

Estimasi Parameter Kuat Geser Tanah Berdasarkan Uji Sondir

Sumiyanto dan Gandjar Pamudji

Program Sarjana Teknik Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto

E-mail: massumy@eudoramail.com

Abstrak

Analisis dan perancangan fondasi tiang biasanya dikembangkan menggunakan data parameter kuat geser tanah yaitu kohesi (c) dan sudut gesek internal (ϕ). Alternatif lain yang sering dilakukan adalah perancangan menggunakan data sondir yaitu tahanan ujung (q_u) dan tahanan gesek sondir (q_s). Penggunaan data sondir ini terbatas hanya untuk hitungan kapasitas dukung terhadap beban vertikal. Jika parameter kuat geser tanah dapat diestimasi dengan data sondir, maka keterbatasan penggunaan data tersebut dapat dihilangkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan grafik estimasi parameter kuat geser tanah berdasarkan data sondir. Grafik estimasi dikembangkan dengan menganggap sondir sebagai fondasi tiang dengan ukuran kecil. Validasi grafik estimasi tersebut dilakukan menggunakan data uji sondir dan data uji geser langsung. Nilai kohesi hasil pembacaan grafik perlu dikoreksi berdasarkan nilai q_c , sedangkan nilai sudut gesek internal tidak perlu dikoreksi. Hasil validasi menunjukkan bahwa kesalahan maksimum nilai kohesi (terkoreksi) adalah 26%, sedangkan sudut gesek internal sebesar 27%.

Kata kunci : sondir, parameter kuat geser tanah, grafik estimasi, fondasi tiang.

Abstract

Pile foundation analysis and design usually use soil strength parameters. These parameters are cohesion (c) and internal friction angle (ϕ). The other alternative design can be done using sondir data. The sondir data are bottom resistance (q_u) and friction resistance (q_s). Sondir data is used only for analysis of vertical capacity. This limited can be eliminated if the soil strength parameters can be estimated by the sondir data. This research is to develop an estimation chart of soil strength parameters by sondir data. The chart was developed by assumption that the sondir is as a small size of pile foundation. This chart was validated by sondir data and direct shear test data. Cohesion from chart needs correction that depend q_c value, but internal friction angle doesn't need correction. From validation result, the maximum estimation error of cohesion (after correction) is 26% and internal friction angle is 27%.

Keyword: sondir, soil shear strength parameters, chart estimation, pile fondation.

1. Pendahuluan

Analisis dan desain fondasi tiang umumnya dikembangkan menggunakan data parameter kuat geser tanah yaitu kohesi (c) dan sudut gesek internal tanah (ϕ). Parameter tersebut didapatkan dari uji laboratorium pada sampel tanah. Alternatif lain adalah perancangan menggunakan data sondir yaitu tahanan ujung (q_u) dan tahanan gesek (q_s) sondir. Penggunaan data sondir sangat terbatas yaitu hanya untuk menghitung kapasitas dukung beban vertikal saja. Sedangkan hitungan kapasitas dukung lainnya (beban vertikal, lateral dan

momen) dikembangkan menggunakan parameter kuat geser tanah c dan ϕ .

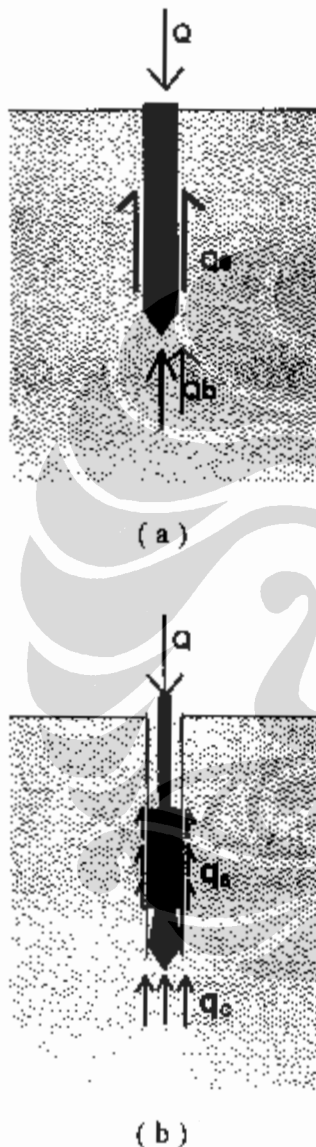
Keterbatasan pemakaian data sondir tersebut dapat diatasi jika nilai c dan ϕ tanah dapat diestimasi berdasarkan data sondir. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengembangkan grafik estimasi nilai c dan ϕ berdasarkan data sondir.

Kuat geser tanah (τ) dapat dinyatakan dalam persamaan berikut ini [1,2]

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$

dengan σ adalah tegangan normal.

Pada uji sondir, q_c merupakan tahanan ujung dan q_s merupakan tahanan gesek pada selimut sondir [3]. Mekanisme tahanan ujung dan tahanan gesek tersebut sama seperti pada fondasi tiang, hanya ukurannya yang berbeda. Dengan alasan tersebut persamaan kapasitas dukung fondasi tiang berlaku pada sondir.



Gambar 1
Mekanisme distribusi beban Q :
(a) pada fondasi tiang, dan
(b) pada uji sondir.

Dengan analogi tersebut persamaan tahanan ujung sondir (q_c) dan tahanan gesek tiang (q_s) dapat ditulis sebagai berikut [4,5]:

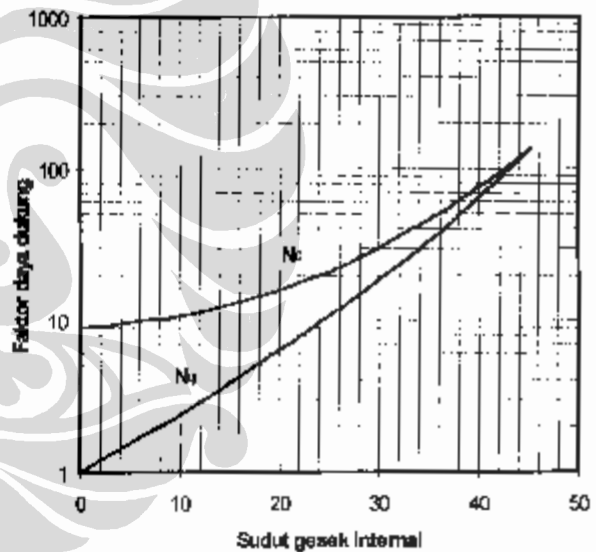
$$q_c = c \cdot N_c + q \cdot N_q \quad (4)$$

$$q_s = c_d + K_o q \tan \phi_d \quad (5)$$

dengan, $K_o = 1 - \sin \phi$. Jika R_f adalah perbandingan antara q_s dan q_c , maka dapat ditulis sebagai berikut:

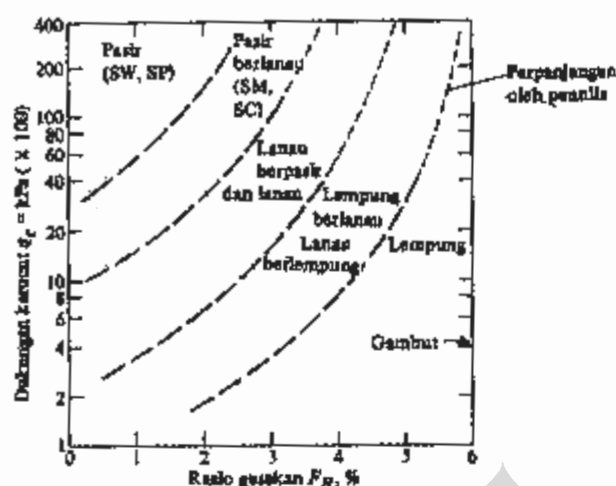
$$R_f = \frac{q_s}{q_c} = \frac{c_d + K_o \cdot q \tan \phi_d}{c N_c + q N_q} \quad (6)$$

Pada hitungan fondasi tiang, nilai tekanan *overburden* (q) akan konstan pada kedalaman z lebih dari kedalaman kritis (z_c). Nilai z_c antara $10 \cdot d$ sampai $20 \cdot d$, dengan d adalah diameter tiang [5] dan pada perancangan nilai z_c diambil nilai terkecil dari $12d$ atau 6 meter [6]. Nilai faktor kapasitas dukung N_c dan N_q didasarkan grafik pada Gambar 2.

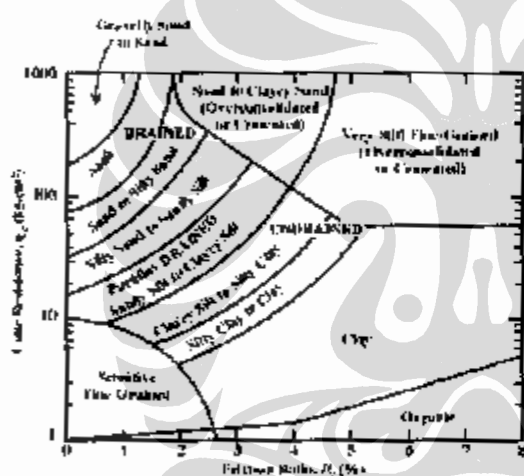


Gambar 2
Nilai faktor daya dukung fondasi tiang [7].

Penelitian-penelitian terdahulu tentang penggunaan data sondir telah banyak dilakukan untuk estimasi jenis tanah. Penelitian tersebut antara lain dilakukan oleh, Schmertman tahun 1969 [7], Begemann dkk., tahun 1982 [7], Robertson dan Campanella tahun 1983 [3] dan Robertson tahun 1990 [9]. Penelitian terakhir dilakukan oleh Cahyo, dkk., tahun 2003, yaitu tentang penggunaan Software AFR untuk prediksi kondisi lapisan tanah dengan data sondir [10].



Gambar 3
Perkiraan jenis tanah Berdasarkan hasil uji sondir [3].



Gambar 4
Grafik perkiraan jenis tanah berdasarkan uji sondir [9].

2. Metodologi

Grafik estimasi dibuat berdasarkan hitungan kapasitas dukung fondasi tiang, yaitu Persamaan 4, 5 dan 6. Langkah-langkah hitungan adalah sebagai berikut ini.

- Menghitung nilai q_c dan q_s dengan variasi nilai c yaitu: 0, 5, 10, 20, 40, 80, 180, 320 dan 640 (dalam kN/m^2), sedangkan variasi nilai ϕ adalah: 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, dan 45 (dalam derajat). Hasil hitungan akan

didapatkan 90 pasang nilai q_c dan q_s dengan nilai c dan ϕ yang berbeda.

- Menghitung nilai R_f untuk masing-masing pasangan data q_c dan q_s .
- Membuat salib sumbu, dengan sumbu horisontal sebagai sumbu q_c dan sumbu vertikal sebagai sumbu $R_f = q_s/q_c$.
- Memplotkan titik-titik data hasil hitungan.
- Membuat garis yang menghubungkan titik-titik data dengan nilai c sama.
- Membuat garis yang menghubungkan titik-titik dengan ϕ sama.

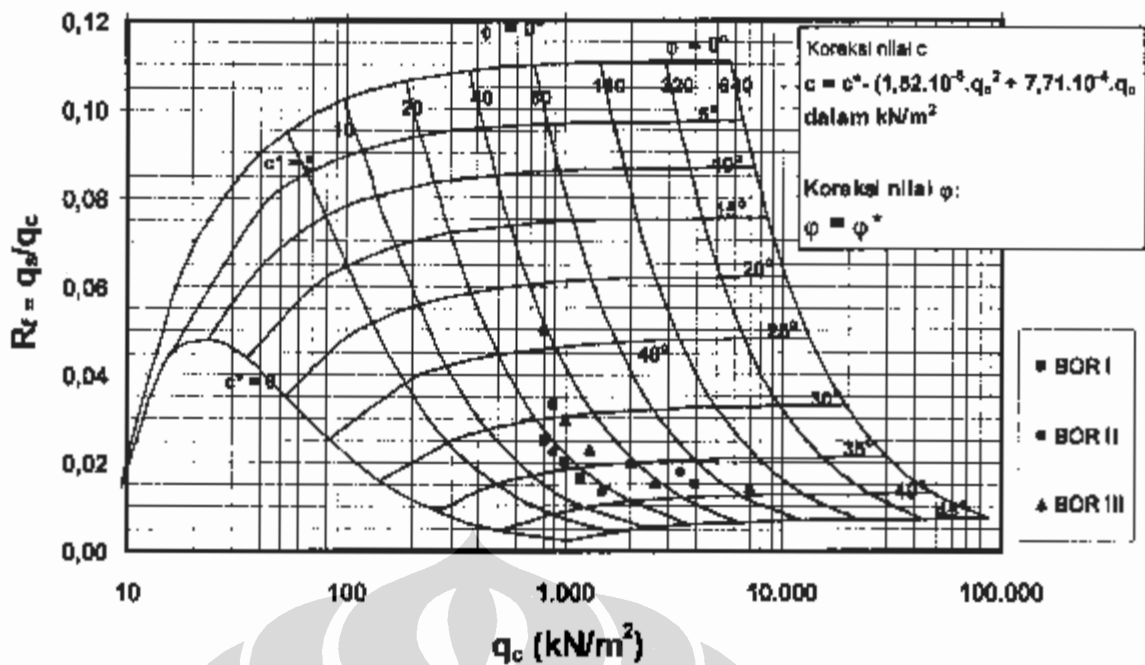
Setelah langkah langkah tersebut selesai dilakukan maka akan didapatkan grafik estimasi yang berupa jaring-jaring nilai c dan ϕ pada sumbu q_c dan R_f .

Pengujian sondir dan geser langsung dilakukan untuk mendapatkan data primer untuk validasi grafik estimasi. Pengujian dilakukan pada tiga titik tanah di Kampus Unsoed Purwokerto. Dari uji sondir didapatkan nilai q_c dan q_s . Berdasarkan data sondir tersebut nilai c dan ϕ diperkirakan menggunakan grafik estimasi. Untuk menentukan besarnya kesalahan perkiraan nilai c dan ϕ maka dibandingkan dengan nilai c dan ϕ hasil uji geser langsung.

3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan grafik estimasi dilakukan dengan menggunakan asumsi sondir sebagai fondasi tiang dengan ukuran kecil. Berdasarkan hasil hitungan yang dilakukan didapatkan grafik estimasi seperti terlihat pada Gambar 5. Untuk menguji grafik yang usulkan perlu validasi dengan data uji sondir dan hasil uji laboratorium yang dalam penelitian dilakukan uji geser langsung.

Uji bor dan sondir dilakukan pada tiga titik yang semuanya di lokasi kampus Unsoed Purwokerto. Titik I dan II di kampus Teknik Grendeng dan titik III di kampus Teknik Karangwangkal. Data hasil uji bor tersebut ditampilkan pada Tabel 1, 2 dan 3. Sedangkan hasil uji sondir ditampilkan dalam Gambar 6, 7 dan 8.



Gambar 5

Garfik estimasi parameter kuat geser tanah (usulan) berdasarkan uji sondir.

Tabel 1
Data uji bor dan geser langsung

Kedalaman (m)	Simbol tanah	Diskripsi tanah	Letak sampel	Hasil Uji Lab.	
				c (kN/m ²)	ϕ (°)
0,0	[Symbol]	pasir berlempung kepadatan sedang warna coklat tua	[Symbol]	28,0	31,5
0,2				18,1	31,5
0,4				15,7	39,1
0,6				39,7	28,4
0,8				18,1	35,8
1,0	[Symbol]	pasir berlanau atau pasir berlempung warna coklat sangat padat	[Symbol]	22,3	39,1
1,2					
1,4					
1,6					
1,8					
2,0					

Tabel 3
Data uji bor dan geser langsung

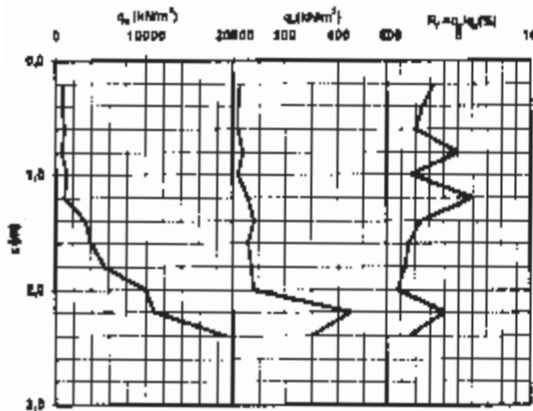
Kedalaman (m)	Simbol tanah	Diskripsi tanah	Letak sampel	Hasil Uji Lab.	
				c (kN/m ²)	ϕ (°)
0,0	[Symbol]	pasir berlanau warna coklat muda kepadatan sedang	[Symbol]	29,8	37,2
0,2					
0,4					
0,6					
0,8					
1,0	[Symbol]	pasir berlanau campuran kerikil, coklat padat	[Symbol]	25,3	34,4
1,2				27,1	32,3
1,4				28,0	40,3
1,6					
1,8					
2,0					

Tabel 2
Data uji bor dan geser langsung pada titik II

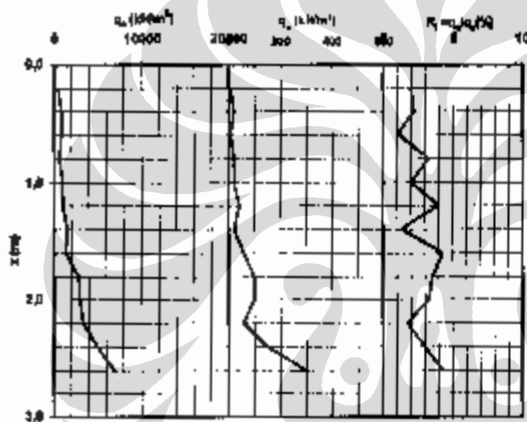
Kedalaman (m)	Simbol tanah	Diskripsi tanah	Letak sampel	Hasil Uji Lab.	
				c (kN/m ²)	ϕ (°)
0,0	[Symbol]	pasir berlempung kepadatan sedang warna coklat tua	[Symbol]	16,9	42,1
0,2					
0,4					
0,6					
0,8					
1,0	[Symbol]	pasir berlempung warna coklat kepadatan sedang sampai padat	[Symbol]	14,4	35,8
1,2					
1,4					
1,6					
1,8					
2,0					
2,2				24,1	28,4

Langkah-langkah estimasi parameter kuat geser tanah berdasarkan data sondir menggunakan grafik estimasi usulan adalah sebagai berikut:

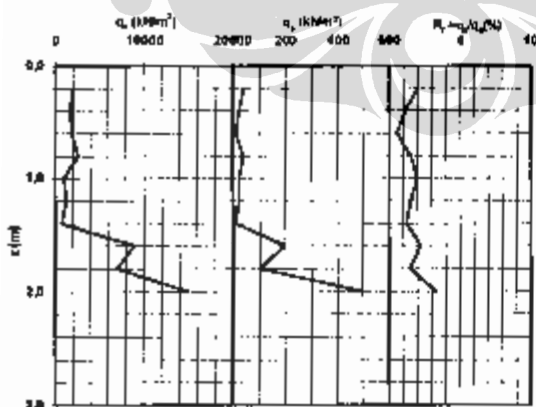
- Berdasarkan data sondir tentukan nilai q_c dan q_s .
- Dengan data q_c dan q_s dihitung nilai *friction ratio*, $R_f = q_c/q_s$.
- Data q_c dan R_f diplot pada grafik estimasi.
- Tentukan nilai estimasi awal c^* dan ϕ^* pada titik tersebut berdasarkan jaringan c^* dan ϕ^* .



Gambar 6
Hasil uji bor dan geser langsung pada titik I



Gambar 7
Hasil uji bor dan geser langsung pada titik II.



Gambar 8
Hasil uji bor dan geser

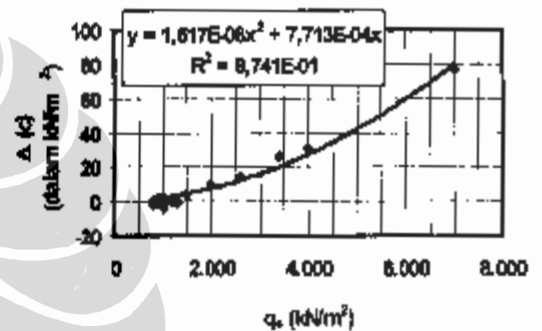
Validasi dilakukan dengan data sondir dan data geser langsung. Berdasarkan data sondir (q_c dan R_f) dilakukan estimasi awal sehingga didapatkan c^* dan ϕ^* . Selanjutnya

dihitung selisih antara nilai c hasil estimasi awal dan hasil geser langsung ($\Delta c = c^* - c$), juga dihitung selisih nilai ϕ hasil estimasi awal dan hasil geser langsung ($\Delta \phi = \phi^* - \phi$). Nilai Δc dan $\Delta \phi$ diplotkan dalam grafik hubungan q_c dan (Δc atau $\Delta \phi$).

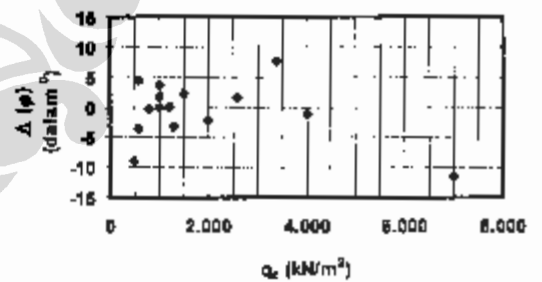
Koreksi nilai c^* dilakukan berdasarkan hubungan grafik antara Δc dan q_c . Nilai estimasi awal c^* perlu koreksi dengan persamaan berikut:

$$c = c^* - (1,52 \cdot 10^{-6} (q_c)^2 + 7,71 \cdot 10^{-4} \cdot q_c).$$

Sedangkan nilai ϕ^* tidak perlu dikoreksi karena $\Delta \phi$ tidak mempunyai kecenderungan, sehingga $\phi = \phi^*$.



Gambar 9
Kesalahan estimasi awal nilai c^* .



Gambar 10
Kesalahan estimasi nilai ϕ .

Berdasarkan 15 data geser langsung, nilai c hasil estimasi terkoreksi mempunyai kesalahan tidak lebih dari 26%. Sedangkan estimasi nilai sudut gesek internal tanah ϕ mempunyai kesalahan terbesar 27%. Kesalahan estimasi nilai c rata-rata adalah 4,9% dengan standart deviasi 13,9%, sedangkan nilai kesalahan ϕ rata-rata sekitar 3,8% dengan standart deviasi 13,3%.

Tabel 4
Estimasi nilai c dan ϕ berdasarkan data sondir dan hasil uji geser langsung

No	No. BOR/ SONDIR		DATA SONDIR		HASIL UJI GES LANGSUNG		HASIL ESTIMASI AWAL		HASIL ESTIMASI		KESALAHAN ESTIMASI	
	No Bor	Kedalaman (m)	q_c (kN/m ²)	R_f	c (kN/m ²)	ϕ (^o)	c^* (kN/m ²)	ϕ^* derajat	c (kN/m ²)	ϕ (^o)	Err.(c) (%)	Err.(ϕ) (%)
1	I	0,20	900	0,033	28,0	31,5	27	29	25	29	-10,44	-7,94
2	I	0,40	800	0,025	18,1	31,5	18	32	16	32	-9,33	1,58
3	I	0,60	1000	0,020	15,7	39,1	18	34	16	34	0,07	-13,04
4	I	0,80	800	0,050	39,7	28,4	38	24	36	24	-8,28	-15,49
5	I	1,00	1200	0,017	18,1	35,8	18	36	15	36	-17,74	0,56
6	I	1,60	4000	0,015	22,3	39,1	53	38	26	38	14,99	-2,81
7	II	0,40	900	0,022	16,9	42,1	18	33	16	33	-4,59	-21,56
8	II	1,00	1000	0,020	22,6	30,2	19	34	17	34	-25,96	12,61
9	II	1,40	1500	0,013	14,4	35,8	18	38	13	38	-7,00	6,15
10	II	2,20	3400	0,018	24,1	28,4	50	36	30	36	23,98	26,58
11	III	0,20	2000	0,020	29,8	37,2	40	35	32	35	8,73	-5,84
12	III	0,80	2600	0,015	25,3	34,4	40	36	28	36	9,73	4,66
13	III	1,00	1000	0,030	27,1	32,3	26	31	24	31	-12,44	-4,00
14	III	1,20	1300	0,023	28,0	40,3	27	34	23	34	-16,28	-15,67
15	III	1,80	7000	0,014	12,6	50,4	80	39	10	39	-18,77	-22,66

4. Kesimpulan

- Grafik estimasi parameter kuat geser tanah didapatkan dengan asumsi sondir sebagai fondasi tiang ukuran kecil.
- Estimasi nilai c tanah berdasarkan data sondir menggunakan grafik usulan memerlukan koreksi, sehingga menjadi: $c = c^* - (1,52 \cdot 10^{-6}(q_c)^2 + 7,71 \cdot 10^{-4} \cdot q_c)$.
- Estimasi nilai ϕ berdasarkan grafik usulan tidak perlu dikoreksi lagi.
- Hasil validasi memberikan kesalahan maksimum sekitar 26% untuk nilai c dan 27% untuk nilai ϕ .

Daftar Acuan

- Braja M Das, *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Jilid 2, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1985.
- Hary Christady Hardiyatmo, *Mekanika Tanah II*, Beta Offset, Yogyakarta, 2002.
- Joseph E Bowles, 1997, *Analisis dan Desain Pondasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1997.
- Hary Christady Hardiyatmo, *Teknik Fondasi II*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta., 2001.
- H. G. Poulos, and E. H. Davis, E.H., *Pile Foundation Analysis and Design*, John Wiley, New York, 1980.
- A. A. Grigorian, *Pile Foundations for Building and Structures in Collapsible Soils*, Stroiizdat, Moscow, 1997.
- Abebe dan Smith, *Pile Foundation Design: A Student Guide*, School of the Built Environment, Napier University, Edinburg, 1999.
- A. J. Weltman and J. H. Head, *Site Investigation Manual*, CIRIA, London, 1983.
- P. K. Robertson, *Soil Classification Using The Cone Penetration Test*, Canadian Geotechnical Journal Vol. 27, 1990
- H. T. Cahyo, H. C. Hardiyatmo, A. D. Adi, *Prediksi Kondisi Lapisan Tanah dari Hasil Uji CPT (Sondir) dengan Menggunakan Software AFR (Antareja Fuzzy Relations)*, Civeng Edisi I Vol. I, Januari 2003.