegangan Akibat q

| Depth (m) | Stress (t/m <sup>2</sup> ) | Stress (t/m <sup>2</sup> ) | Stress (t/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 0         | 3.00                       | 3.00                       | 3.00                       |
| 1         | 2.96                       | 2.96                       | 2.96                       |
| 2         | 2.92                       | 2.92                       | 2.92                       |
| 3         | 2.88                       | 2.88                       | 2.88                       |
| 4         | 2.84                       | 2.84                       | 2.84                       |
| 5         | 2.80                       | 2.80                       | 2.80                       |
| 6         | 2.76                       | 2.76                       | 2.76                       |
| 7         | 2.72                       | 2.72                       | 2.72                       |
| 8         | 2.68                       | 2.68                       | 2.68                       |
| 9         | 2.64                       | 2.64                       | 2.64                       |
| 10        | 2.60                       | 2.60                       | 2.60                       |

**Settlement Tanah Dasar Akibat q**

Dalam menghitung penurunan tanah harus diperhatikan dari sifat tanahnya, apakah normally consolidated atau over consolidated. diperoleh nilai OCR > 1 maka kita gunakan sifat tanah over consolidated. sifat over consolidated sendiri juga harus memperhatikan apakah Po' + Δp ≤ Pc' atau Po' + Δp > Pc'. Pehitungan untuk q design beban 3 ton/m<sup>2</sup> yang menghasilkan sattlement sebesea 1.37 m bisa dilihat di tabel 4.4 , untuk design beban selanjutnya tedapat pada tabel 4.5

Tabel 4.4 Hasil Besarnya Settlement Akibat Beban Desain 3 ton/m<sup>2</sup>

| Depth (m) | Stress (t/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 0         | 3.00                       | 3.00                       | 3.00                       | 3.00                       |
| 1         | 2.96                       | 2.96                       | 2.96                       | 2.96                       |
| 2         | 2.92                       | 2.92                       | 2.92                       | 2.92                       |
| 3         | 2.88                       | 2.88                       | 2.88                       | 2.88                       |
| 4         | 2.84                       | 2.84                       | 2.84                       | 2.84                       |
| 5         | 2.80                       | 2.80                       | 2.80                       | 2.80                       |
| 6         | 2.76                       | 2.76                       | 2.76                       | 2.76                       |
| 7         | 2.72                       | 2.72                       | 2.72                       | 2.72                       |
| 8         | 2.68                       | 2.68                       | 2.68                       | 2.68                       |
| 9         | 2.64                       | 2.64                       | 2.64                       | 2.64                       |
| 10        | 2.60                       | 2.60                       | 2.60                       | 2.60                       |

Tabel 4.5 Hasil Pemampatan Terhadap Beban Design (q)

| Depth (m) | Stress (t/m <sup>2</sup> ) |
|-----------|----------------------------|
| 0         | 3.00                       |
| 1         | 2.96                       |
| 2         | 2.92                       |
| 3         | 2.88                       |
| 4         | 2.84                       |
| 5         | 2.80                       |
| 6         | 2.76                       |
| 7         | 2.72                       |
| 8         | 2.68                       |
| 9         | 2.64                       |
| 10        | 2.60                       |

**Analisa Beban Diatas Timbunan**  
**1 Beban Perkerasan**

Di rencanakan kelas jalan 1, Jenis struktur perkerasan yang di pakai adalah struktur perkerasan lentur (lalulintas berat) pada timbunan.

Tabel 4.6 Hasil beban perkerasan

| No    | Jenis Perkerasan | Tebal (cm) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | Beban Perkerasan (kg/m <sup>2</sup> ) |
|-------|------------------|------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 1     | Aspal            | 10         | 2400                          | 24000                                 |
| 2     | Aspal            | 10         | 2400                          | 24000                                 |
| 3     | Aspal            | 10         | 2400                          | 24000                                 |
| 4     | Aspal            | 10         | 2400                          | 24000                                 |
| Total |                  |            |                               | 96000                                 |

**2 Beban Lalulintas**

Tabel 4.7 Hasil beban lalulintas

| No    | Jenis Beban | Beban (kg/m <sup>2</sup> ) |
|-------|-------------|----------------------------|
| 1     | Aspal       | 24000                      |
| 2     | Aspal       | 24000                      |
| 3     | Aspal       | 24000                      |
| 4     | Aspal       | 24000                      |
| Total |             | 96000                      |

Beban lalulintas dan beban pekerasan menyebabkan penurunan untuk itu harus diperhitungkan sebagai tambahan beban merata, kemudian dapat dikorelasikan dalam tinggi embakment (timbunan) tambahan sehingga pada akhir konsolidasi tinggi tambahan tersebut akan dibongkar.

Tabel 4.8 Korelati beban ke H<sub>timbunan</sub>

| Jenis Beban  | Beban (kg/m <sup>2</sup> ) | γ timbunan (kg/m <sup>3</sup> ) | Total H bongkar (m) |
|--------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------|
| Perkerasan   | 1.340                      | 1.8                             | 0.744               |
| Lalulintas   | 1.340                      | 1.8                             | 0.850               |
| <b>Total</b> |                            |                                 | <b>1.594</b>        |

Hakhir lapangan = H<sub>timbunan</sub> + H<sub>bongkar</sub>  
 = 3.355 + 1.594  
 = 4.949 meter

**Tinggi initial dan Tinggi final**

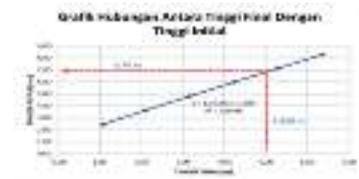
Untuk menentukan tinggi timbunan pelaksanaan (H<sub>initial</sub>) agar nantinya tinggi timbunan sesuai dengan yang direncanakan (H<sub>final</sub>). Berikut perhitunganya:

H<sub>initial</sub> = q<sub>i</sub> + Sci / γ<sub>sat</sub>  
 = 3 + 1.37 / 1  
 = 2.43 meter

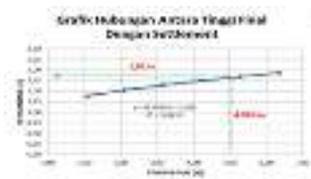
H<sub>final</sub> = H awal - Sci  
 = 2.43 - 1.37  
 = 1.06 meter

Tabel 4.9 H<sub>Initial</sub>, H<sub>Final</sub> Akibat Beban q

| No    | Jenis Beban (kg/m <sup>2</sup> ) | Tebal (cm) | Densitas (kg/m <sup>3</sup> ) | Tinggi Awal Timbunan (m) | Tinggi Final Timbunan (m) |
|-------|----------------------------------|------------|-------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1     | 24000                            | 10         | 2400                          | 2.43                     | 1.06                      |
| 2     | 24000                            | 10         | 2400                          | 2.43                     | 1.06                      |
| 3     | 24000                            | 10         | 2400                          | 2.43                     | 1.06                      |
| 4     | 24000                            | 10         | 2400                          | 2.43                     | 1.06                      |
| Total |                                  |            |                               | 9.72                     | 4.24                      |



Gambar 4.2 graik H<sub>Initial</sub>, H<sub>Final</sub>



Gambar 4.3 H<sub>Initial</sub> dan Settlement

Jadi, untuk mencapai H<sub>final</sub> 4,949 meter maka tinggi timbunan awal sebesar 6.76 meter dengan total penurunan yang harus dihilangkan 1.82 meter.

**Waktu Penurunan Tanpa Perbaikan**

Hal ini dilakukan untuk menentukan perlu atau tidaknya dilakukan perbaikan tanah, Karena tanah berlapis dengan ketebalan yang berbeda makan untuk harga

C<sub>v</sub><sub>gabungan</sub>. H<sub>dr</sub> = 21 meter  
 C<sub>v</sub> = 0.014112 m<sup>2</sup>/minggu  
 T<sub>90%</sub> = 63415  
 t = T<sub>90%</sub> x (H<sub>dr</sub>)<sup>2</sup> / C<sub>v</sub> rata-rata  
 t = 100 Tahun

Waktu penurunan berlangsung sangat lama padahal dalam suatu proyek tidak mungkin menunggu selama itu. Untuk mempercepat waktu konsolidasi maka dibutuhkan adanya pemasangan *Prefabricated Vertical Drain*, dengan seperti ini diharapkan penurunan tanah total yang harus dihilangkan

pada masa konstruksi dapat tercapai dengan waktu berlangsung relatif sangat singkat.

**Perencanaan PVD**

**1 Menentukan Kedalaman PVD :**

Tabel 4.10 perbandingan kedalaman PVD dan rate of settlement

| No | Kedalaman PVD (m) | Rate of Settlement (cm/tahun) |             | Kategori |
|----|-------------------|-------------------------------|-------------|----------|
|    |                   | Sebelum PVD                   | Setelah PVD |          |
| 1  | 12                | 1.54                          | < 2         | Memenuhi |
| 2  | 10                | 1.54                          | < 2         | Memenuhi |
| 3  | 8                 | 1.54                          | < 2         | Memenuhi |
| 4  | 6                 | 1.54                          | < 2         | Memenuhi |
| 5  | 4                 | 1.54                          | < 2         | Memenuhi |
| 6  | 2                 | 1.54                          | < 2         | Memenuhi |

Hasil analisa rate of settlement didapat penurunan setelah masa konstruksi 1.54 cm/tahun < 2 cm/tahun hal ini sesuai dengan batas penurunan yang di izinkan untuk kelas jalan 1, sehingga kedalaman rencana vertikal drain yang efektif untuk mempercepat waktu penurunan yaitu dipasang hingga kedalaman 12 meter.

**2 Perhitungan Derajat Konsolidasi Vertikal (Uv)**

Besarnya  $U_v$  diasumsikan < 60% sehingga digunakan Persamaan (2-6). nilai  $U_v$  membutuhkan faktor nilai  $T_v$  dengan persamaan (2-8). dalam perencanaan ini  $t$  (waktu) dibuat dalam satuan minggu.

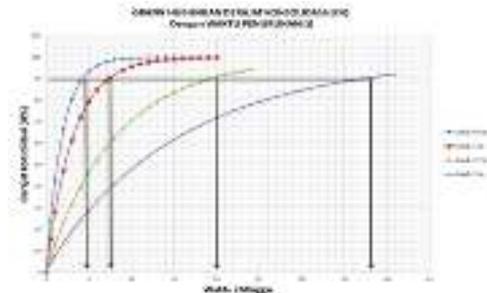
Tabel 4.11 Hasil nilai  $T_v$  dan  $U_v$

| No | $T_v$    | $U_v$    |
|----|----------|----------|
| 1  | 0.000000 | 0.000000 |
| 2  | 0.000000 | 0.000000 |
| 3  | 0.000000 | 0.000000 |
| 4  | 0.000000 | 0.000000 |
| 5  | 0.000000 | 0.000000 |
| 6  | 0.000000 | 0.000000 |
| 7  | 0.000000 | 0.000000 |
| 8  | 0.000000 | 0.000000 |
| 9  | 0.000000 | 0.000000 |
| 10 | 0.000000 | 0.000000 |

**3 Perhitungan Derajat Konsolidasi Horizontal (U<sub>h</sub>)**

Derajat konsolidasi horizontal. Dalam perhitungan  $U_h$  dibutuhkan beberapa parameter seperti  $F(n)$ ,  $C_h$ , dan  $D$ . Untuk parameter  $C_h$  dibutuhkan perbandingan parameter koefisien permeabilitas horisontal ( $K_h$ ) dan koefisien permeabilitas vertikal ( $K_v$ ), namun hal tersebut harus berdasarkan penelitian. Jadi dalam perencanaan ini perbandingan  $K_h$  dan  $K_v$  berdasarkan perkiraan interval 2-5.

Perhitungan berikut menggunakan pola pemasangan segitiga, panjang PVD 12 m dan variasi jarak (0.8m ; 1m ; 1.5m ; 2m).

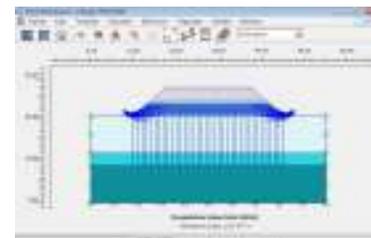


Gambar 4.4 Grafik U% dan Waktu

Maka dipilih pemasangan PVD pola segitiga dengan jarak pemasangan 1 meter dan derajat konsolidasi rata-rata ( $U$ ) yang terjadi adalah 90,577% dengan waktu akhir proses pemampatan tanah dengan beban rencana yaitu 7.5 minggu.

**Perhitungan H<sub>kritis</sub>**

Untuk melihat stabilitas atau kemampuan tanah dasar dalam menerima beban dari timbunan agar tidak terjadi keruntuhan pada saat tahap penimbunan di laksanakan. untuk perhitungan ini di gunakan software program PLAXIS 2D, dapat di lihat pada gambar 4.5 berikut :

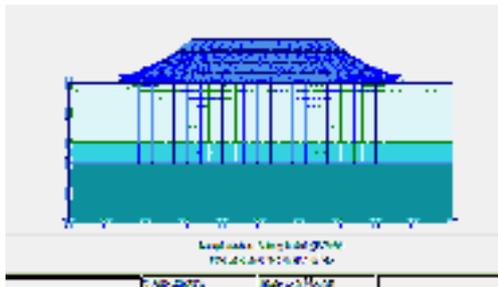


Gambar 4.5 Tinggi timbunan kritis

Dengan aplikasi PLAXIS diperoleh  $H_{kritis}$  3 meter dengan nilai keamanan  $1.030 > 1$  yang artinya tanah dasar mampu menerima beban timbunan tanpa terjadi keruntuhan. Karena nilai  $H_{rencana} > H_{kritis}$ , maka beban *Preloading* di letakkan secara bertahap (*Stepped Preloading*).

Setelah dilakukan analisa terhadap kenaikan daya dukung tanah pada tabel 4.12. Akibat timbunan bertahap setinggi 3 meter terjadi kenaikan daya dukung tanah  $C_u$  baru

sebesar 2.121 t/m<sup>2</sup>. sehingga dapat dihitung tahap penimbunan selanjutnya untuk mendapatkan tinggi timbunan sesuai rencana. digunakan software program PLAXIS 2D, dapat di lihat pada gambar 4.6 berikut :



Gambar 4.6 Tinggi Timbunan Kritis

Setelah dilakukan analisa penimbunan bertahap diperoleh tinggi timbunan yang sesuai dengan  $H_{rencana}$  6.76 meter, di dapat nilai keamanan  $1.651 > 1$  yang mana telah mencapai *Safety Factor* yang diizinkan, sehingga tanah dasar telah mampu menerima beban timbunan tanpa terjadi keruntuhan. Maka pada tahap berikutnya penimbunan bertahap telah mencapai  $H_{rencana}$  dan dapat dilaksanakan. Lihat tabel 4.13.

### Perhitungan Kenaikan Daya Dukung Tanah

Bertujuan untuk menentukan apakah tanah dasar cukup mampu memikul beban timbunan tahapan selanjutnya dengan nilai  $C_u$  baru yang diperoleh dari penimbunan sebelumnya. Direncanakan jarak PVD 1 meter, pola pemasangan PVD segitiga dan panjang PVD 12 meter. Maka dilakukan analisa perhitungan peningkatan nilai  $C_u$  akibat penimbunan bertahap setinggi 3 m. Tabel. 12 Peningkatan Nilai  $C_u$  Akibat Penimbunan bertahap 3 meter

| Tinggi Timbunan (m) | Tinggi Timbunan (m) | Tinggi Timbunan (m) | Nilai $C_u$ (t/m <sup>2</sup> ) | Nilai $C_u$ (t/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 0                   | 0                   | 0                   | 0                               | 0                               |
| 3                   | 3                   | 3                   | 0                               | 0                               |
| 6                   | 6                   | 6                   | 0                               | 0                               |
| 9                   | 9                   | 9                   | 0                               | 0                               |
| 12                  | 12                  | 12                  | 0                               | 0                               |
| 15                  | 15                  | 15                  | 0                               | 0                               |
| 18                  | 18                  | 18                  | 0                               | 0                               |
| 21                  | 21                  | 21                  | 0                               | 0                               |
| 24                  | 24                  | 24                  | 0                               | 0                               |
| 27                  | 27                  | 27                  | 0                               | 0                               |
| 30                  | 30                  | 30                  | 0                               | 0                               |
| 33                  | 33                  | 33                  | 0                               | 0                               |
| 36                  | 36                  | 36                  | 0                               | 0                               |
| 39                  | 39                  | 39                  | 0                               | 0                               |
| 42                  | 42                  | 42                  | 0                               | 0                               |
| 45                  | 45                  | 45                  | 0                               | 0                               |
| 48                  | 48                  | 48                  | 0                               | 0                               |
| 51                  | 51                  | 51                  | 0                               | 0                               |
| 54                  | 54                  | 54                  | 0                               | 0                               |
| 57                  | 57                  | 57                  | 0                               | 0                               |
| 60                  | 60                  | 60                  | 0                               | 0                               |
| 63                  | 63                  | 63                  | 0                               | 0                               |
| 66                  | 66                  | 66                  | 0                               | 0                               |
| 69                  | 69                  | 69                  | 0                               | 0                               |
| 72                  | 72                  | 72                  | 0                               | 0                               |
| 75                  | 75                  | 75                  | 0                               | 0                               |
| 78                  | 78                  | 78                  | 0                               | 0                               |
| 81                  | 81                  | 81                  | 0                               | 0                               |
| 84                  | 84                  | 84                  | 0                               | 0                               |
| 87                  | 87                  | 87                  | 0                               | 0                               |
| 90                  | 90                  | 90                  | 0                               | 0                               |
| 93                  | 93                  | 93                  | 0                               | 0                               |
| 96                  | 96                  | 96                  | 0                               | 0                               |
| 99                  | 99                  | 99                  | 0                               | 0                               |
| 102                 | 102                 | 102                 | 0                               | 0                               |
| 105                 | 105                 | 105                 | 0                               | 0                               |
| 108                 | 108                 | 108                 | 0                               | 0                               |
| 111                 | 111                 | 111                 | 0                               | 0                               |
| 114                 | 114                 | 114                 | 0                               | 0                               |
| 117                 | 117                 | 117                 | 0                               | 0                               |
| 120                 | 120                 | 120                 | 0                               | 0                               |

Untuk penimbunan bertahap setinggi 3 meter dilaksanakan dengan kecepatan 0.5 meter/minggu di maksudkan untuk mencapai U% (derajat konsolidasi) maksimal permingguannya dan dibutuhkan waktu 6 minggu dengan derajat konsolidasi naik sebesar 79.46% dan dihasilkan  $C_u$  baru sebesar 2.121 t/m<sup>2</sup>. nilai ini selanjutnya digunakan dalam analisa perhitungan tahap penimbunan berikutnya hingga tinggi timbunan yang direncanakan tercapai.

Maka dilakukan analisa perhitungan peningkatan nilai  $C_u$  akibat penimbunan bertahap setinggi  $H_{rencana}$  6.76 m. Tabel. 13 Peningkatan Nilai  $C_u$  Akibat Penimbunan Bertahap 6.76 meter

| Tinggi Timbunan (m) | Tinggi Timbunan (m) | Tinggi Timbunan (m) | Nilai $C_u$ (t/m <sup>2</sup> ) | Nilai $C_u$ (t/m <sup>2</sup> ) |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 0                   | 0                   | 0                   | 0                               | 0                               |
| 3                   | 3                   | 3                   | 0                               | 0                               |
| 6                   | 6                   | 6                   | 0                               | 0                               |
| 9                   | 9                   | 9                   | 0                               | 0                               |
| 12                  | 12                  | 12                  | 0                               | 0                               |
| 15                  | 15                  | 15                  | 0                               | 0                               |
| 18                  | 18                  | 18                  | 0                               | 0                               |
| 21                  | 21                  | 21                  | 0                               | 0                               |
| 24                  | 24                  | 24                  | 0                               | 0                               |
| 27                  | 27                  | 27                  | 0                               | 0                               |
| 30                  | 30                  | 30                  | 0                               | 0                               |
| 33                  | 33                  | 33                  | 0                               | 0                               |
| 36                  | 36                  | 36                  | 0                               | 0                               |
| 39                  | 39                  | 39                  | 0                               | 0                               |
| 42                  | 42                  | 42                  | 0                               | 0                               |
| 45                  | 45                  | 45                  | 0                               | 0                               |
| 48                  | 48                  | 48                  | 0                               | 0                               |
| 51                  | 51                  | 51                  | 0                               | 0                               |
| 54                  | 54                  | 54                  | 0                               | 0                               |
| 57                  | 57                  | 57                  | 0                               | 0                               |
| 60                  | 60                  | 60                  | 0                               | 0                               |
| 63                  | 63                  | 63                  | 0                               | 0                               |
| 66                  | 66                  | 66                  | 0                               | 0                               |
| 69                  | 69                  | 69                  | 0                               | 0                               |
| 72                  | 72                  | 72                  | 0                               | 0                               |
| 75                  | 75                  | 75                  | 0                               | 0                               |
| 78                  | 78                  | 78                  | 0                               | 0                               |
| 81                  | 81                  | 81                  | 0                               | 0                               |
| 84                  | 84                  | 84                  | 0                               | 0                               |
| 87                  | 87                  | 87                  | 0                               | 0                               |
| 90                  | 90                  | 90                  | 0                               | 0                               |
| 93                  | 93                  | 93                  | 0                               | 0                               |
| 96                  | 96                  | 96                  | 0                               | 0                               |
| 99                  | 99                  | 99                  | 0                               | 0                               |
| 102                 | 102                 | 102                 | 0                               | 0                               |
| 105                 | 105                 | 105                 | 0                               | 0                               |
| 108                 | 108                 | 108                 | 0                               | 0                               |
| 111                 | 111                 | 111                 | 0                               | 0                               |
| 114                 | 114                 | 114                 | 0                               | 0                               |
| 117                 | 117                 | 117                 | 0                               | 0                               |
| 120                 | 120                 | 120                 | 0                               | 0                               |

Pada tabel 4.13 dengan penimbunan setinggi  $H_{rencana}$  6.76 meter dibutuhkan waktu penimbunan bertahap selama 14 minggu sehingga derajat konsolidasi naik sebesar 98.29% dimana telah mendekati U 100% dengan peningkatan daya dukung tanah  $C_u$  sebesar 9.896 t/m<sup>2</sup>.

### Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Menghitung total biaya dari alternatif konstruksi jalan menggunakan timbunan yang dibandingkan dengan penggunaan konstruksi sebelumnya yaitu tiang pancang serta plat on pile. Dengan perhitungan biaya ini dapat diperoleh alternatif penggunaan konstruksi jalan yang paling ekonomis. Perhitungan biaya dilakukan berdasarkan STA 1+050 – STA 1+250, akan tetapi perhitungan biaya hanya dianalisa dengan panjang jalan 10 meter saja.

Berdasarkan hasil rekapitulasi rencana anggaran biaya untuk konstruksi jalan dengan alternatif timbunan sebesar Rp. 1,124,286,000.00 sedangkan menggunakan konstruksi jalan dengan plat on pile sebesar Rp. 1,733,627,000.00.

#### 4. KESIMPULAN

1. Dibutuhkan  $H_{initial}$  6.76 meter untuk mendapatkan  $H_{final}$  4.949 meter, akibat dari penimbunan ini terjadi penurunan tanah total sebesar 1.82 meter.
2. Diketahui penurunan total 1.82 meter yang terjadi akibat beban timbunan, harus dihilangkan agar tidak terjadi kerusakan jalan pada saat masa layan. Apabila tanpa perbaikan untuk mencapai penurunan tanah dengan derajat konsolidasi 90% membutuhkan waktu hingga 100 tahun lamanya, hal ini menjadi salah satu alasan penulis memberikan alternatif perbaikan tanah dengan kombinasi *Preloading* dan *Prefabricated Vertical Drain*.
3. Direncanakan pemasangan PVD pola segitiga, jarak/spasi 1 meter dan kedalaman PVD sepanjang 12 meter, waktu penurunan tanah pada derajat konsolidasi 90% sebesar 7.5 minggu. Hal ini membuktikan bahwa dengan perbaikan tanah dapat mempercepat waktu penurunan tanah.
4. Dengan nilai  $C_u$  tanah dasar mula - mula diperoleh  $H_{rencana} > H_{kritis}$  sehingga penimbunan dilakukan secara bertahap, dengan program Plaxis 2D diperoleh SF 1.65 > 1.4 nilai keamanan yang di syaratkan menurut buku panduan geoteknik 4. dengan kecepatan penim- bunan 50 cm/minggu hingga mencapai tinggi timbunan yang direncana 6.76 meter dibutuhkan waktu penimbunan bertahap selama 14. minggu dengan peningkatan daya dukung tanah sebesar 9.896 t/m<sup>2</sup>.
5. Dari hasil perbandingan analisa rencana anggaran biaya konstruksi jalan menggunakan plat on pile dan alternatif konstruksi jalan menggunakan timbunan ternyata untuk alternatif konstruksi jalan menggunakan timbunan lebih ekonomis dibandingkan menggunakan konstruksi plat on pile dimana biaya yang dibutuhkan untuk alternatif konstruksi jalan menggunakan timbunan

sebesar Rp. 1,124,286,000.00 sedangkan untuk konstruksi plat on pile sebesar Rp. 1,733,627,000.00.

#### 5. REFERENSI

- [1] Terzaghi, K dan R.B. Peck. (1987), *Mekanika Tanah dalam Praktek Rekayasa I*, Alih bahasa Bagus, W., dan K. Benny. Erlangga, Jakarta
- [2] Mochtar, I.B. 1994. *Rekayasa Penanggulangan Masalah Pembangunan Tanah-Tanah Yang Sulit*, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya.
- [3] Mochtar, Indrasurya B. 2000. *Teknologi Perbaikan Tanah dan Alternatif Perencanaan pada Tanah Bermasalah (Problematic Soils)*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
- [4] Hardiyatmo, H.C. 1994. *Mekanika Tanah 2*, Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama Jakarta.
- [5] Das, Braja M, 1995, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1*, Erlangga, Jakarta.
- [6] Soedarmo G. D., dan Purnomo, S.J.E. 1997. *Mekanika Tanah 1 dan Mekanika Tanah 2*, Penerbit Kanisius.
- [7] Panduan Geoteknik 4 : *Disain dan Konstruksi Timbunan Jalan pada Tanah Lunak* (Pusat Penelitian dan Pengembangan Prasarana Transportasi, DPU, 2001).