



## PENAMBAHAN BEBAN PADA PONDASI TIANG AKIBAT GAYA NEGATIVE SKIN FRICTION

Suherman

### **RINGKASAN**

*Bila suatu timbunan diletakkan di atas tanah yang bersifat kompresibel, maka konsolidasi akan terjadi pada tanah tersebut.*

*Sebuah tiang dipancang ke dalam tanah yang kompresibel yang belum selesai konsolidasinya, maka tanah akan bergerak ke bawah bersama-sama tiang. Pergerakan ini akan menimbulkan gesekan permukaan antara tiang dengan tanah yang bergerak, disebut "Negative Skin Friction". Pengaruh utama dari negative skin friction adalah akan menambah beban aksial pada tiang, dan ini akan menambah juga terhadap penurunan yang diakibatkan perpendekan aksial dari tiang dengan penambahan beban.*

*"Negative Skin Friction" ini akan menghasilkan tegangan tarik yang lebih besar bila diakibatkan oleh tanah ekspansip.*

### **SUMMARY**

*When a fill is placed on a compressible soil deposit, consolidation of the compressible material will occur. A pile is driver into the compressible, before consolidation is complete, the soil will move downward relative to the pile.*

*This movement will develop skin friction between the pile and the moving soil, termed "Negative Skin Friction". The prinsipal effect of negative skin resistance is to increase the axial load in the pile, and it may result also in increased pile settlement due to the axial shortening of the pile under the increased axial load.*

*"Negative Skin Friction" can produse large tension stresses when the effect is from expansive soils.*

### **I. PENDAHULUAN**

Jenis pondasi tiang sering digunakan apabila lapisan tanah lembek dijumpai cukup tebal, sehingga apabila menggunakan pondasi langsung atau sumuran akan mempunyai daya dukung yang rendah serta penurunannya cukup besar. Pondasi tiang yang tertanam pada lapisan lempung lembek dengan timbunan berada di atasnya maka akan mendapat tambahan beban yang diakibatkan oleh mampatnya lapisan lembek maupun mampatnya timbunan itu sendiri.

Mampatnya tanah di sekeliling tiang akan mengakibatkan penurunan tanah tersebut sehingga menimbulkan suatu gerakan ke arah bawah.

Gerakan ini akan menarik tiang yang diapitnya dengan menghasilkan suatu gaya yang disebut "Negative Skin Friction". Gaya negative ini terjadi sepanjang tiang bersama-sama dengan turunnya tanah sekelilingnya sampai berakhir proses konsolidasi.

Pengaruh yang prinsipil dari gaya negative ini adalah akan menambah beban aksial pada tiang dan kemungkinan juga akan menambah



besarnya penurunan tiang akibat tarikan ke bawah dari tanah yang mampat. Dengan adanya tambahan beban ini maka perlu diperhatikan dalam desain pondasi tiang terhadap timbulnya tambahan beban vertical akibat konsolidasi tanah pendukungnya.

Sebagai contoh untuk mengetahui besarnya gaya negative skin friction ini, maka penulis mencoba menganalisis data pada jembatan Way Wiralaga Propinsi Lampung.

## II. PRINSIP DASAR

Seperti halnya daya dukung vertical pondasi tiang, maka besaran gaya "Negative Skin Friction" dapat ditentukan berdasarkan nilai parameter tanah pendukungnya. Untuk menghitung besarnya gaya tersebut, dapat digunakan persamaan yang dikemukakan oleh Bjerrum, yaitu :

$$Ca = k \cdot po \cdot \tan \phi + x \cdot pe$$

di mana :

Ca = satuan 'negative skin friction'

k = koefisien tekanan tanah lateral

po = tekanan tanah efektif overburdan

$\tan \phi$  = tekanan tanah efektif dari sudut geser

x = faktor yang tergantung dari kecepatan pembebanan

pe = tekanan eqivalen konsolidasi

Menurut Bjerrum persamaan di atas untuk nilai (x.pc) akan mendekati nilai nol bila kecepatan penurunan sangat lambat, sehingga persamaan menjadi :

$$Ca = k \cdot po \cdot \tan \phi$$

di mana :

Ca = satuan negative skin friction ( $t/m^2$ )

k = koefisien tekanan tanah lateral

po = tekanan tanah efektif overburdan ( $t/m^2$ )

$\tan \phi$  = tekanan tanah efektif dari sudut geser

### 2.1. Tiang Tunggal

Untuk sebuah tiang yang tertanam dalam lapisan lempung dengan mempunyai dimensi keliling O dan panjang L, maka besarnya gaya 'negative skin friction' adalah :

$$Pn = Ca \cdot O \cdot L$$

di mana :

Pn = gaya negative skin friction (ton)

Ca = satuan negative skin friction ( $t/m^2$ )

O = keliling tiang (m)

L = tebal tanah terkonsolidasi (m)

### 2.2. Tiang Kelompok

Gaya 'negative skin friction' ini juga akan terjadi tiang kelompok apabila jarak antar tiang relatif kecil dalam suatu kelompok. Besarnya gaya negative yang terjadi pada sekeliling kelompok tiang akan dipikul oleh tiang secara keseluruhan atau satu kelompok tiang.

Gaya yang terjadi dari mampatnya tanah di sekeliling kelompok tiang dapat ditentukan, dengan menggunakan rumus :

$$Pn = 2 ( H + B ) \cdot L \cdot Ca + B \cdot H \cdot q$$

di mana :

Pn = gaya negative skin friction (ton)

H = panjang kelompok tiang (m)

B = lebar kelompok tiang (m)

L = kedalaman tanah terkonsolidasi (m)

Ca = satuan rata-rata negatif s.f ( $t/m^2$ )

q = tekanan tanah timbunan ( $t/m^2$ )

Untuk menyederhanakan perhitungan, maka Bjerrum telah membuat tabel mengenai besaran parameter untuk lapisan lempung.

Tabel  
PARAMETER TANAH LEMPUNG

Jenis Lempung	$\phi$ e	K	Satuan negative Skin Friction (ca)
Kelanauan	30	0,45	0.25 po
Plastis rendah	20	0,50	0.20 po
Plastis	15	0,55	0.15 po
Plastis Tinggi	10	0.60	0.10 po



### III. PERILAKU NEGATIVE SKIN FRICTION

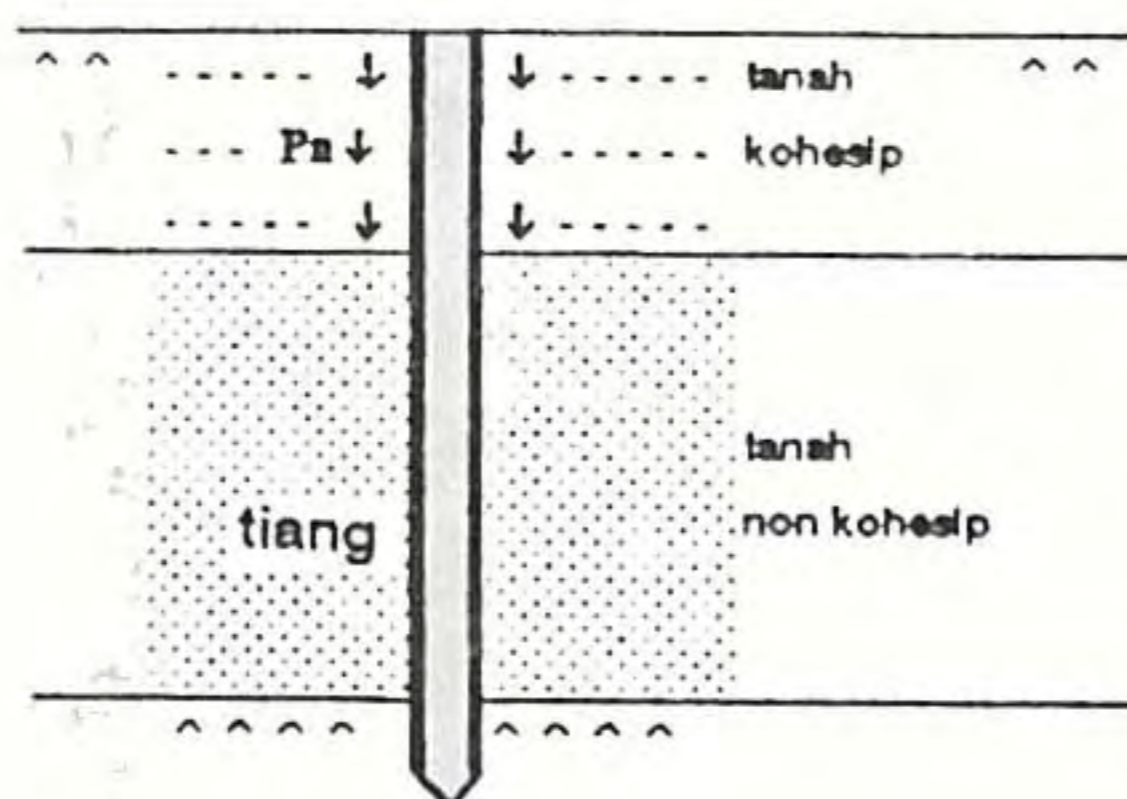
Gaya 'negative skin friction' akan terjadi baik pada timbunan tanah kohesip maupun lapisan tanah dasar pendukung tiang yang kompresibel.

#### 3.1. Kondisi Tanah

Gaya negative timbul pada kondisi sebagai berikut :

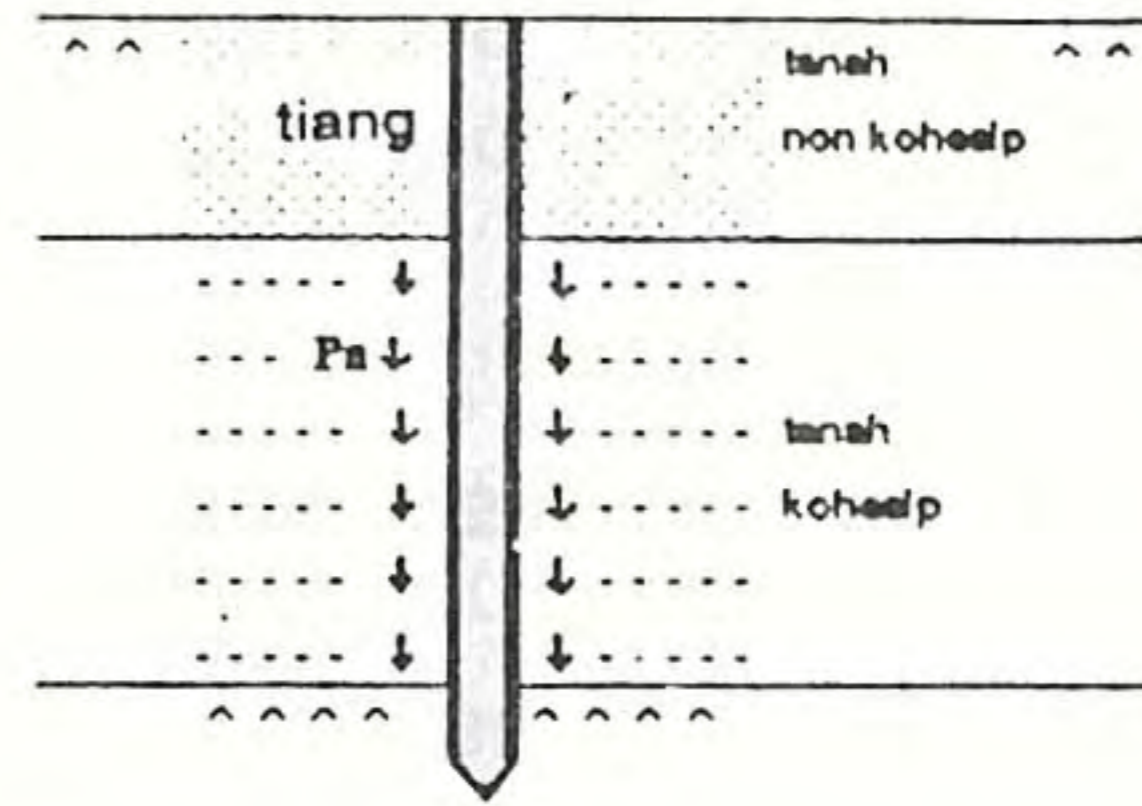
- a. Timbunan tanah kohesip berada di atas tanah nonkohesip. Dengan adanya berat sendiri dari timbunan tanah kohesip, maka akan terjadi menjadi pemampatan dan menimbulkan tahanan geser antara tanah dengan tiang menuju ke arah bawah. Disini gaya negative hanya terjadi pada sekeliling tiang yang berada pada timbunan (gbr : 1a)

Gambar 1a



- b. Timbunan tanah nonkohesip berada di atas tanah kohesip. Tarikan ke bawah pada tiang terjadi disebabkan tanah kohesip di bawah timbunan mengalami penurunan akibat pamanfatan karena pengaruh beban timbunan. Disini gaya negative yang terjadi pada sekeliling tiang hanya pada tanah yang berada di bawah timbunan. (gbr : 1b).

Gambar 1b



#### 3.2. Titik Netral

Besaran gaya negative skin friction untuk tiang pancang yang dipancang ke dalam lapisan yang mudah mampat, maka gaya yang terjadi sepanjang tiang tidak sama besarnya. Pada bagian tengah menghasilkan distribusi gaya yang relatif lebih besar, sedangkan pada bagian bawah yaitu yang berdekatan dengan lapisan bawah tanah yang mampat, besaran gaya relatif kecil, bahkan dapat bernilai nol yaitu yang disebut "titik netral".

Gaya skin friction yang terjadi di bawah titik netral mempunyai gaya ke atas sehingga disebut gaya "positive skin friction". Apabila tiang telah dipancang dengan ujung tiang mencapai lapisan pasir atau kerikil dan beban bekerja di atas kepala tiang, maka perubahan gaya positif axial pada tiang di bawah titik netral relatif besar. Pergeseran axial pada ujung tiang bagian bawah adalah relatif kecil berkisar 2-5 mm yang diperlukan untuk memindahkan gaya skin friction, sehingga ke dalaman titik netral pada tiang dapat diasumsi terjadi, di mana penurunan sebesar 5 mm. Besaran ini telah ditentukan oleh Norwegia Pile Commision. Maka dapat diasumsikan bahwa titik netral diambil dari level di mana penurunan tanah sekelilingnya mencapai sebesar 5 mm.



Disamping pernyataan di atas, adapula pengambilan titik netral untuk tiang pada tanah kohesip dapat diasumsikan :

$$L1 = L / \sqrt{2}$$

di mana :

L1 = jarak titik netral dari lapisan atas yang mampat (meter)

L = panjang tiang yang terbenam pada tanah kohesip (meter)

#### IV. ANALISA DATA

Sebagai contoh dalam perhitungan penerapan dari besaran gaya negative skin friction, dapat diuraikan seperti di bawah ini. Data tanah yang digunakan dalam analisis ini diambil dari hasil penyelidikan tanah pada lokasi jembatan Way Wiralaga Propinsi Lampung. Data tanah dasar untuk tumpuan pondasi berupa lapisan lanau lempungan warna abu-abu sifat sangat lembek.

Nilai sondir  $N_s = 1 - 4 \text{ kg/cm}^2$ .

Tebal lapisan lembek  $H = 15 \text{ meter}$ .

Data laboratorium :

sudut geser dalam ( $\phi$ )	= 7.5
kohesi cu	= $0.85 \text{ t/m}^2$
berat isi	= $1.32 \text{ t/m}^3$
berat isi timbunan	= $1.83 \text{ t/m}^3$
tinggi timbunan Ht	= 3.00 m
muka air tanah (MA)	= 0.00 m MT

##### 4.1. Negative Skin Friction.

Besarnya satuan skin friction untuk tanah berplastis tinggi menurut Bjerrum adalah : untuk  $\phi = 10^\circ$  nilai  $k = 0.60$ . maka satuan negative skin friction  $ca = 0.10 Po$

a. Pada dasar timbunan ( dipermukaan tanah dasar)

$$\begin{aligned} Ca &= 0.10 Po = 0.10 \times \tau t \times Ht \\ &= 0.10 \times 1.83 \times 3.00 \\ &= 0.549 \approx 0.55 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

b. Pada kedalaman - 15.00 m Mt  
Titik netral terletak pada :

$$L1 = L / \sqrt{2} = 15 / \sqrt{2} = 10.63 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned} Ca &= 0.10 Po = 0.10 \times \{(\tau t \times Ht) + \\ &\quad (\tau - 1) \times L1\} \\ &= 0.10 \{(1.83 \times 3.00) + (1.32 - 1) \\ &\quad \times 10.63\} \\ &= 0.10 \{5.49 + 3.40\} \\ &= 8.89 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

Harga rata-rata satuan negative skin friction, dari permukaan 0.00 m sampai dengan - 15.00 m MT adalah :

$$\begin{aligned} Ca \text{ rata-rata} &= \frac{1}{2} (0.55 + 8.89) = 4.72 \text{ t/m}^2 \\ \text{Keliling tiang } O &= \pi d = 3.14 \times 0.40 = \\ &= 1.256 \text{ m.} \end{aligned}$$

##### Gaya " Negative Skin Friction " :

a. Berdasarkan tiang tunggal :

$$P_n = Ca \times O \times L1$$

$$P_n = 4.72 \times 1.256 \times 10.63 = 5,70 \text{ ton}$$

Jadi gaya negative skin friction untuk tiang tunggal

$$P_n = 5.70 \text{ ton}$$

$$\text{Untuk 10 tiang} = 10 \times 5.70 = 57.00 \text{ ton}$$

b. Berdasarkan kelompok tiang

Bila perbandingan jarak antara tiang dengan diameter adalah relatif kecil, maka gaya negative skin friction dapat diperhitungkan terhadap kesatuan kelompok (block) dari tiang tersebut.

Data tiang, dapat dilihat pada gbr. 2

Jumlah tiang adalah  $2 \times 5 = 10$  tiang

Jarak tiang arah melintang jembatan

$$S1 = 2.00 \text{ m}$$

Jarak tiang arah memanjang jembatan

$$Sp = 1.80 \text{ m}$$

$$\text{Diameter tiang } D = 0.40 \text{ m}$$

$$\text{Keliling kelompok } O = 2 (2.20 + 8.40)$$

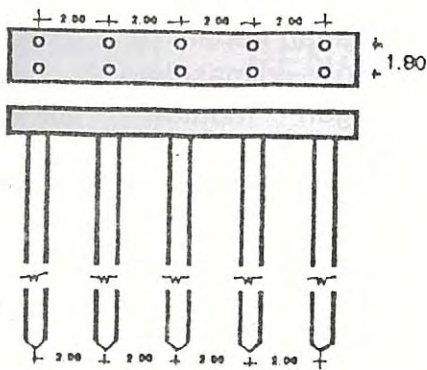
$$= 21.20 \text{ m}$$

$$Q_n = Ca \times O \times L1$$

$$= 4.72 \times 21.20 \times 10.63 = 1063.68 \text{ ton}$$



Gambar 2



#### 4.2. Daya Dukung Tiang

a. Berdasarkan Tiang Tunggal

Pondasi yang digunakan adalah tiang pancang pipa baja

Diameter tiang (D) = 40 cm

Luas penampang tiang (AP) = 1256 cm<sup>2</sup>

Keliling tiang (O) = 125.6 cm

Kedalaman ujung pondasi tiang berada pada -25.00m MT. Daya dukung pertiang ditentukan dari hasil sondir (lihat gbr.3) dengan persamaan :

$$Pa = 1/3 (Ns \times Ap) + 1/5 (Jhp \times O)$$

di mana :

Pa = Daya dukung tiang yang diizinkan (kg)

Ns = Nilai sondir rata-rata pada ujung tiang (kg/cm<sup>2</sup>)

Jhp = Nilai hambatan pelekat sepanjang tiang (kg/cm)

Ap = Luas penampang bawah ujung tiang (cm<sup>2</sup>)

O = Keliling tiang (cm)

Dari data hasil penyondiran didapat :

Nilai sondir rata-rata adalah  $Ns = \frac{1}{2} [ \frac{1}{2} (Ns' + Ns'') + Ns''' ]$

di mana :

Ns' = Nilai sondir rata-rata antara 0.7 D dan 4 D di bawah ujung tiang = 150 kg/cm<sup>2</sup>

Ns'' = Nilai sondir minimum antara 0.7D dan 4 D di bawah ujung tiang = 150 kg/cm<sup>2</sup>.

Ns''' = Nilai sondir minimum antara 6 D dan 8 D di atas ujung tiang = 80 kg/cm<sup>2</sup>.

$$\text{Jadi } Ns = \frac{1}{2} [ \frac{1}{2} (150 + 150) + 80 ] = 115 \text{ kg/cm}^2.$$

$$Jhp = 700 \text{ kg/cm}.$$

Daya dukung tiang :

$$Pa = 1/3 (115 \times 1256) + 1/5 (700 \times 125.6) = 65730 \text{ kg} = 65.73 \text{ ton}$$

b. Berdasarkan Tiang Kelompok :

Luas dasar Ap = 2.20 x 8.40 = 18.48 m<sup>2</sup> = 184800 cm<sup>2</sup>

Keliling O = 2 (2.20 + 8.40) = 21.20 m = 2120 cm

Daya dukung yang diizinkan :

$$Pk = 1/3 (115 \times 184800) + 1/5 (700 \times 2120) = 738080 \text{ kg} = 7380.80 \text{ ton}$$

#### 4.3. Perbandingan

Dari hasil analisis di atas di mana besarnya gaya negative skin friction dibandingkan terhadap besarnya daya dukung tiang yang diizinkan adalah :

Tiang tunggal :

$$5.70 : 65.73 = 0.087$$

Maka gaya negative sebesar = 8.70 % dari daya dukungnya.

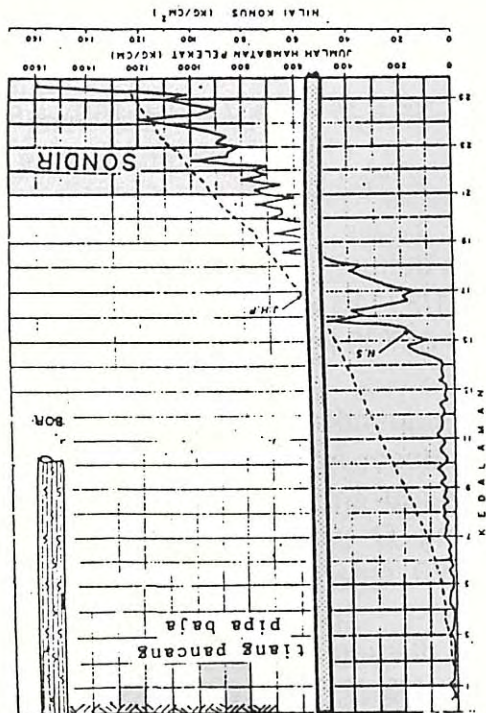
Tiang kelompok :

$$1063.68 : 7380.80 = 0.144$$

Maka gaya negative sebesar = 14.4 % dari daya dukungnya.



**Gambar 3**  
**HUBUNGAN ANTARA KEDALAMAN DENGAN**  
**NILAI KONUS PADA SONDIR**



## V. KESIMPULAN

Dari hasil uraian di atas maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Gaya negative skin friction pada tiang akan terjadi bila tanah sekeliling tiang mengalami pemampatan baik akibat pembebanan maupun berat sendiri.
- Gaya negative ini bergerak ke arah bawah bersama dengan turunnya tanah sekitar tiang

- Penambahan beban akibat gaya negative dimasukkan kedalam perhitungan muatan mati yang bekerja di atas pondasi tiang.
- Dari hasil analisis maka gaya negative skin friction sebesar 8.70 % untuk tiang tunggal dan sebesar 14.4 % untuk kelompok tiang dari daya dukung tiang yang diizinkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Edward William Brand and Rolf Peter Brenner, Soft Clay Engineering, Esvier Scientific Publishing Company, Tahun 1981.
- Joseph E Bowles, Foundation Analysis and Design, Mc Graw Hill Kogakusha Ltd., Tahun 1985.
- Lee S. L.YL Kog and GP Karunaratne, Consolidation Induced Negative Skin Friction On Pile In Layered Soil, Geotechnical Engineering, Tahun 1985.
- Tomlinson M J, Pile Design and Construction Practice, A Viewpoint Publication, Tahun 1977
- Suherman H.M, Laporan Penyelidikan dan Pengkajian Kerusakan Oprit Jembatan Way Wiralaga, Pusat Litbang Jalan, Tahun 1994.

### Penulis :

*Drs. M. Suherman, Ajun Peneliti Muda Bidang Geoteknik, Pusat Litbang Jalan.*