



PENGGUNAAN HASIL SONDIR UNTUK INTERPRETASI PARAMETER TANAH DAN PERENCANAAN PONDASI

Hermin Tjahyati

RINGKASAN

Sondir adalah suatu jenis pengujian lapangan yang digunakan untuk memperoleh data tanah sesuai dengan kedalamannya. Dengan uji sondir secara teknis profil tanah dapat diperoleh secara kontinyu, mudah dan ekonomis. Data tanah yang diperoleh secara langsung adalah besarnya tahanan ujung konus dan jumlah hambatan pelekat sepanjang kedalaman tersebut. Sedangkan dari interpretasi lainnya dapat diperoleh gambaran mengenai jenis lapisan tanah dan korelasi kuat geser undrain dengan tahanan ujung. Untuk perencanaan pondasi tiang pancang sondir memberikan data tahanan ujung dan JHP yang langsung dapat digunakan dalam rumus dimana perhitungannya sangat tergantung dari metoda yang digunakan.

SUMMARY

Sondir (Cone Penetration Test) was used for soil field test to covers the determination of end bearing and side friction. This method supplies another corelation to figure soil stratigraphy and undrain shear strength based on the end bearing of the cone.

End bearing and side friction can be used for the design of pile foundation where the formula is depend to the method will be used. This method also supplies data to help with the design and construction of another earth works.

I. PENDAHULUAN

Sondir adalah suatu alat untuk pendugaan profil atau stratifikasi tanah terhadap kedalaman dengan cara mengidentifikasi perilaku tanah dari kombinasi hasil pembacaan tahanan ujung dan gesekan selimut alat konusnya. Pengujian sondir dikenal pula dengan istilah CPT (Cone Penetration Test) atau Dutch Cone Penetration Test yang penggunaannya dipopulerkan oleh orang Belanda pada tahun 1934 dan di Indonesia kemudian dikenal dengan nama Sondir.

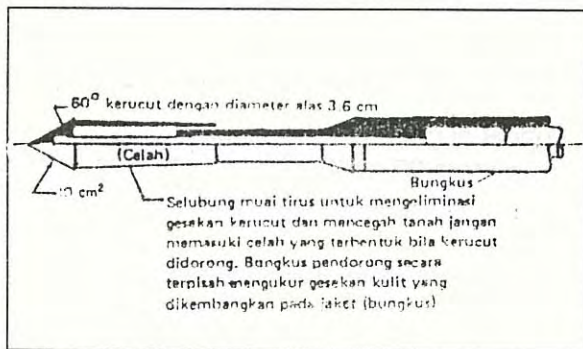
Pada pengujian tersebut sebuah kerucut (konus) didorong ke dalam stratum tanah yang akan diselidiki dan tahanan yang berasal dari kerucut itu sendiri atau tahanan kulit dari sebuah segmen pendek dari pipa yang didorongkan bersama-sama kerucut yang bersangkutan diukur. Apabila diperhatikan lebih seksama maka sebenarnya alat uji sondir ini dapat digambarkan sebagai model dari pondasi tiang dengan skala kecil. Pada ujung alat sondir akan diperoleh gambaran sebagai tahanan ujung

sondir yang mencerminkan daya dukung ujung (point bearing) pada pondasi tiang persatuan luas dengan jumlah tahanan di sekeliling segmennya (JHP = jumlah hambatan pelekat) merupakan tahanan gesek dari selimut pondasi tiang. Dengan menggunakan sondir maka dapat diperoleh gambaran profil tanah secara kontinyu lebih cepat dan lebih ekonomis, tetapi alat sondir ini tidak dapat membawa contoh tanah seperti pada alat bor serta menembus kedalaman tanah secara terbatas dan tidak dapat menembus lapisan keras seperti kerikil atau batuan. Pada umumnya jumlah titik sondir di lapangan sangat tergantung pada keperluan dengan kapasitas alat berupa manometer 200 kg/cm² adalah untuk sondir ringan dan 750-800 kg/cm² untuk sondir berat. Untuk suatu bangunan dapat dikatakan cukup memadai bila dibuat penyondiran tiap jarak 20 sampai 30 meter, sedangkan untuk pembuatan jalan raya atau kereta api dapat lebih jauh lagi jaraknya. Alat sondir ini ada dua tipe, yaitu dapat berupa alat sondir mekanis atau elektrik.

II. SPESIFIKASI DAN CARA UJI ALAT SONDIR

Standarisasi alat sondir di Indonesia mengacu pada standar alat menurut ASTM-D3441- 75T atau SNI 03-2827-1992 dimana konus mempunyai sudut kerucut sebesar 60 dan diameter alas 3,6 cm dengan luas penampang ujung konus adalah 10 cm². Kecepatan penetrasi dilakukan dengan kecepatan tidak lebih dari 2 cm/detik.

Gambar 1
ALAT KERUCUT (KONUS) SONDIR

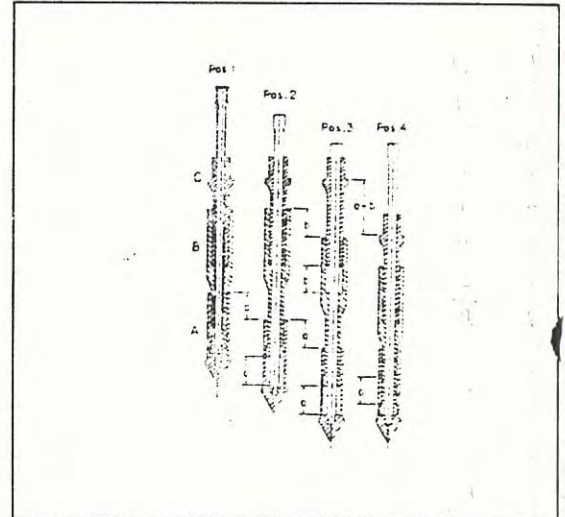


Untuk sondir ringan diperlukan mesin sondir sekitar 2 ton, sedangkan mesin sondir berat adalah 10 ton. Pipa sondir dan batang-batang dalam disesuaikan dengan kebutuhan dan panjang masing-masing adalah 1 meter. Selain itu diperlukan 4 buah anker untuk pemasangan mesin sondir. Apabila mesin sondir telah terpasang maka konus dipasang pada ujung pipa pertama kemudian rangkaian pipa bersama konusnya tadi dipasang pada mesin sondir. Bila digunakan bikonus, penetrasi pertama-tama akan menggerakkan ujung konus sedalam 4 cm dan manometer dibaca sebagai tahanan penetrasi konus. Selanjutnya penekanan akan menggerakkan konus serta selubungnya sedalam 8 cm, maka pembacaan manometer akan merupakan pembacaan tahanan konus dan jumlah hambatan pelekatnya. Sedangkan bila menggunakan konus maka pembacaan manometer dilakukan hanya pada penekanan pertama saja.

Selanjutnya tekanlah pipa bersama batang sampai kedalaman berikutnya yang akan diukur dan pembacaan dilakukan setiap penekanan pipa sedalam 20 cm. Konus didorong masuk ke

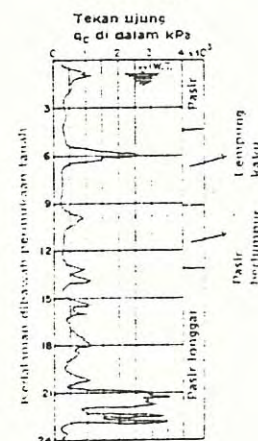
dalam stratum tanah dengan kecepatan ≤ 20 cm/detik dengan urutan pendorongan seperti dalam gambar 2.

Gambar 2.
KEDUDUKAN ALAT SELAMA PENCATATAN TEKANAN



Pelaporan hasil uji sondir dibuat sesuai dengan kebutuhannya, pada umumnya pelaporan hasil uji dilakukan dengan menggambarkan variasi tahanan ujung qc dengan tahanan gesek (fs) selimut terhadap kedalaman. Apabila tahanan ujung diperlukan untuk mendapatkan tahanan ujung dari suatu pondasi tiang maka pelaporan akan melaporkan besarnya tahanan ujung dan jumlah hambatan pelekat (JHP) yaitu nilai kumulatif gesekan sepanjang kedalaman uji sondir tersebut. Laporan yang khas dari hasil uji sondir dapat dilihat dalam gambar 3.

Gambar 3.
KELUARAN YANG UMUM PADA HASIL UJI SONDIR

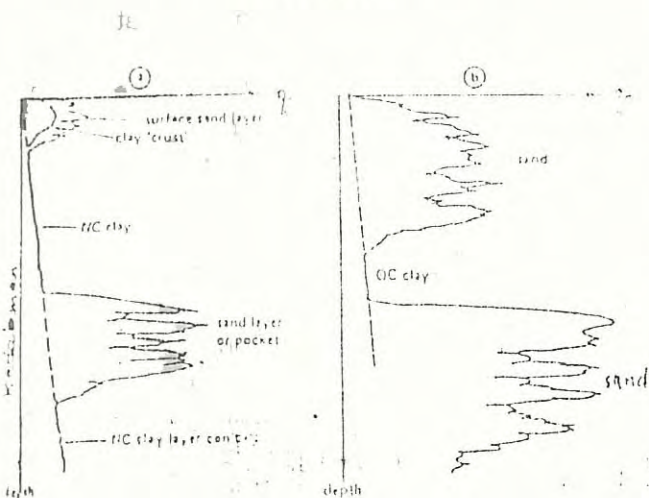


III. INTERPRETASI HASIL UJI SONDIR.

Penggunaan hasil sondir untuk klasifikasi tanah didasarkan pada data empiris, demikian pula untuk parameter tanah lainnya. Sehingga dalam praktek uji sondir ini harus didampingi oleh hasil uji laboratorium. Tetapi aplikasi perencanaan pondasi tiang berdasarkan hasil uji sondir sifatnya cukup langsung dari hasil tahanan ujung konus dan jumlah hambatan pelekatnya. Sedangkan untuk pondasi dangkal masih diperlukan cara analitis lainnya seperti yang telah dikaji oleh Schmertman dan Sanglerat.

Tahanan ujung merupakan besaran penting dari hasil uji sondir yang diambil sebagai gaya penetrasi persatuan luas penampang ujung sondir (q_c). Pada umumnya besaran ini mengidentifikasi jenis tanah dan konsistensinya. Tanah kepasiran akan mempunyai tahanan ujung lebih besar dari pada tanah berbutir halus. Pada tanah berpasir selama uji sondir tanah akan runtuh (slip) dan kembali kokoh secara berselang seling sehingga perjalanan dari tahanan ujung menjadi tidak mulus. Sedangkan pada tanah lempung perubahan itu terjadi lebih cepat sehingga profil tahanan ujung terlihat lebih halus. Dengan demikian seperti dalam gambar 4, maka lapisan pasir dan lapisan lempung dapat dibedakan dengan mudah.

Gambar 4.
PROFIL PADA LAPISAN PASIR DAN LEMPUNG



Nilai gesekan selimut atau hambatan pelekat memberikan arti yang sangat spesifik dimana selain memberikan data untuk perencanaan pondasi tiang juga memberikan besaran rasio gesekan (R_f) yaitu antara besarnya gesekan dan tahanan ujung. Pada umumnya rasio pada tanah berbutir kasar R_f -nya lebih kecil dari 2 % sedangkan untuk tanah berbutir halus akan diperoleh R_f yang lebih tinggi.

Interpretasi hasil uji sondir pada tanah lempung sehubungan dengan korelasinya terhadap kuat geser tanah telah diselidiki oleh banyak peneliti dan diantaranya dikembangkan oleh Begemann (1963) yang berdasarkan pada korelasi klasik Terzaghi untuk daya dukung tanah lempung. Seperti diketahui bahwa daya dukung dapat dihitung dengan persamaan :

$$q_c = 2 (1,3). C_u . N_c + N_q . \sigma$$

atau :

$$C_u = (q_c - N_q . \sigma) / x 2(1,3).N_c$$

dimana pada tanah lempung undrain $N_q = 1$ untuk sudut $\phi = 0$ dan $N_c = 5,14$ untuk pondasi menerus dan 1,3 adalah faktor bentuk pondasi serta 2 adalah konstanta yang diambil berdasarkan penelitian Begemann. Maka untuk pondasi dangkal korelasinya disederhanakan menjadi sebagai berikut :

$$C_u = q_c / 13,4 \text{ atau } C_u = q_c / 14$$

Pakar-pakar yang lain membuat korelasi umum dengan : $C_u = q_c / N_c$, dimana nilai N_c merupakan faktor daya dukung sondir yang memiliki harga empirik.

IV. HASIL UJI SONDIR UNTUK PERENCANAAN PONDASI TIANG.

4.1. Metoda Meyerhof

Metoda perencanaan yang paling sederhana dikembangkan oleh Meyerhof dengan menggunakan korelasi langsung dari hasil pengukuran uji sondir.

$$P_u = q_c . A_p + JHP . K_{II}$$

dimana :

$$P_u = \text{daya dukung tiang}$$

$$q_c = \text{tahanan ujung}$$

- A_p = luas penampang dasar pondasi tiang
- JHP = jumlah hambatan pelekat
- KII = keliling tiang

Di Indonesia pada tahanan ujung diberi angka keamanan 3 dan untuk daya dukung selimut tiang diberi angka keamanan 5, sehingga menjadi :

$$P_u = (q_c \cdot A_p) / 3 + (JHP \cdot KII) / 5$$

4.2. Metoda Schmermann - Nottingham

Schmermann (1978) memberikan perhitungan daya dukung berdasarkan pada cara Begemann, yaitu dengan memperhatikan nilai rata-rata tahanan ujung sondir sejauh 8D di atas ujung tiang dan 0,7D - 4D di bawah ujung tiang dimana D adalah diameter tiang. Sehingga rumus daya dukung menjadi :

$$Q_p = [(q_{c1} + q_{c2}) / 2] \cdot A_p$$

dimana :

- Q_p = daya dukung ujung tiang
- q_{c1} = nilai q_c rata-rata 0,7D - 4D di bawah ujung tiang
- q_{c2} = nilai q_c rata-rata 8D di atas ujung tiang
- A_p = luas penampang tiang

Apabila pada kedalaman 4D - 10D di bawah tiang masih terjadi zona tanah lembek, maka harus diadakan koreksi reduksi terhadap nilai rata-rata tersebut.

Untuk tanah berbutir Schmermann dan Nottingham memberi perhitungan daya dukung selimut sebagai berikut :

$$Q_s = K_s \cdot c \left[\sum_{z=0}^{8d} z \cdot f_s / 8d \cdot A_s + \sum_{z=8d}^L f_s \cdot A_s \right]$$

dimana :

- $K_s \cdot c$ = faktor koreksi f_s dengan harga K_c untuk lempung dan K_s untuk pasir
- z = kedalaman
- d = diameter tiang
- A_s = luas bidang kontak tiap interval kedalaman f_s
- L = panjang total tiang yang terpancang

Faktor koreksi gesekan pada selimut dapat diperoleh dari kurva Nottingham.

4.3. Metoda Tomlinson

Apabila pengambilan sampel (non kohesif) sulit dilaksanakan maka uji sondir ini dapat pula digunakan untuk memperkirakan karakteristik tanah butiran dengan hasil yang kira-kira dapat mendekati yang sebenarnya. Sehingga untuk pondasi tiang yang ujungnya masuk pada tanah pasir, Tomlinson memberikan metoda seperti berikut :

- tentukan kedalaman tanah yang mendukung
- unit tahanan ujung dihitung secara Van Der Veen, yaitu rata-rata nilai q_c pada jarak 3D di atas ujung tiang dan D di bawah ujung tiang
- daya dukung ujung tiang dihitung dengan rumus :

$$Q_c = (q_c \text{ rata-rata} \cdot A_p) / 2$$

- daya dukung selimut tiang dihitung dengan rumus empirik Meyerhof :

$$Q_s = (q_c \text{ rata-rata} / 2) < 1.0765 \text{ kg/cm}^2$$

V. MANFAAT DALAM PENGGUNAAN SONDIR

Dalam pengujian sondir ini dapat diperoleh beberapa manfaat seperti :

- memberikan gambaran profil tanah secara kontinyu pada kedalaman tertentu
- gangguan pada sekeliling yang terjadi sangat kecil
- pelaksanaan pengujian sangat cepat dan praktis
- untuk proyek dalam skala kecil pemeriksaan tanah biasanya cukup dengan sondir
- jumlah sondir dapat disesuaikan dengan kebutuhan

Sedangkan kekurangan yang dirasakan dalam penggunaan sondir adalah :

- tidak diperolehnya contoh tanah (sample)
- kedalaman terbatas sampai dengan 30 m
- sulit menembus lapisan pasir dan batuan serta fragmen-fragmen pada lapisan tanah granular
- untuk memperoleh gambaran mengenai parameter tanah perlu dilengkapi uji lainnya.

VI. PENUTUP

1. Peranan uji sondir di lapangan menjadi sangat disukai karena mudah, praktis dan ekonomis
2. Korelasi - korelasi empiris terhadap hasil sondir ini semakin populer karena telah banyak mendekati kebenarannya. Ini sangat dibutuhkan sekali untuk pengujian di lapangan dimana contoh tanah sulit diambil.
3. Peranan uji sondir yang lainnya yang cukup diandalkan adalah :
 - merupakan pelengkap bagi informasi pemboran tanah
 - dengan cepat dapat memberikan gambaran karakteristik tanah
 - menentukan daya dukung pondasi
 - dapat digunakan untuk evaluasi hasil pemadatan tanah
 - dari kombinasi pembacaan tahanan ujung dan JHP dapat digunakan untuk mengidentifikasi perilaku tanah
 - sebagai pengujian awal merupakan arahan untuk pemilihan jenis uji tanah berikutnya.

4. Untuk perencanaan pondasi tiang, rumus-rumus yang digunakan adalah dengan menggunakan parameter-parameter yang langsung diperoleh dari hasil sondir sesuai dengan metoda yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

1. American Society For Testing And Material, Deep Quasy - Static, Cone and Friction - Cone Penetration Test of Soil D 3441 - 75 T
2. DR. Ir. Paulus P. Rahardjo, Msc, Interpretasi parameter tanah berdasarkan hasil sondir.
3. E.E. De Beer, E. Goelen, W.J. Heynen, K. Joustra, Cone penetration test (CPT) : International reference test procedure, ISSMFE Technical Committee on Penetration Testing.
4. Joseph, E. Bowles, 3rd edition, Analisa dan Disain Pondasi (Foundation Analysis And Design).
5. M.J. Tomlinson, Foundation Design and Construction.

Penulis :

Ir. Hermin Tjahyati, Msc., Peneliti Muda Bidang Geoteknik Jalan, Pusat Litbang Jalan