

# **ANALISA SETLEMEN CARA ANALITIS DAN METODE FINITE ELEMENT PADA TANAH LUNAK DENGAN SOFTWARE SEBAGAI ALAT BANTU**

**Oleh : I Wayan Giatmajaya**

## **ABSTRAK**

Meningkatnya penggunaan lahan untuk pembangunan yang menyangkut pembangunan untuk pemukiman, perkantoran, transportasi dan pembangunan untuk menunjang perkembangan ekonomi seperti misalnya pabrik, lapangan udara, pasar, baik pasar tradisional maupun modern.

Dari sekian banyak pertumbuhan pembangunan di segala bidang, tidak tertutup kemungkinan penggunaan lahan yang kondisi tanahnya yang tidak memenuhi secara teknis sudah semakin sulit sehingga mau tidak mau pembangunan yang dilakukan pada tanah yang sulit seperti tanah yang mempunyai daya dukung kecil, penurunan besar dan proses penurunannya sangat lama.

Dengan demikian pembangunan supaya bisa dilakukan perlu diadakan perbaikan tanah yang menyangkut untuk meningkatkan daya dukung tanah, perhitungan penurunan/settlement secara akurat dan tepat. Supayatercapai hal tersebut, perlu diadakan pengujian perhitungan dengan beberapa cara seperti misalnya menghitung penurunan dengan cara analitis diuji dengan cara menggunakan program. Dari kedua cara yang kami lakukan ini hasilnya hampir sama.

**Kata kunci : Tanah sulit, settlement, pembangunan**

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar belakang**

Meningkatnya pembangunan , secara tidak langsung berpengaruh terhadap berkurangnya lahan tempat bangunan dilaksanakan. Tidak tertutup kemungkinan bangunan tersebut harus dibangun pada lokasi yang tanahnya sangat jelek dalam artian sifat mekanis tanah tersebut sangat rendah yang menyangkut daya dukung tanah kecil, penurunan / *settlement* yang besar seperti misalnya tanah lunak, sangat lunak dan lempung .

Terhadap kondisi-kondisi seperti ini perlu dilakukan perbaikan tanah untuk meningkatkan daya dukung tanah tersebut.

Metode yang digunakan antara lain dengan pemadatan , mengganti tanah yang jelek dengan tanah yang lebih baik , preloading , cerucuk ,stone column dan geotekstile.

Dalam studi ini, penulis menyajikan perbaikan tanah dengan metode preloading yang ingin didapatkan adalah besarnya daya dukung tanah , penurunan yang terjadi dan waktu penurunan, dengan cara finite element dengan soft ware plaxis sebagai alat bantu.

### 1.2. Permasalahan

Penyempurnaan hasil perhitungan secara analitis dengan metode finite element dengan soft ware plaxis sebagai alat bantu .

### 1.3. Tujuan

Untuk mendapatkan hasil perhitungan yang tingkat ketelitiannya lebih baik .

### 1.4. Manfaat

- a) Memberikan alternative kepada para akademisi untuk perhitungan daya dukung tanah, penurunan /settlement dan waktu penurunan akibat preloading.
- b) Sebagai bahan kajian untuk kesempurnaan perhitungan.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Perhitungan penurunan / settlement

Rumus yang dipakai dalam perhitungan settlement akibat timbunan tanah dibedakan akibat timbunan tanah dibedakan menjadi dua bagian yaitu:

1. Tanah normally consolidated (NC Soil)

$$S_{ci} = \left[ \frac{C_c}{1 + e_0} \log \frac{p_0' + \Delta p}{p_0'} \right] H_i$$

2. Tanah over Consolidated (OC Soil)

$$S_{ci} = \left[ \frac{C_s}{1+e_0} \log \frac{P_c}{P_0'} + \frac{C_c}{1+e_0} \log \frac{P_0'+\Delta p}{P_c} \right] H_i$$

Dimana:

$S_{ci}$  = pemampatan konsolidasi pada lapisan tanah yang ditinjau, lapisan ke i.

$H_i$  = tebal lapisan tanah ke i

$e_0$  = angka pori awal dari lapisan tanah ke i

$C_c$  = Compression Index dari lapisan tanah tersebut. (lapisan ke i)

$C_s$  = Swelling Index dari lapisan tanah tersebut. (lapisan ke i)

$p_0'$  = tekanan tanah vertical effective di suatu titik ditengah-tengah lapisan ke i akibat beban tanah sendiri di atas titik tersebut di lapangan (= effective overburden pressure)

$p_c$  = effective past overburden pressure, tegangan konsolidasi effective dimasa lampau yang lebih besar dari pada  $p_0'$  (dapat dilihat dari kurva konsolidasinya).

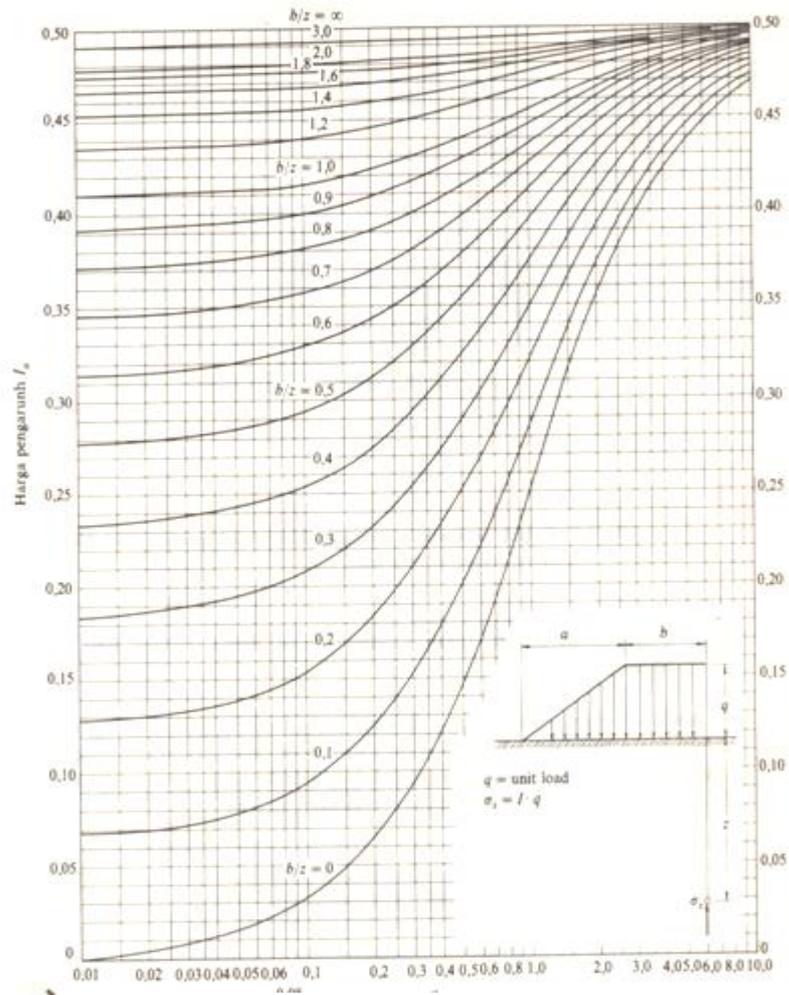
$\Delta p$  = penambahan tegangan vertical di titik yang ditinjau (di tengah lapisan ke i) akibat beban timbunan jalan yang baru.

Untuk menghitung besaran  $\Delta p$  dapat digunakan grafik influence,  $I$ , seperti pada gambar 1 (dari NAVFACDM-7, 1970)

$$\Delta p = \sigma_z = 2 \times I_i \times q$$

Dimana :

$q$  = tegangan vertical efektif dipermukaan tanah akibat timbunan / embakment.



Gambar 1

## 2. Menghitung penurunan / settlement

Waktu penurunan dapat dihitung dengan rumus :

$$t = \frac{T_v \cdot H^2}{C_v}$$

dimana :

H = tebal seluruh lapisan lunak dibawah embakment seperti dilihat Gb.2

$C_v$  = koefisien konsolidasi (  $m^2/th$  )

$T_v$  = derajat konsolidasi (%)

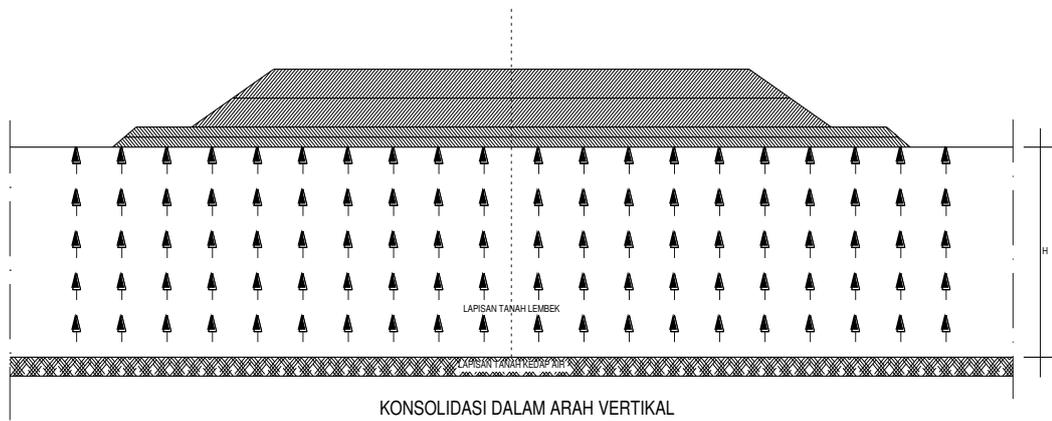
Untuk mempercepat proses konsolidasi bisa dipakai vertikal drain dengan rumus

$$t = \left( \frac{D^2}{8.Ch} \right) \cdot (2.F(n)) \left( \frac{1}{1 - \bar{U}_h} \right)$$

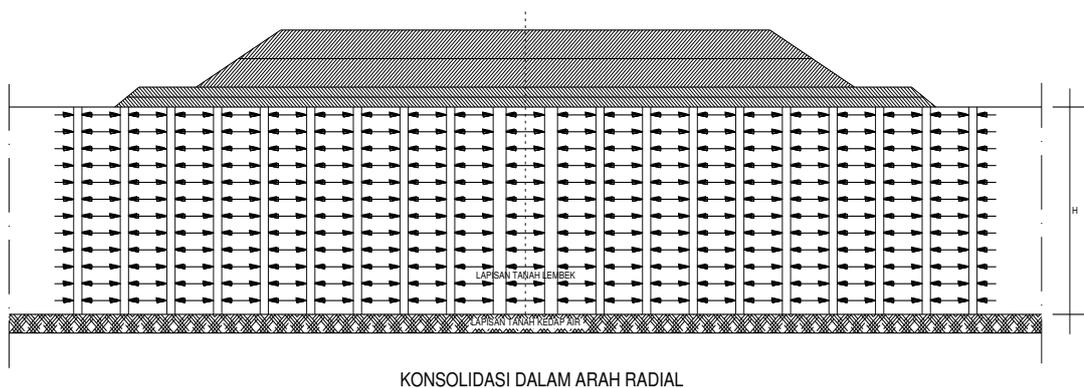
dimana:

- t = waktu yang diperlukan untuk mencapai  $\bar{U}_h$
- D = diameter lingkaran
- Ch = koefisien konsolidasi aliran horizontal
- F(n) = faktor tahanan akibat jarak antara PVD
- $\bar{U}_h$  = derajat konsolidasi arah horizontal

Seperti GB.3



Gambar 2



Gambar 3

### 3. Menghitung F ( n )

Fungsi F ( n ) Merupakan Fungsi hambatan akibat jarak antara titik pusat PVD. Oleh Hansbo ( 1979 ) harga F ( n ) didefinisikan sebagai berikut :

$$F(n) = \left( \frac{n^2}{n^2 - n^1} \right) \left[ \ln(n) - \left( \frac{3n^2 - 1}{4n^2} \right) \right], \text{ atau}$$

$$F(n) = \left( \frac{n^2}{n^2 - n^1} \right) \left[ \ln(n) - \frac{3}{4} + \left( \frac{1}{4n^2} \right) \right]$$

Dimana :

$$n = D/dw$$

$dw$  = diameter equivalent dari vertical drain (equivalan terhadap bentuk lingkaran)

Pada umumnya  $n > 20$  sehingga dapat dianggap  $1/n^2 = 0$  dan  $\left( \frac{n^2}{n^2 - n^1} \right) = 1$  ;

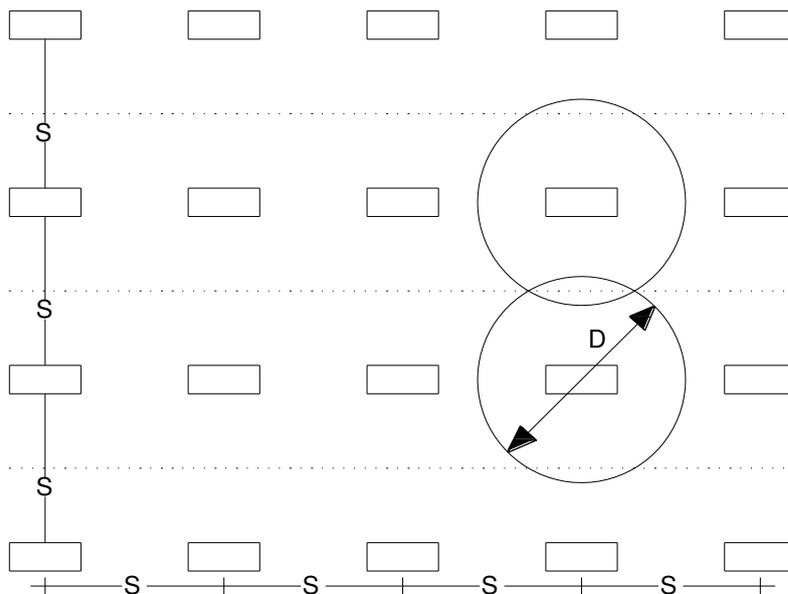
Jadi :

$$F(n) = \ln(n) - \frac{3}{4}, \text{ atau}$$

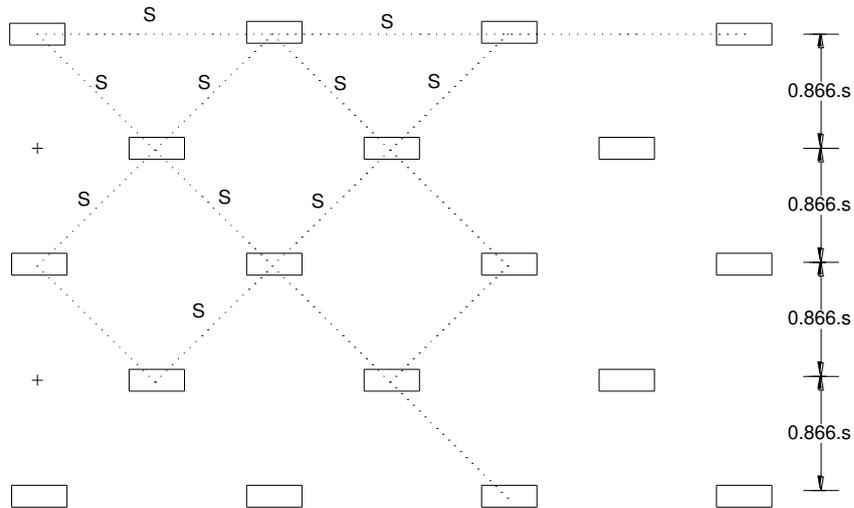
$$F(n) = \ln(D/dw) - \frac{3}{4}$$

Hasbo (1979) menentukan waktu konsolidasi dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$t = \left( \frac{D^2}{8.Ch} \right) \cdot (F(n) + F_s + F_r) \cdot \ln \left( \frac{1}{1 - U_h} \right)$$



a). Pola susunan bujur sangkar  $D = 1.13 \cdot S$



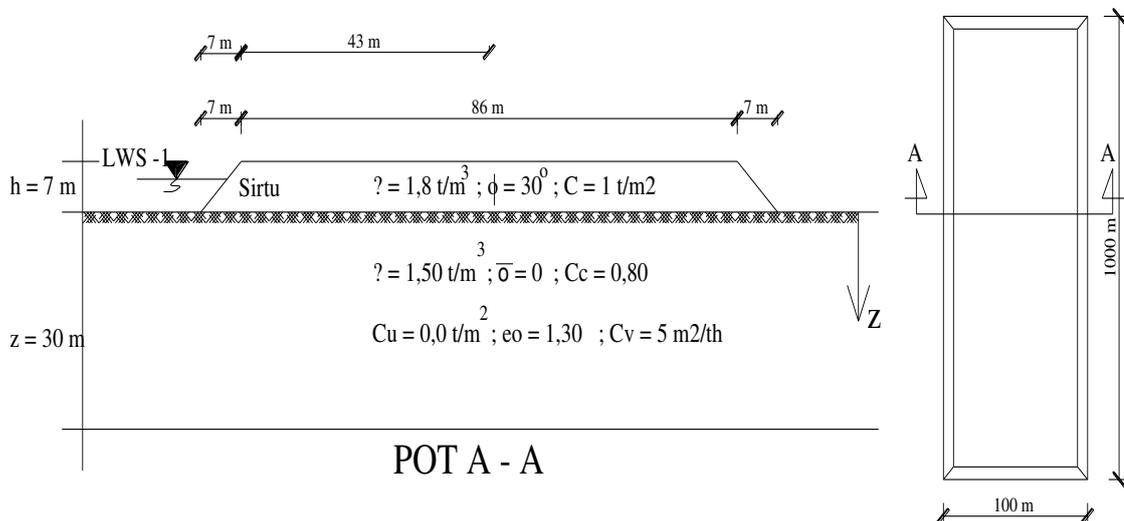
b). Pola susunan segitiga  $D = 1.05 \cdot s$

Gambar 4

### III. PEMBAHASAN

Struktur yang dibangun pada lapisan tanah lunak yang sangat tebal mungkin memerlukan perbaikan tanah, sehingga tanah tersebut mampu mendukung bangunan di atasnya seperti contoh struktur jalan yang dibangun diatas timbunan, yang terletak pada lapisan tanah lunak untuk menghindari keretakan permukaan jalan akibat penurunan maka perlu dihitung penurunan maxsimium yang terjadi. (kalimat terlalu panjang, sehingga topik tidak jelas atau banyak topik)

Contoh timbunan diatas tanah lunak seperti gambar dibawah ini :



Yang dihitung antara lain :

1. besarnya penurunan dengan derajat penurunan 90 % (  $T_{90}$  )
2. tegangan yang terjadi (  $\sigma$  )
3. waktu penurunan ( t )

**Menghitung penurunan :**

menghitung penurunan akibat timbunan ditabelkan seperti dibawah ini:

No	Tebal Lapisan H (m)	Z (m)	$e_0$	$C_c$	$\gamma$ ( $t/m^2$ )	$p'_{o'}$ ( $t/m^2$ )	I	$\Delta p$ ( $t/m^2$ )	$\Delta p + p'_{o'}$ ( $t/m^2$ )	$S_c$ (m)	$S_c$ (m) coum
1	1	0.5	1.3	0.80	1.5	0.250	0.50	6.60	6.850	0.500	0.500
2	1	1.5	1.3	0.80	1.5	0.750	0.50	6.60	7.350	0.345	0.845
3	1	2.5	1.3	0.80	1.5	1.250	0.50	6.60	7.850	0.278	1.122
4	1	3.5	1.3	0.80	1.5	1.750	0.50	6.60	8.350	0.236	1.358
5	1	4.5	1.3	0.80	1.5	2.250	0.50	6.60	8.850	0.207	1.565
6	1	5.5	1.3	0.80	1.5	2.500	0.50	6.60	9.100	0.195	1.761
7	1	6.5	1.3	0.80	1.5	3.000	0.50	6.60	9.600	0.176	1.936
8	1	7.5	1.3	0.80	1.5	3.500	0.50	6.60	10.100	0.160	2.096
9	1	8.5	1.3	0.80	1.5	4.000	0.50	6.60	10.600	0.147	2.244
10	1	9.5	1.3	0.80	1.5	4.500	0.50	6.60	11.100	0.136	2.380
11	1	10.5	1.3	0.80	1.5	4.750	0.50	6.60	11.350	0.132	2.511
12	1	11.5	1.3	0.80	1.5	5.250	0.50	6.60	11.850	0.123	2.634
13	1	12.5	1.3	0.80	1.5	5.750	0.50	6.60	12.350	0.115	2.750
14	1	13.5	1.3	0.80	1.5	6.250	0.50	6.60	12.850	0.109	2.859
15	1	14.5	1.3	0.80	1.5	6.750	0.50	6.60	13.350	0.103	2.962
16	1	15.5	1.3	0.80	1.5	7.250	0.50	6.60	13.850	0.098	3.060
17	1	16.5	1.3	0.80	1.5	7.750	0.50	6.60	14.350	0.093	3.153
18	1	17.5	1.3	0.80	1.5	8.250	0.49	6.47	14.718	0.087	3.240
19	1	18.5	1.3	0.80	1.5	8.750	0.49	6.47	15.218	0.084	3.324
20	1	19.5	1.3	0.80	1.5	9.250	0.49	6.47	15.718	0.080	3.404
21	1	20.5	1.3	0.80	1.5	9.750	0.49	6.47	16.218	0.077	3.481
22	1	21.5	1.3	0.80	1.5	10.250	0.49	6.47	16.718	0.074	3.555
23	1	22.5	1.3	0.80	1.5	10.750	0.49	6.47	17.218	0.071	3.626
24	1	23.5	1.3	0.80	1.5	11.250	0.48	6.34	17.586	0.067	3.693
25	1	24.5	1.3	0.80	1.5	11.750	0.48	6.34	18.086	0.065	3.758
26	1	25.5	1.3	0.80	1.5	12.250	0.47	6.20	18.454	0.062	3.820
27	1	26.5	1.3	0.80	1.5	12.750	0.47	6.20	18.954	0.060	3.880
28	1	27.5	1.3	0.80	1.5	13.250	0.47	6.20	19.454	0.058	3.938
29	1	28.5	1.3	0.80	1.5	13.750	0.47	6.20	19.954	0.056	3.994
30	1	29.5	1.3	0.80	1.5	14.250	0.47	6.20	20.454	0.055	4.049

**Total penurunan = 4. 049 M**

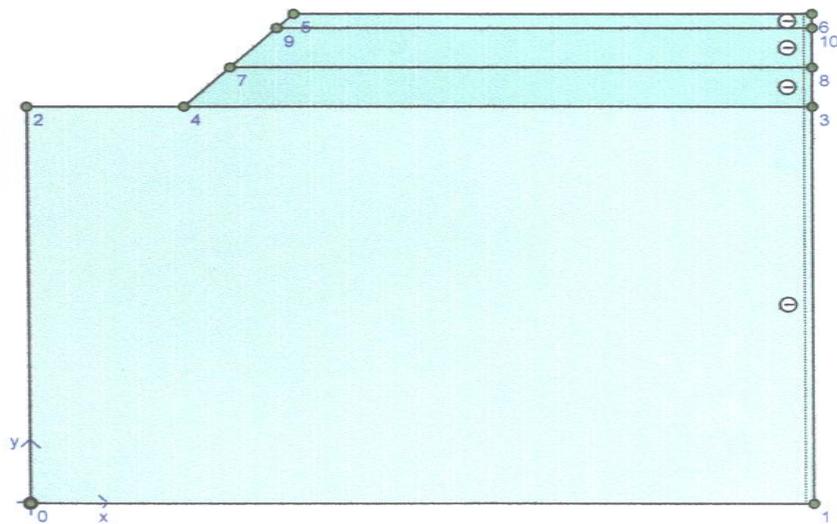
Menghitung waktu penurunan .

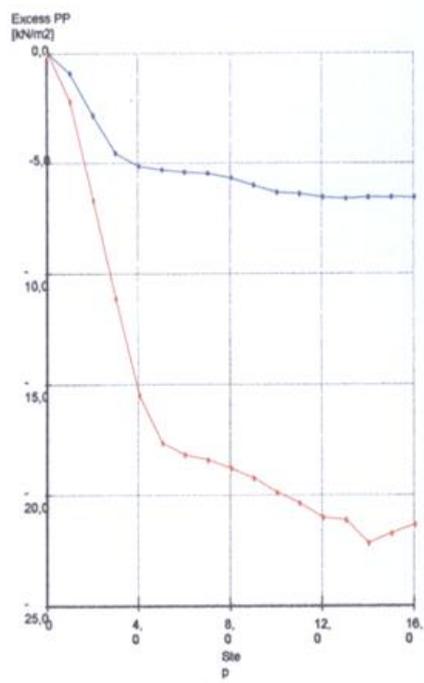
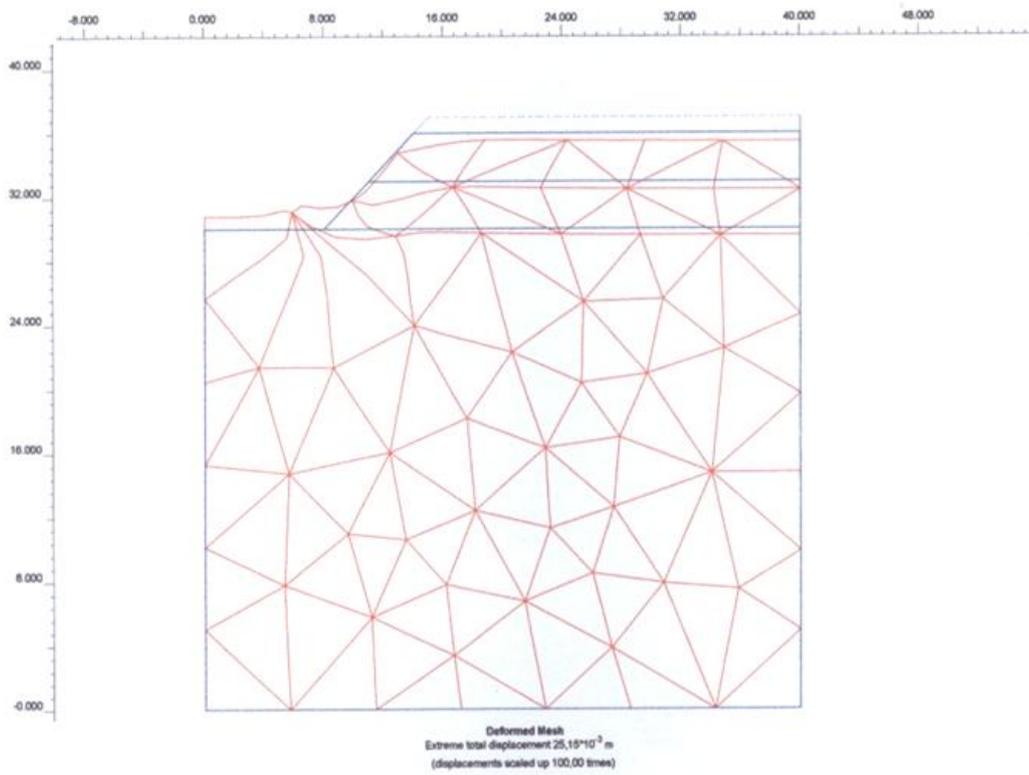
$$t = \frac{T_{90\%} H_{dr}^2}{C_v}$$

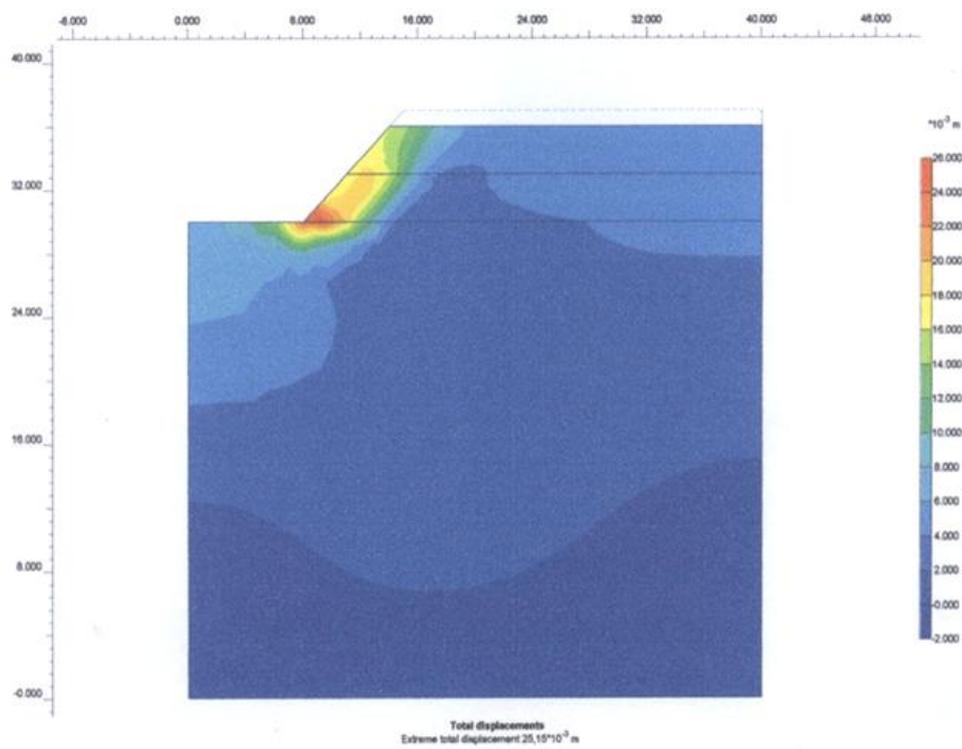
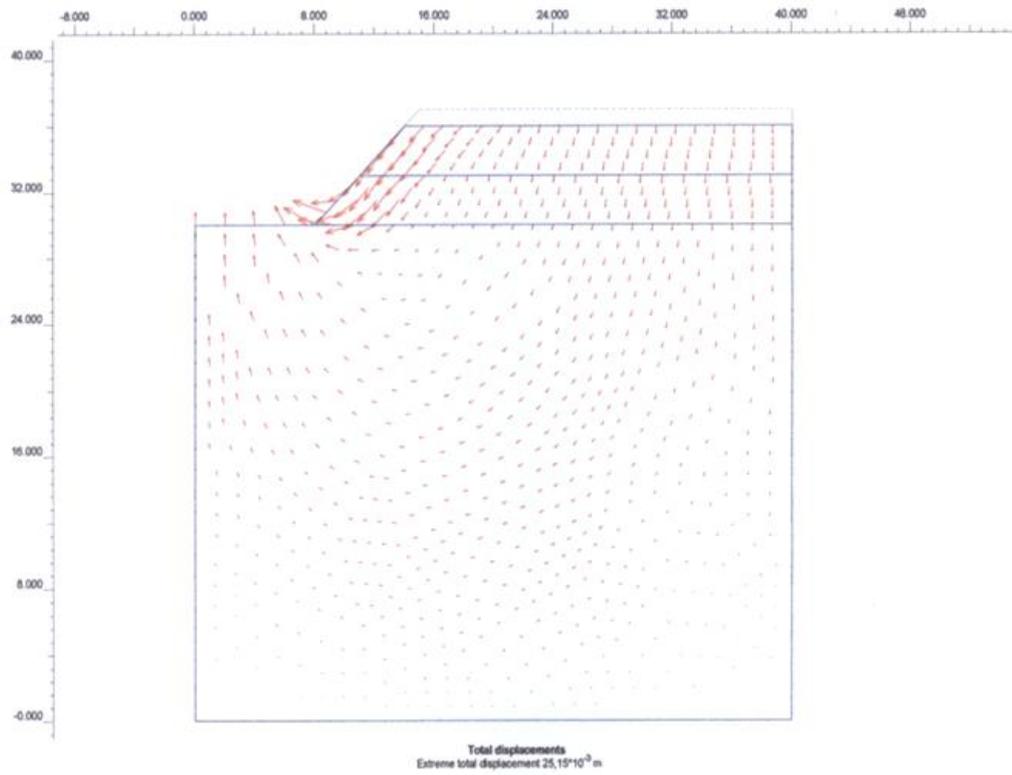
$$H = 30 \text{ m}, \quad T_{90\%} = 0.848$$

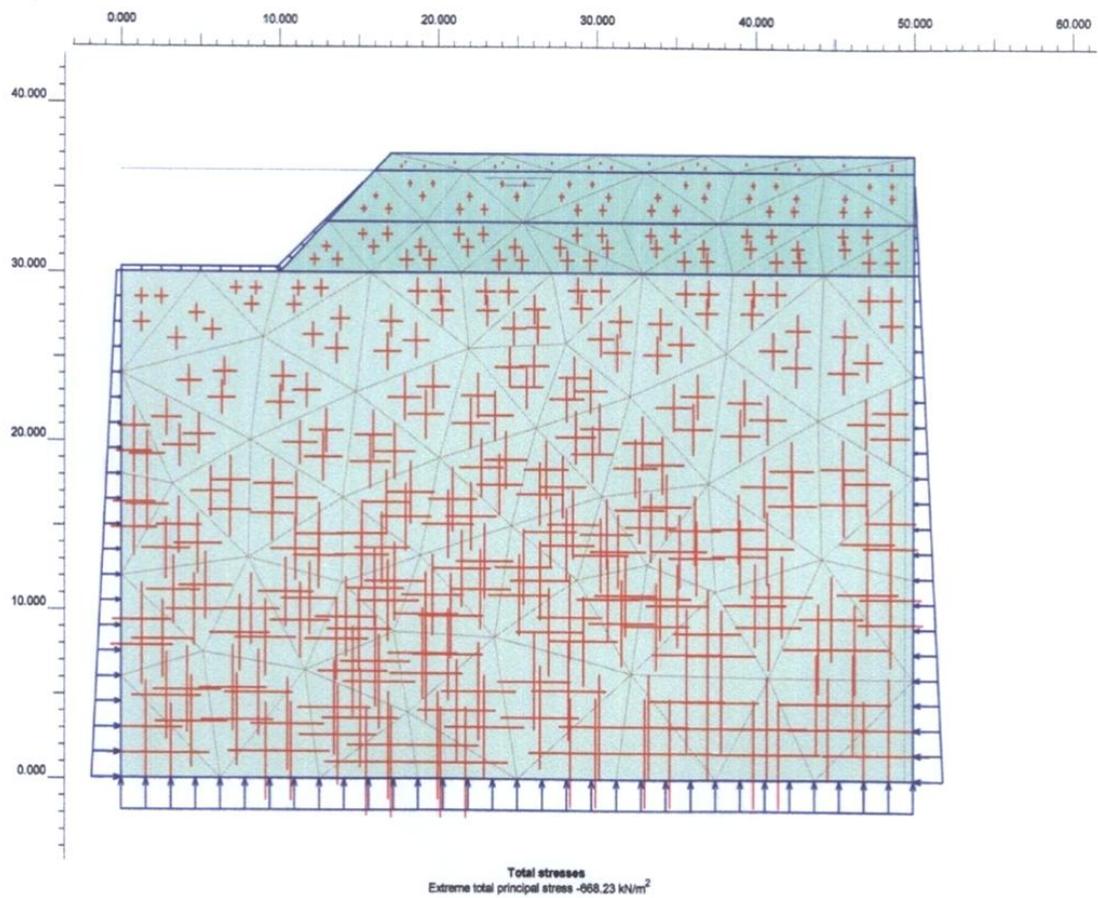
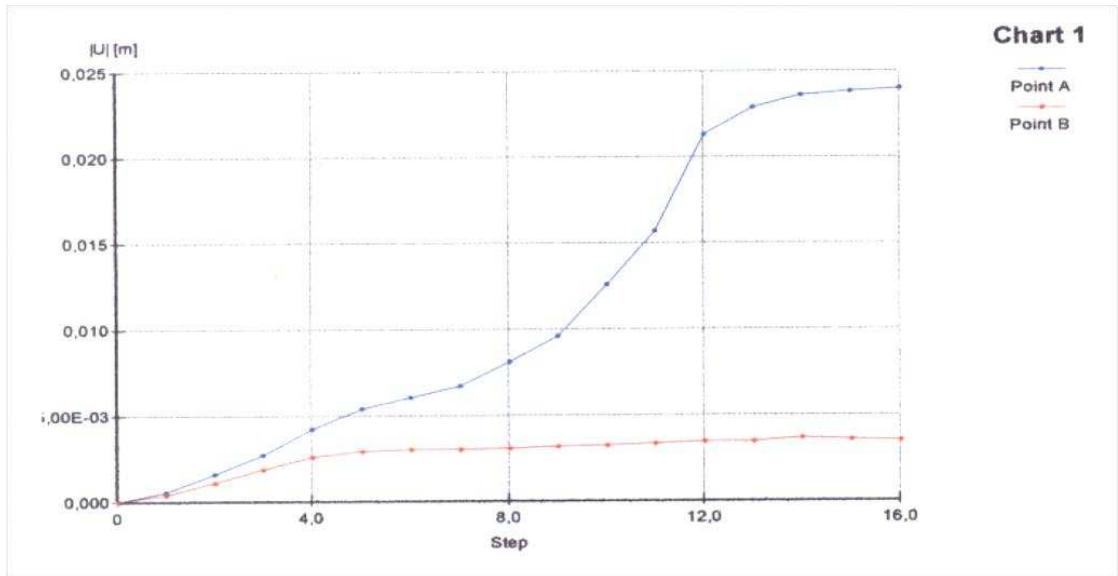
$$t = \frac{0.848 \times 30^2}{5} = 152,64 \text{ th}$$

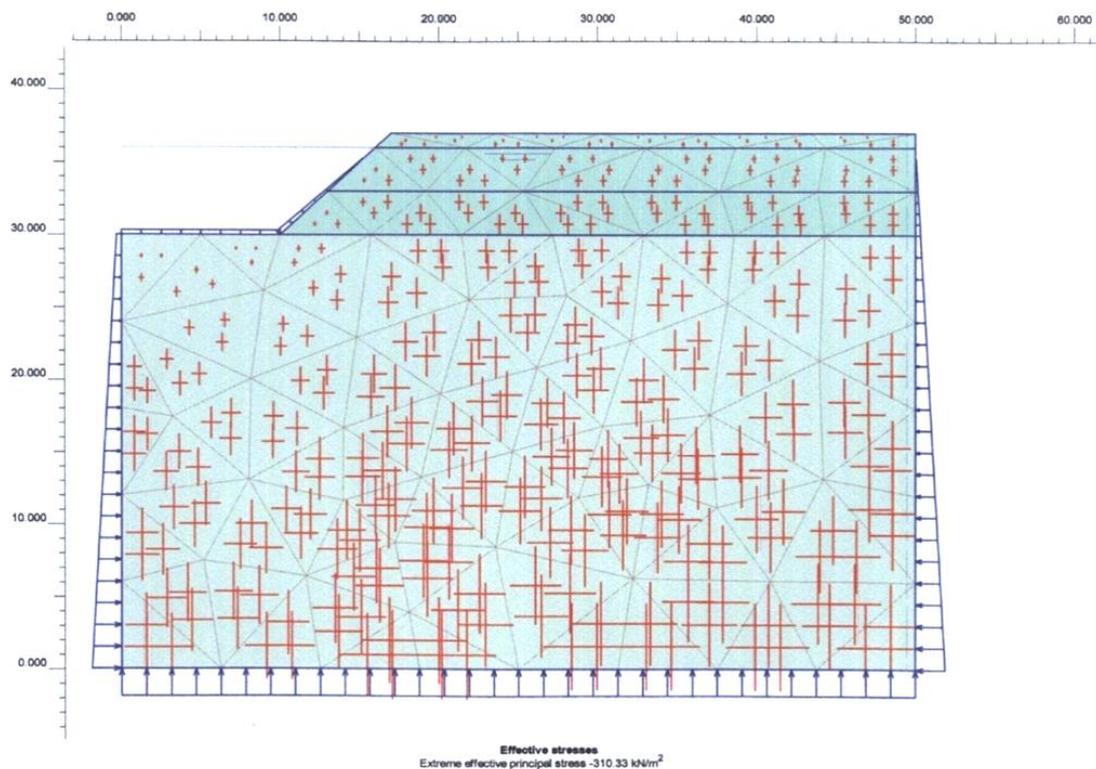
**HASIL PERHITUNGAN BERDASARKAN  
METODE ELEMEN HINGGA DENGAN SOFF WARE PLAXIS SEBAGAI ALAT  
BANTU. SEPERTI DIBAWAH INI**











## IV. PENUTUP

### 1. Saran

Hendaknya dalam setiap perencanaan Struktur bangunan , penyelidikan tanah sebagai syarat harus dilakukan untuk menghindari hal-hal yang tidak kita inginkan .

### 2. Kesimpulan

1. terjadi perbedaan hasil perhitungan secara analisis dengan finite element dengan soff ware sebagai alat bantu
2. perhitungan dengan finite element dengan soff ware sebagai alat bantu waktu penurunan tidak bisa diketahui sedangkan dengan cara analisis dapat dihitung
3. penurunan yang dapat dibaca dengan cara finite element dengan soff ware flaxis pada setiap tahapan penimbunan , sedangkan dengan cara analisis , bisa dihitung penurunan total begitu pula pada setiap tahapan penimbunan
4. begitu pula terhadap tegangan yang terjadi.

## Daftar Pustaka

- Braja M Das. (1984), *Principles Of Foundation Engineering*. California State University, Sacramento
- Indra Surya & Mochtar (1996), *Pembangunan Jalan Di Atas Tanah Lunak Dengan Vertikal Drain*. ITS Surabaya
- James K. Mitchell (1976), *Fundamentals Of Soil Behavior*. University of California Berkeley
- Suyono Sosrodarsono (1983), *Mekanika Tanah Dan Teknik Pondasi*. PT. Pradnya Paramita. Jakarta