

Jurnal

PONDASI

berkala ilmiah keteknikan

- | | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | STUDI PARAMETER POST-BUCKLING PADA STUKTUR CANGKANG BOLA Suminin |
| 11 | ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI DALAM TERHADAP NEGATIF SKIN FRICTION DI SEMARANG UTARA Rifqi Brilyant Arief |
| 24 | PEMANFAATAN LIMBAH SCALE SCARFING PADA BETON Mardiana Oesman |
| 35 | PENGARUH AMBLESAN LAHAN TERHADAP LINGKUNGAN PEMUKIMAN DI DATARAN ALUVIAL SEBAGIAN KOTA SEMARANG Soedarsono |
| 45 | RUANG, SUMBERDAYA ALAM DAN LINGKUNGAN SEBAGAI PEMBATA DAFTAR PERMINTAAN PEMERINTAH DAERAH DALAM PRODUK PERENCANAAN TATA RUANG WILAYAH DI ERA OTONOMI Jamilla Kautsary |
| 58 | MASALAH LINGKUNGAN DAN KUALITAS RUMAH PENDUDUK DI KAWASAN BANJIR SEMARANG UTARA Wiwik Puji Mulyani |
| 69 | FAKTOR PENGARUH DALAMPENGELOLAAN TENAGAKERJA INDONESIA SEKTOR KONSTRUKSI SEBAGAI TENAGA KERJA MIGRAN Henny Pratiwi Adi, M Agung Wibowo |
| 83 | STUDI KONDISI SANITASI LINGKUNGAN DAN PENGELOLAANNYA PADA BANGUNAN RUMAH SAKIT Hermin Poedjiastoeti |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| STUDI PARAMETER POST-BUCKLING PADA STRUKTUR CANGKANG BOLA Sumirin | 1 |
| ANALISIS DAYA DUKUNG PONDASI DALAM TERHADAP NEGATIF SKIN FRICTION DI SEMARANG UTARA Rifqi Brilyant Arief | 11 |
| PEMANFAATAN LIMBAH SCALE SCARFING PADA BETON Mardiana Oesman | 24 |
| PENGARUH AMBLESAN LAHAN TERHADAP LINGKUNGAN PERMUKIMAN DI DATARAN ALUVIAL SEBAGIAN KOTA SEMARANG Soedarsono | 35 |
| RUANG, SUMBER DAYA ALAM DAN LINGKUNGAN SEBAGAI PEMBATAS DAFTAR PERMINTAAN PEMERINTAH DAERAH DALAM PRODUK PERENCANAAN TATA RUANG WILAYAH DI ERA OTONOMI (Studi Kasus Penyusunan RTRW Kabupaten Kulonprogo) Jamilla Kautsary | 45 |
| MASALAH LINGKUNGAN DAN KUALITAS RUMAH PENDUDUK DI KAWASAN BANJIR, SEMARANG UTARA, KOTA SEMARANG Wiwik Puji Mulyani | 58 |
| FAKTOR PENGARUH DALAM PENGELOLAAN TENAGA KERJA INDONESIA SEKTOR KONSTRUKSI SEBAGAI TENAGA KERJA MIGRAN Henny Pratiwi Adi, M. Agung Wibowo | 69 |
| STUDI KONDISI SANITASI LINGKUNGAN DAN PENGELOLAANNYA PADA BANGUNAN RUMAH SAKIT Hermin Poedjiastoeti | 83 |

**Analisis Daya Dukung Pondasi Dalam
Terhadap Negatif Skin Friction di Semarang Utara
(Analysis On Deep Foundation Bearing Capacity For Negatif Skin Friction
In North Semarang)
Rifqi Brilyant Arief**

Abstract

A deep foundation is often used on soft soil areas in North Semarang. Soft soil at these areas is about 25 meters deep. With the depth, the use of deep foundation results in considerable negative skin friction toward foundation. In a short term, foundations in soft soil take part in holding burden. In the long term, when soft soil consolidates, it contributes to push foundations downward. This makes security value of foundations decrease. In most of the cases, the difference of settlements among the existing buildings' columns occurs. It results in fractural damages to the above structures. This research is aimed to identify the security value of several buildings with deep foundations. The age of the analyzed buildings is around 15 years. Settlement around these buildings has been identified based on the difference of elevation between the foundations supporting the buildings and the soil around the foundations. This indicates that the foundations experienced negative skin friction. The result of this research can be used as a reference in designing foundations for soft soil.

Key words : soft soil, consolidation, negatif skin friction

I. Pendahuluan

I.I. Latar Belakang Permasalahan

Pendirian bangunan besar di lokasi tanah lunak sering kali membutuhkan pondasi dalam. Dalam disain untuk mencapai daya dukung yang diinginkan, kedalaman pondasi diupayakan untuk mencapai tanah keras. Dalam perhitungan disain keadaan aman dapat dicapai, tetapi dalam jangka waktu panjang tanah lunak akan mengalami penurunan konsolidasi. Di dalam beberapa kasus penurunan tanah telah mengakibatkan *pile cap*, tiang pancang dan balok pondasi menggantung di atas permukaan tanah eksisting.

Bangunan gedung yang menggunakan pondasi tiang juga tampak menggantung. Upaya perbaikan yang sering dilakukan adalah dengan pemasangan *woven geotextile* dan timbunan gravel. Upaya ini bukan merupakan solusi terbaik untuk pengendalian penurunan tanah, karena menambah penurunan akibat tambahan beban pada lapisan tanah pondasi. Dampak penurunan yang lain adalah penurunan di lokasi dan bangunan yang tidak menggunakan pondasi tiang. Jalan dan bangunan yang menggunakan pondasi dangkal ikut turun mengikuti turunnya tanah di bawahnya. Dalam

beberapa kasus dijumpai pondasi dalam mengalami differential settlement yang mengakibatkan kerusakan struktur atasnya.

I.2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini dimaksudkan untuk :

1. Mengetahui akibat penurunan tanah lunak apakah berbahaya bagi pondasi dalam di bangunan Semarang Utara.
2. Mencari solusi terbaik terhadap konstruksi atas yang dipakai, jika menggunakan struktur pondasi dalam.

I.3. Manfaat Penelitian ini

1. Hasil penelitian ini dapat dipakai sebagai panduan dalam perencanaan bangunan yang memakai pondasi dalam di tanah lunak Semarang Utara
2. Hasil penelitian ini bisa dipakai untuk mengatasi negatif skin friction yang terjadi dalam pemakaian pondasi dalam di Semarang Utara.
3. Hubungan antara angka keamanan pondasi dalam & konsolidasi dengan waktu dapat memberi wawasan terhadap owner tentang pemeliharaan terhadap bangunan.

II. Metode Penelitian

Data yang diambil untuk penelitian dicari dari penyelidikan tanah lapangan yang dilakukan oleh LAPI ITB pada tahun 2006. Penyelidikan lapangan tersebut meliputi (Bor, Sondir manual, dan CPTU). Sedangkan penyelidikan laboratorium

dilakukan di Laboratorium Mekanika Tanah ITB. Analisis dan interpretasi data dilakukan dengan memproses data dari lapangan dan laboratorium dengan menggunakan teori yang ditulis di tinjauan pustakan.

III. TINJAUAN PUSTAKA

Di dalam tinjauan pustaka teori-teori yang diberikan hanya yang dipakai dalam analisis di penelitian ini.

3.1. Daya Dukung Tiang di Tanah Lempung

Kondisi Undrained

Untuk tanah kohesif , daya dukung tiang berada dalam kondisi kritis pada short term karena kekuatan lempung akan meningkat pada saat konsolidasi atau tanah yang terganggu selama proses instalasi akan terbentuk kembali pada jangka waktu panjang. Untuk tiang pada lempung konsep yang diaplikasikan untuk mengevaluasi daya dukung parameter tanahnya $\phi = 0$. Kemudian kohesi $c = c_u = S_u$ dan faktor daya dukung $N_y = 0$ dan $N_q = 1$.

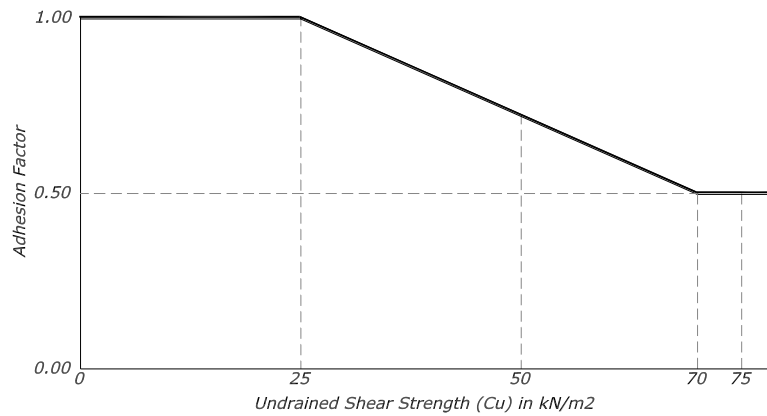
Daya dukung $(Q_v)_{ult}$ untuk tiang pada tanah lempung dapat diekspresikan dalam bentuk berikut :

$$(Q_v)_{ult} = A_p c_u N_c + p \sum_{L=0}^{L=L} \alpha \cdot c_u \Delta L \dots (1 - 1)$$

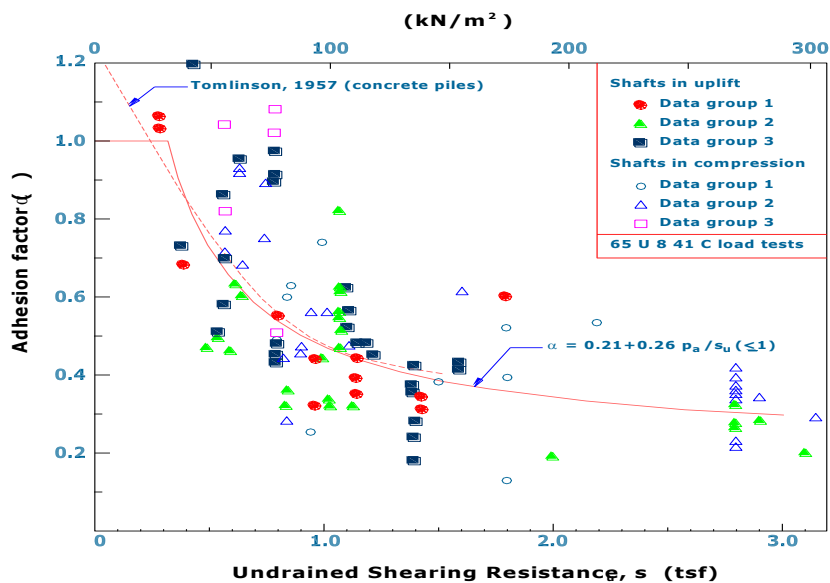
Dimana :

A_p = luas ujung tiang ; c_u = undrained shear strength ; N_c = faktor daya dukung , diambil 9 p = keliling tiang ; α = faktor adesi ; L = panjang tiang

Nilai dari faktor adesi (α) bisa didapatkan dibawah ini :
 dari Gambar 3.1 dan Gambar 3.2



Gambar 3.1. Penentuan Nilai α untuk tiang pancang pada tanah lempung (API Metode-2,1986)



Gambar 3.2. Penentuan Nilai α untuk tiang bor pada tanah lempung (Kulhawy, 1984)

Kondisi Drained

Untuk kondisi drained dalam menghitung daya dukung ujung persamaan (3-1) menjadi :

$$Q_p = A_p \sigma'_v N_q \dots\dots\dots(3-2)$$

Sedangkan untuk menghitung daya dukung selimut tiang persamaan (3-1) menjadi:

$$Q_s = p \sigma'_v K_s \tan \phi_a \dots\dots\dots(3-3)$$

Burland (1973) menyajikan parameter $\beta = K_s \tan \phi'_a$ dan mendemonstrasikan bahwa

nilai terendah untuk β untuk tanah lempung NC dapat diberikan sebagai :

$$\beta = (1 - \sin \phi') \tan \phi' \dots\dots\dots(3 - 4)$$

Dimana :

ϕ' = sudut geser dalam efektif untuk lempung.

Untuk tiang di tanah lempung keras, Burland (1973) menyarankan nilai $K_s = K_o$ dan $\phi'_a = \phi'$, akan memberikan nilai maksimum pada skin friction untuk tiang bor dan nilai batas bawah untuk tiang pancang. Mayerhoff (1976) menyajikan data yang mengindikasikan bahwa K_s untuk tiang bor pada tanah lempung keras sekitar 1.5 kali K_o . Sedangkan K_s untuk tiang bor nilainya sekitar setengahnya dari nilai K_s untuk tiang pancang. Untuk tanah lempung OC, nilai K_o dapat ditentukan :

$$K_o = (1 - \sin \phi') \sqrt{OCR}$$

Dimana :

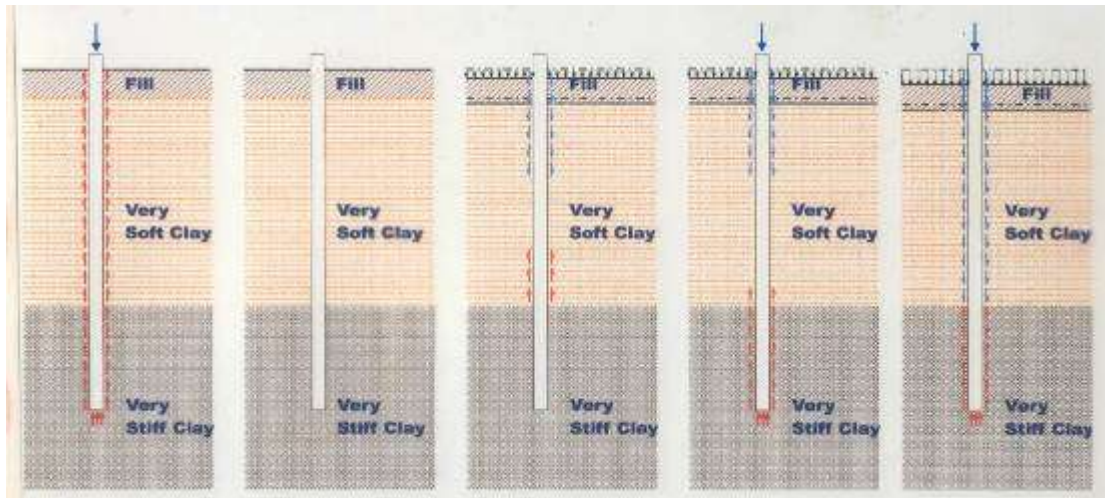
OCR = rasio over konsolidasi.

Dari hasil pengukuran negatif skin friction pada tanah lempung lembek nilai ϕ' berkisar antara 20 s/d 30 derajat. Kalau dimasukkan dalam persamaan (3 - 4)

β hanya akan bervariasi antara 0.24 s/d 0.29.

2.2. Mekanisme Timbulnya Gesekan Negatif Pondasi Tiang Pancang

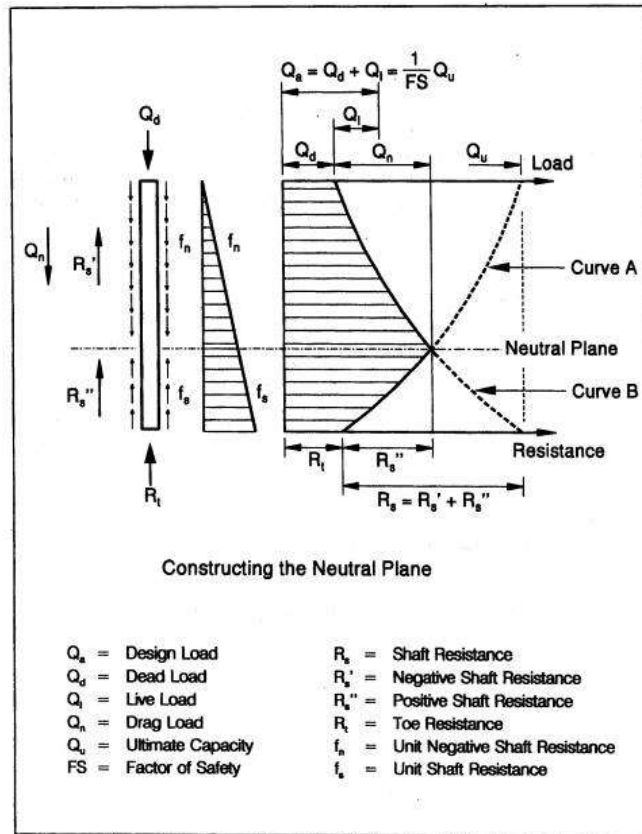
Bila sebuah tiang berada di dalam tanah timbunan yang cukup tebal dan ditempatkan di atas lapisan tanah yang kompresibel, maka tanah akan cenderung bergerak ke bawah. Akibat beban timbunan terjadi peningkatan tekanan air pori sehingga tanah tersebut mengalami konsolidasi dan penurunan yang cukup besar. Jika penurunan tanah di sekitar tiang tiang lebih besar daripada penurunan tiang, maka akan timbul geseran antara selimut tiang dengan tanah ke arah bawah yang menyebabkan tiang pancang tertarik ke bawah. Cara geser ke bawah ini dikenal sebagai gesekan negatif (negatif skin friction) atau downdrag. Mekanisme tersebut dapat dijelaskan urut-urutannya pada Gambar 3-3 urut dari kiri ke kanan



Gambar 3-3 Mekanisme terjadinya negatif skin friction dari kiri ke kanan (Masyhur Irsyam, 2006)

Perilaku ini juga terjadi pada daerah endapan lumpur atau lempung akibat terganggunya tanah pada saat pemancangan tiang. Peningkatan tekanan air pori pada saat pemancangan menimbulkan settlement konsolidasi pada saat tekanan air pori eksekutif terdispersi yang mengakibatkan gesekan negatif. Akibat utama yang ditimbulkan oleh gesekan negatif adalah penambahan beban aksial pada tiang dan pengurangan tegangan efektif pada ujung tiang yang disertai pengurangan kapasitas daya dukung ultimit. Penambahan beban aksial pada tiang dapat mengakibatkan pertambahan penurunan tiang yang disebabkan oleh pemendekan aksial tiang

pancang di bawah titik netral. Yang dimaksud dengan titik netral adalah elevasi pada tiang dimana tidak terjadi geseran antara selimut tiang dengan tanah atau suatu titik batas dimana terjadi perubahan menjadi gesekan negatif seperti yang terlihat pada Gambar 3.4. Titik netral terletak di elevasi dimana jumlah antara beban mati yang bekerja pada tiang (Q_d) + negatif skin friction (Q_n) = daya dukung ujung (Q_t) + positif skin friction (R_s). Sedangkan Prakash dan Sharma (1990) menentukan bahwa titik netral terletak pada kedalaman 0.75 ketebalan lapisan tanah yang kompressible dari permukaan tanah.



Gambar 3.4 Letak dan penentuan titik netral (Goudreal & Fellenius 1994)

3.3 Metoda Mengevaluasi Gesekan Negatif

Besarnya gesekan negatif merupakan jumlah gaya geser disepanjang tiang. Pada tiang pancang tunggal besaran tersebut pada kedalaman z adalah

$$P = \int_0^z \tau_a p \cdot dz \dots\dots\dots(1-5)$$

di mana :

τ_a = tegangan geser antara tiang dengan tanah ; p = keliling tiang.

Besarnya τ_a dipengaruhi dari oleh nilai β dan nilai N_0 yang nilainya sama dengan $K_s \tan \phi'$. Nilai β dan nilai N_0 bergantung dari jenis tanah dan dapat dilihat dalam Tabel 3.1. dan Tabel 3.2. berikut ini:

Tabel 3.1. Nilai β oleh Dr. Garlenger (1973)

| Jenis tanah | β |
|-------------|---------------|
| Pasir | 0.35 s/d 0.5 |
| Lanau | 0.25 s/d 0.35 |
| Lempung | 0.20 s/d 0.25 |

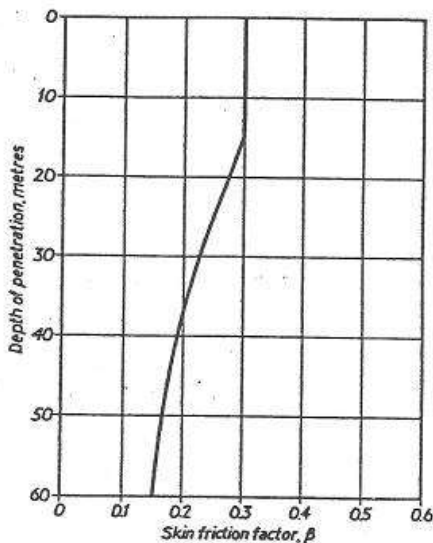
Tabel 3.2. Nilai No oleh Vesic (1977)

| Jenis tanah dan kondisi tiang | | No |
|----------------------------------------|---------|---------------|
| Tiang tidak dicoating | Lempung | 0.15 s/d 0.3 |
| | Pasir | 0.3 s/d 0.8 |
| Tiang dicoating bentonite atau bitumen | | 0.01 s/d 0.05 |

Disamping nilai β di atas Mayerhof (1973) juga menyajikan nilai β yang nilainya

bervariasi terhadap kedalaman, yang bisa ditentukan pada Gambar 3.5.

Calculating the resistance of piles to compressive loads



Gambar 3.5. Nilai β oleh Mayerhoff (1973)

Dalam memperkirakan gesekan negatif Garlenger (1973) memberi asumsi :

1. Gaya geser pada selimut tiang dihubungkan dengan tegangan efektif

vertikal secara empiris untuk menentukan harga konstanta $K \tan \phi'$.

2. Gesekan negatif hanya bekerja sampai titik netral.

IV. Analisis dan Hasil

Perbandingan Antara Hasil Tes Tanah Terdahulu Dengan Tes Tanah Sekarang

Tanah pada lapisan ke dua (lapisan silty clay sangat lunak) adalah lapisan yang sedang mengalami

konsolidasi. Nilai N-SPT dari hasil penyelidikan tanah terbaru pada lapisan tersebut adalah seperti pada Tabel 4-1 di bawah ini :

Tabel 4-1 Nilai N-SPT hasil penyelidikan tanah terbaru

| Kedalaman | Lokasi 1 | Lokasi 2 | Lokasi 3 | Lokasi 4 |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|
| 5 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | 4 | 1 | 1 | 1 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 2 |
| 9 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| 10 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 11 | 1 | 1 | 2 | 3 |
| 12 | 2 | 1 | 1 | 3 |
| 13 | 2 | 1 | 1 | 4 |
| 14 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 15 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 16 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 17 | 1 | 2 | 2 | 2 |
| 18 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 19 | 2 | 2 | 5 | 2 |
| 20 | 1 | 2 | 2 | 5 |
| 21 | 2 | 1 | 2 | 5 |
| 22 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| 23 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 24 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| 25 | 2 | 9 | 3 | 3 |
| rata-rata | 1,67 | 1,67 | 1,90 | 2,71 |
| cu (kN/m ²) | 11,11 | 11,11 | 12,70 | 18,10 |

Untuk mencari c_u awal lapisan 2 sebelum ditimbun, digunakan korelasi $c_u = 6.66 N$ (Terzaghi). $\tau_f = c_u$ sekarang. Sementara $\tau_f / \sigma_v' = 0.22$ (Mesri, 1982).

Padahal harga c_u sekarang sudah diketahui dari korelasi dengan harga N-SPT. Oleh karena itu bisa didapatkan hubungan :

$$c_u \text{ sekarang} = c_u \text{ awal} + 0.22 \Delta\sigma_v' \dots\dots\dots(4-1)$$

Penambahan tegangan karena timbunan adalah sebesar $\Delta\sigma' = 38 \text{ kN/m}^2$. Dari perhitungan waktu konsolidasi, didapatkan bahwa dari penurunan yang didapat di lapangan derajat konsolidasi sekarang adalah sebesar 60%.

Maka persamaan III-1 di atas menjadi :

$$c_u \text{ sekarang} = c_u \text{ awal} + 0.22 \Delta\sigma_v' \times 60 \% \dots\dots\dots(4-2)$$

Persamaan 4-2 di atas kalau diterapkan pada lokasi INTAKE :

$$11.11 = c_u \text{ awal} + 0.22 \times 38 \times 60 \%$$

Akan didapatkan $c_u \text{ awal} = 6.095 \text{ kN/m}^2$.

$$\text{Sedangkan } c_u \text{ akhir} = 6.095 + 0.22 \times 38 = 14.455 \text{ kN/m}^2$$

Kalau perhitungan di atas di terapkan pada lokasi yang lain akan didapatkan parameter $c_u \text{ awal}$ seperti pada Tabel 4.2 di bawah ini :

Tabel 4.2. Perhitungan mencari c_u mula-mula dan akhir

| | Lokasi 1 | Lokasi 2 | Lokasi 3 | Lokasi 4 |
|-----------------------------------------|----------|----------|----------|----------|
| rata-rata | 1,67 | 1,67 | 1,90 | 2,71 |
| $c_u \text{ (kN/m}^2\text{) sekarang}$ | 11,11 | 11,11 | 12,70 | 18,10 |
| $c_u \text{ (kN/m}^2\text{) mula-mula}$ | 6,10 | 6,10 | 7,68 | 13,08 |
| $c_u \text{ (kN/m}^2\text{) akhir}$ | 14,46 | 14,46 | 16,04 | 21,44 |

Kalau c_u mula-mula diperbandingkan dengan hasil penyelidikan lapangan terdahulu, akan didapatkan hasil yang mirip.

Keamanan Daya Dukung Aksial Pondasi Tiang

Analisis pondasi tiang pancang dilaksanakan untuk memastikan bangunan-bangunan masih berada dalam kondisi aman, meskipun tanah di sekitarnya turun. Analisis ini akan mencakup perhitungan daya dukung

aksial dengan memperhitungkan negative skin friction serta analisis hasil axial load test berdasarkan data-data dari Sumitomo Co. dan PT. Pembangunan Perumahan (Irsyam, 1996a), kontraktor dan sub-kontraktor pembangunan PLTU/PLTGU.

Perhitungan Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang

Perhitungan daya dukung pondasi tiang pada lokasi 1 disajikan pada Tabel 4.3 berikut ini :

Tabel 4.3. Perhitungan daya dukung pondasi tiang pada lokasi 1

| | | | |
|------------------------|----------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------|
| Project | : TAMBAK LOROG POWER PLANT | Calc. Method | : Based on N-SPT |
| Ref. | : INTAKE | c_u | = $7 * N-SPT$ |
| Pile Properties | | Compression | |
| Type | : PC PILE | Skin Friction (Q_s) | = $\alpha * c_u * perimeter * l$ (c - soil) |
| Diameter | : 0.60 m | End Bearing (Q_p) | = $9 * C_u * area$ (c - soil) |
| Thick | : 0.10 m | | = $40 * N-SPT_{av} * l / D$ (ϕ - soil) |
| Perimeter | : 1.88 m | Ultimate (Q_u) | = $Q_s + Q_p$ |
| Area _{out} | : 0.28 m ² | Pull Out | |
| Area _{pile} | : 0.09 m ² | Skin Friction (Q_s) | = $0.7 * Q_s$ (compression) |
| Unit weight | : 21.00 kN/m ³ | Pile weight (W_p) | = Area _{pile} * Unit weight of Pile * l |
| Soil layer | | Ultimate (Q_{pu}) | = $Q_s + Q_p$ |
| S | : Sand | | |
| CS | : Clayley Silt | | |
| ML | : Silt | | |
| SS | : Siltstone | | |

| Depth (m) | Soil Properties | | | | Compression capacity (kN) | | | Pull Out capacity (kN) | | | | |
|-----------|-----------------|-------|-------------------------------|----------|---------------------------|---------|---------|------------------------|----------|---------|----------------|-----------------|
| | Layer | N-SPT | C_u (kN/m ²) | α | Friction | | End | Qu | Friction | | W _p | Q _{pu} |
| | | | | | Local | Cumm | | | Local | Cumm | | |
| 0.0 | CS | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.000 |
| -1.0 | CS | 9 | 63 | 0.578 | 68.5776 | 68.5776 | 160.234 | 228.812 | 48.0043 | 48.0043 | 1.81335 | 49.818 |
| -2.0 | CS | 7 | 49 | 0.733 | 67.6984 | 136.276 | 124.627 | 260.903 | 47.3889 | 95.3932 | 3.6267 | 99.020 |
| -3.0 | CS | 1 | 7 | 1 | 13.188 | 149.464 | 17.8038 | 167.268 | 9.2316 | 104.625 | 5.44005 | 110.065 |
| -4.0 | CS | 1 | 7 | 1 | 13.188 | 162.652 | 17.8038 | 180.456 | 9.2316 | 113.856 | 7.2534 | 121.110 |
| -5.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 174.135 | 15.5023 | 189.637 | 8.03823 | 121.895 | 9.06675 | 130.961 |
| -6.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 185.618 | 15.5023 | 201.121 | 8.03823 | 129.933 | 10.8801 | 140.813 |
| -7.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 197.102 | 15.5023 | 212.604 | 8.03823 | 137.971 | 12.6935 | 150.665 |
| -8.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 208.585 | 15.5023 | 224.087 | 8.03823 | 146.009 | 14.5068 | 160.516 |
| -9.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 220.068 | 15.5023 | 235.57 | 8.03823 | 154.048 | 16.3202 | 170.368 |
| -10.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 231.551 | 15.5023 | 247.053 | 8.03823 | 162.086 | 18.1335 | 180.219 |
| -11.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 243.034 | 15.5023 | 258.537 | 8.03823 | 170.124 | 19.9469 | 190.071 |
| -12.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 254.518 | 15.5023 | 270.02 | 8.03823 | 178.162 | 21.7602 | 199.922 |
| -13.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 266.001 | 15.5023 | 281.503 | 8.03823 | 186.2 | 23.5736 | 209.774 |
| -14.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 277.484 | 15.5023 | 292.986 | 8.03823 | 194.239 | 25.3869 | 219.626 |
| -15.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 288.967 | 15.5023 | 304.469 | 8.03823 | 202.277 | 27.2003 | 229.477 |
| -16.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 300.45 | 15.5023 | 315.953 | 8.03823 | 210.315 | 29.0136 | 239.329 |
| -17.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 311.933 | 15.5023 | 327.436 | 8.03823 | 218.353 | 30.827 | 249.180 |
| -18.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 323.417 | 15.5023 | 338.919 | 8.03823 | 226.392 | 32.6403 | 259.032 |
| -19.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 334.9 | 15.5023 | 350.402 | 8.03823 | 234.43 | 34.4537 | 268.884 |
| -20.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 346.383 | 15.5023 | 361.885 | 8.03823 | 242.468 | 36.267 | 278.735 |
| -21.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 357.866 | 15.5023 | 373.369 | 8.03823 | 250.506 | 38.0804 | 288.587 |
| -22.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 369.349 | 15.5023 | 384.852 | 8.03823 | 258.545 | 39.8937 | 298.438 |
| -23.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 380.833 | 15.5023 | 396.335 | 8.03823 | 266.583 | 41.7071 | 308.290 |
| -24.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 392.316 | 15.5023 | 407.818 | 8.03823 | 274.621 | 43.5204 | 318.141 |
| -25.0 | CS | | 6.095111 | 1 | 11.4832 | 403.799 | 15.5023 | 419.301 | 8.03823 | 282.659 | 45.3338 | 327.993 |
| -26.0 | CS | 11 | 77 | 0.5 | 72.534 | 476.333 | 195.842 | 672.175 | 50.7738 | 333.433 | 47.1471 | 380.580 |
| -27.0 | CS | 8 | 56 | 0.656 | 69.1637 | 545.497 | 142.43 | 687.927 | 48.4146 | 381.848 | 48.9605 | 430.808 |
| -28.0 | CS | 13 | 91 | 0.5 | 85.722 | 631.219 | 231.449 | 862.668 | 60.0054 | 441.853 | 50.7738 | 492.627 |
| -29.0 | CS | 18 | 126 | 0.5 | 118.692 | 749.911 | 320.468 | 1070.38 | 83.0844 | 524.937 | 52.5872 | 577.525 |
| -30.0 | CS | 14 | 98 | 0.5 | 92.316 | 842.227 | 249.253 | 1091.48 | 64.6212 | 589.559 | 54.4005 | 643.959 |
| -31.0 | CS | 19 | 133 | 0.5 | 125.286 | 967.513 | 338.272 | 1305.78 | 87.7002 | 677.259 | 56.2139 | 733.473 |
| -32.0 | CS | 18 | 126 | 0.5 | 118.692 | 1086.2 | 320.468 | 1406.67 | 83.0844 | 760.343 | 58.0272 | 818.370 |
| -33.0 | CS | 16 | 112 | 0.5 | 105.504 | 1191.71 | 284.861 | 1476.57 | 73.8528 | 834.196 | 59.8406 | 894.037 |
| -34.0 | CS | 16 | 112 | 0.5 | 105.504 | 1297.21 | 284.861 | 1582.07 | 73.8528 | 908.049 | 61.6539 | 969.703 |
| -35.0 | CS | 22 | 154 | 0.5 | 145.068 | 1442.28 | 391.684 | 1833.96 | 101.548 | 1009.6 | 63.4673 | 1073.064 |
| -36.0 | CS | 29 | 203 | 0.5 | 191.226 | 1633.51 | 516.31 | 2149.82 | 133.858 | 1143.45 | 65.2806 | 1208.735 |
| -37.0 | CS | 21 | 147 | 0.5 | 138.474 | 1771.98 | 373.88 | 2145.86 | 96.9318 | 1240.39 | 67.094 | 1307.480 |
| -38.0 | CS | 13 | 91 | 0.5 | 85.722 | 1857.7 | 231.449 | 2089.15 | 60.0054 | 1300.39 | 68.9073 | 1369.299 |
| -39.0 | CS | 18 | 126 | 0.5 | 118.692 | 1976.39 | 320.468 | 2296.86 | 83.0844 | 1383.48 | 70.7207 | 1454.197 |
| -40.0 | CS | 16 | 112 | 0.5 | 105.504 | 2081.9 | 284.861 | 2366.76 | 73.8528 | 1457.33 | 72.534 | 1529.863 |
| -41.0 | CS | 20 | 140 | 0.5 | 131.88 | 2213.78 | 356.076 | 2569.85 | 92.316 | 1549.65 | 74.3474 | 1623.992 |
| -42.0 | CS | 24 | 168 | 0.5 | 158.256 | 2372.03 | 427.291 | 2799.33 | 110.779 | 1660.42 | 76.1607 | 1736.585 |
| -43.0 | CS | 18 | 126 | 0.5 | 118.692 | 2490.73 | 320.468 | 2811.2 | 83.0844 | 1743.51 | 77.9741 | 1821.483 |
| -44.0 | CS | 12 | 84 | 0.5 | 79.128 | 2569.85 | 213.646 | 2783.5 | 55.3896 | 1798.9 | 79.7874 | 1878.686 |
| -45.0 | CS | 13 | 91 | 0.5 | 85.722 | 2655.58 | 231.449 | 2887.03 | 60.0054 | 1858.9 | 81.6008 | 1940.504 |

Semua friksi di lapisan tanah dihitung, Q_u
= 2887 kN

Friksi di lapisan compressible, $Q_s = 2887$
kN – 2483 kN = 404 kN

Friksi lapisan compressible tidak dihitung,
 $Q_u = 2483$ kN

Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Dari Loading Test

Kapasitas daya dukung ijin (Q_{all}) tiang yang dianalisis pada studi ini adalah mengambil dari Laporan Soil Conditions, Pile Driving Records, and Load Test Results (Irsyam, 1996). Dengan

menggunakan hasil perhitungan daya dukung aksial tiang, tahanan friksi di lapisan kompressible dapat dihilangkan. Di Tabel 4.4 berikut ini terdapat nilai Q_{all} , Q_u dari loading test yang ada pada masing-masing lokasi :

Tabel 4.4. Hasil loading test dan Q_{all} di lokasi Tambak Lorok (Irsyam ,1996)

| Lokasi | Loading Test | | | Perhitungan | Q_{all} (kN) |
|----------|--------------|------------|-------------------------------|-------------------------------|----------------|
| | No Test | Q_u (kN) | $Q_u - Q_f$ compressible (kN) | $Q_u - Q_f$ compressible (kN) | |
| Lokasi 1 | Tes 18 | 4400 | 3996 | 2483 | 1140 |
| Lokasi 2 | Tes 2 | 3280 | 2876 | 3221 | 1120 |
| | Tes 4 | 3800 | 3396 | | |
| Lokasi 4 | Tes 11 | 2750 | 2102 | 2766 | 1140 |

Perhitungan Negatif Skin Friction

Metode perhitungan menggunakan metode yang terdapat dalam tinjauan pustaka. Pada perhitungan negatif skin friction sebelumnya dihitung letak titik netral. Menurut Prakash & Sharma (1990) titik netral terletak pada 0.75 L dari lapisan yang kompressible. Sedangkan jika perhitungan titik netral dilakukan menurut Goudreal & Fellenius (1994) titik netral terletak pada kedalaman 31 m (lebih dari 25 m dibawah lapisan yang kompressibel) maka dianggap titik netral

terletak di kedalaman 25 m, karena lapisan di bawah kedalaman 25 m tidak mengalami konsolidasi.

Tabel 4.5 memuat hasil dari perhitungan negatif skin friction dengan titik netral terletak pada kedalaman 0.75 L dari lapisan tanah yang kompressible.

Sedangkan Tabel 4.6 adalah hasil dari perhitungan negatif skin friction dengan titik netral terletak pada kedalaman 25 m.

Tabel IV.5. Hasil perhitungan negatif skin friction dg titik netral 0.75 L = 19 m

| | | POTONGAN | | |
|-----------|--------------------------|----------|------|-------|
| | | INTAKE | PLTU | PLTGU |
| METODE | P_{all} | 1140 | 1120 | 1140 |
| | UNDRAINED PARAMETER | | | |
| | Q_{NSF} | 335 | 361 | 500 |
| | Q_{ult} | 2552 | 3290 | 2914 |
| | SF | 1.94 | 2.62 | 2.12 |
| | DRAINED PARAMETER | | | |
| | Q_{NSF} | 595 | 572 | 723 |
| | Q_{ult} | 2785 | 3431 | 3180 |
| | SF | 1.92 | 2.55 | 2.16 |
| | GAIN STRENGTH | | | |
| | Q_{NSF} | 571 | 598 | 736 |
| | Q_{ult} | 2647 | 3384 | 3009 |
| | SF | 1.82 | 2.49 | 1.99 |
| | METODE EMPIRIS MAYERHOFF | | | |
| | Q_{NSF} | 820 | 799 | 832 |
| | Q_{ult} | 2890 | 3553 | 3201 |
| | SF | 1.82 | 2.46 | 2.08 |
| | METODE EMPIRIS GARLANGER | | | |
| | Q_{NSF} | 830 | 808 | 843 |
| | Q_{ult} | 2949 | 3601 | 3264 |
| | SF | 1.86 | 2.49 | 2.12 |
| | METODE EMPIRIS VESIC | | | |
| | Q_{NSF} | 663 | 653 | 665 |
| | Q_{ult} | 2833 | 3506 | 3140 |
| | SF | 1.90 | 2.55 | 2.17 |
| | BITUMEN DRAIN | | | |
| | Q_{NSF} | 229 | 251 | 201 |
| | Q_{ult} | 2530 | 3259 | 2816 |
| | SF | 2.02 | 2.69 | 2.29 |
| | BITUMEN UNDRAIN | | | |
| Q_{NSF} | 716 | 716 | 716 | |
| Q_{ult} | 2709 | 3447 | 2992 | |
| SF | 1.75 | 2.44 | 2.00 | |

Tabel IV.6. Hasil perhitungan negatif skin friction dg titik netral di 25 m

| | | POTONGAN | | |
|--------|--------------------------|----------|------|-------|
| | | INTAKE | PLTU | PLTGU |
| METODE | P_{all} | 1140 | 1120 | 1140 |
| | Q_{ult} | 2483 | 3221 | 2776 |
| | UNDRAINED PARAMETER | | | |
| | Q_{NSF} | 404 | 430 | 648 |
| | SF | 1,82 | 2,49 | 1,87 |
| | DRAINED PARAMETER | | | |
| | Q_{NSF} | 897 | 782 | 1137 |
| | SF | 1,39 | 2,18 | 1,44 |
| | GAIN STRENGTH | | | |
| | Q_{NSF} | 734 | 761 | 978 |
| | SF | 1,53 | 2,20 | 1,58 |
| | METODE EMPIRIS MAYERHOFF | | | |
| | Q_{NSF} | 1227 | 1132 | 1267 |
| | SF | 1,10 | 1,87 | 1,32 |
| | METODE EMPIRIS GARLANGER | | | |
| | Q_{NSF} | 1296 | 1189 | 1341 |
| | SF | 1,04 | 1,81 | 1,26 |
| | METODE EMPIRIS VESIC | | | |
| | Q_{NSF} | 1013 | 939 | 1039 |
| | SF | 1,29 | 2,04 | 1,52 |
| | METODE POULOS | | | |
| | Q_{NSF} | 967 | 803 | 1114 |
| | SF | 1,33 | 2,16 | 1,46 |
| | BITUMEN DRAIN | | | |
| | Q_{NSF} | 276 | 289 | 251 |
| | SF | 1,94 | 2,62 | 2,21 |
| | BITUMEN UNDRAIN | | | |
| | Q_{NSF} | 942 | 942 | 942 |
| SF | 1,35 | 2,03 | 1,61 | |

IV. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Dari analisis didapatkan bahwa negatif skin friction yang timbul cukup besar karena ketebalan lapisan tanah lunak yang berkonsolidasi cukup tebal, yaitu sekitar 25 m.
2. Besar gaya geser yang timbul dalam negatif skin friction berbanding lurus dengan besarnya timbunan dari atas yang diberikan, karena lapisan tanah lunak bertambah padat sesuai

dengan penambahan tegangan efektif.

3. Pondasi dalam yang dianalisis masih aman karena end bearing + tahanan selimut positif masih lebih besar dibanding tahanan selimut negatif + beban dari struktur atas.

Saran

1. Negatif skin friction yang timbul bisa dikurangi dengan memberi lapisan pada selimut tiang dengan material yang mempunyai tahanan geser

- rendah seperti aspal / bitumen dari permukaan sampai titik netral.
2. Peningkatan nilai tahanan geser pada lapisan tanah yang berpotensi negatif skin friction bisa dikurangi dengan tidak memberi tambahan tegangan efektif seperti beban timbunan di sekitar tiang pancang.
 3. Struktur lantai dasar (yang berhubungan dengan tanah) sebaiknya dibuat secara struktural yang menyatu dengan struktur utama, sehingga tidak menjadi beban terhadap tanah lunak dibawahnya dan tidak menyebabkan tanah berkonsolidasi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Braja M. Das (1983), *Advance Soil Mechanics*, Hemisphere Publishing Corporation, Washington.
2. Braja M. Das (1994), *Mekanika Tanah*, Erlangga, Jakarta.
3. E.G. Poulos, E.H. Davis (1980), *Pile Foundation Analysis and Design*, *Geotechnical Engineering Handbook*, Pentech Press, London and Plymouth.
4. Jerry DiMaggio (1998), *Design and Construction of Driven Pile Foundations Workshop Manual Volume I*, National Highway Intitute, Washington DC
5. Joseph E Bowles (1992), *Analisis dan Desain Pondasi*, Erlangga, Jakarta.
6. LAPI ITB (2005), *Studi Enjiniring Penanggulangan Genangan dan Pengendalian Tanah di PLTU dan PLTGU Tambak Lorok, Semarang*, Proposal proyek, LAPI ITB
7. LAPI ITB (2006), *Studi Enjiniring Penanggulangan Genangan dan Pengendalian Tanah di PLTU dan PLTGU Tambak Lorok*, Semarang, Final Report, LAPI ITB
8. M. J. Tomlinson (1994), *Pile Design and cOnstruction Practice*, E & FN Spon, London.
9. Marsudi (2002), *Studi Amblesan Tanah di Semarang Utara*, Disertasi Program Doktor, Institut Teknologi Bandung.
10. Mayerhof, G. G (1976), *Bearing Capacity and Settlement of Pile Foundations*, *Procedings of The American Society of Civil Engineers*, GT3, March, pp. 173-228
11. Navfac, DM-7.2, (1982), *Foundation and Earth Structure, Design Manual*, De[artement of The Navy, Alexandria,
12. Paulus P. Rahadjo, *Manual Pondasi Tiang*, Program Pasca Sarjana Magister Teknik Sipil Universitas katolik Parahiyanan
13. Shamsar Prakash, Hari D. Sharma (1990), *Pile Foundation in Engineering Practice*, John Wiley & Sons inc, New York
14. Vesic, AS (1977), *Design of Pile Foundations*, NCHRRP Synthesis nof Practice. No.42. Transportation Research Board, Washington D

