

STUDI KOMPARATIF MODEL EMPIRIS DAYA DUKUNG PONDASI TIANG BOR PADA TANAH EKSPANSIF (Studi Kasus: Jembatan Suramadu Bentang Tengah)



Oleh:

Deni Wiharjito, ST. M.MT



Satuan Kerja Sementara Pembangunan Jembatan Nasional Suramadu Bentang Tengah,
Balai Besar Pelaksanaan Jalan Nasional V, Ditjen. Bina Marga, Dep. Pekerjaan Umum

E-mail: deni_wbm@yahoo.co.id

Dipresentasikan pada:

KONFERENSI REGIONAL TEKNIK JALAN KE-10
Wilayah Barat & Tengah
Surabaya, 11 November 2008



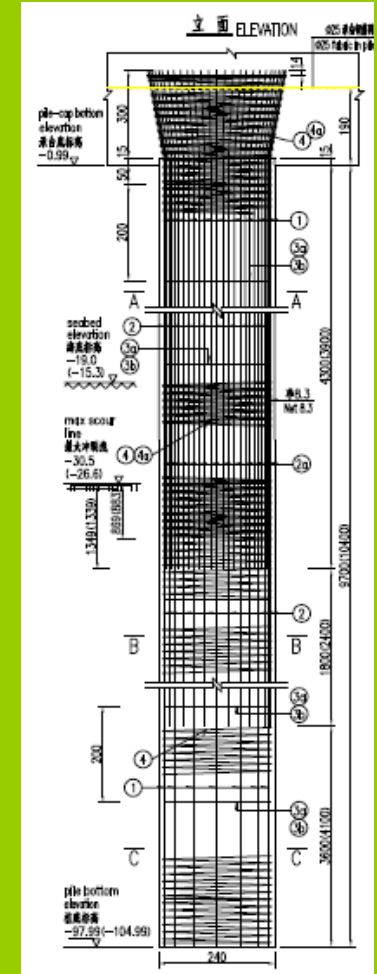


Latar Belakang

Indonesia merupakan negara **kepulauan** yang terdiri lebih dari 17.500 pulau, dimana pulau-pulau besar relatif berdekatan dan perlu dihubungkan dengan sistem transportasi yang handal berupa pembangunan infrastruktur jembatan, khususnya jembatan bentang panjang.



Bila berbicara mengenai jembatan bentang panjang maka dapat dipastikan bahwa pondasi yang menopangnya akan menerima beban yang sangat besar, dimana teknologi **pondasi tiang bor** merupakan salah satu alternatif terbaik karena kedalaman dan diameter tiang bor dapat divariasikan sesuai dengan beban struktur yang akan ditopangnya.





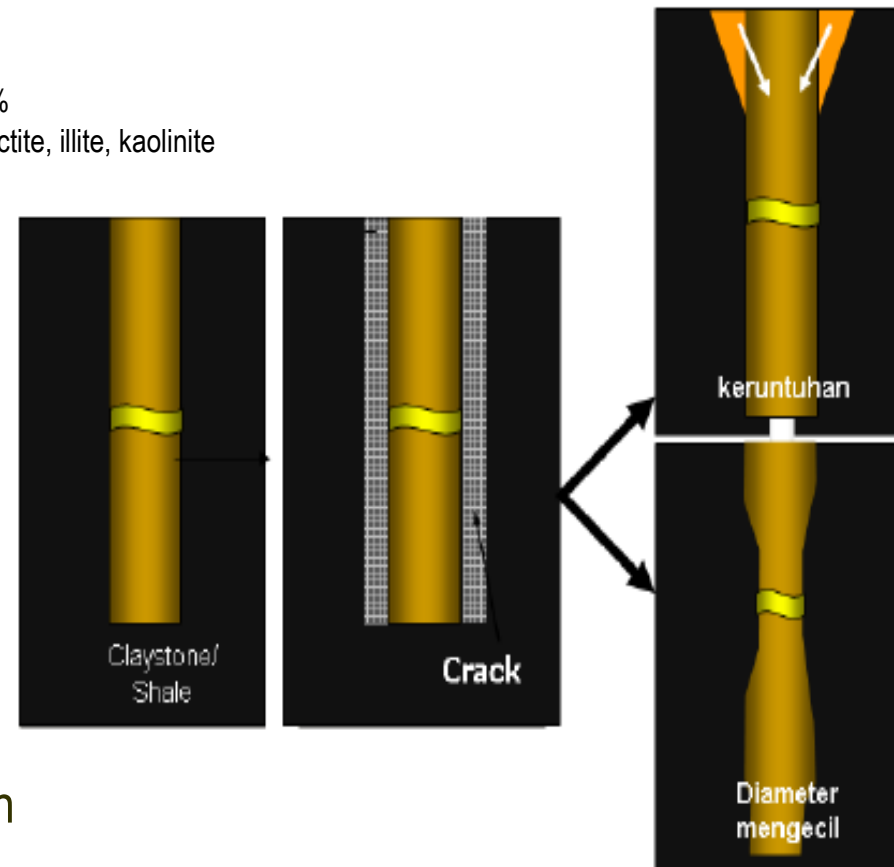
Latar Belakang *(lanjutan...)*

Pengujian beban pondasi tiang bor merupakan kegiatan yang umum dilaksanakan, apalagi di Indonesia terdapat banyak area dengan

tanah ekspansif → LL > 41% & PI > 11%
Montmorillonite, smectite, illite, kaolinite

yang memiliki karakter khusus dalam hal pengembangan volume (*swelling*) jika terjadi perubahan kadar air atau perubahan tegangan yang diterima, sehingga akan menyebabkan penurunan kuat geser tanah yang signifikan.

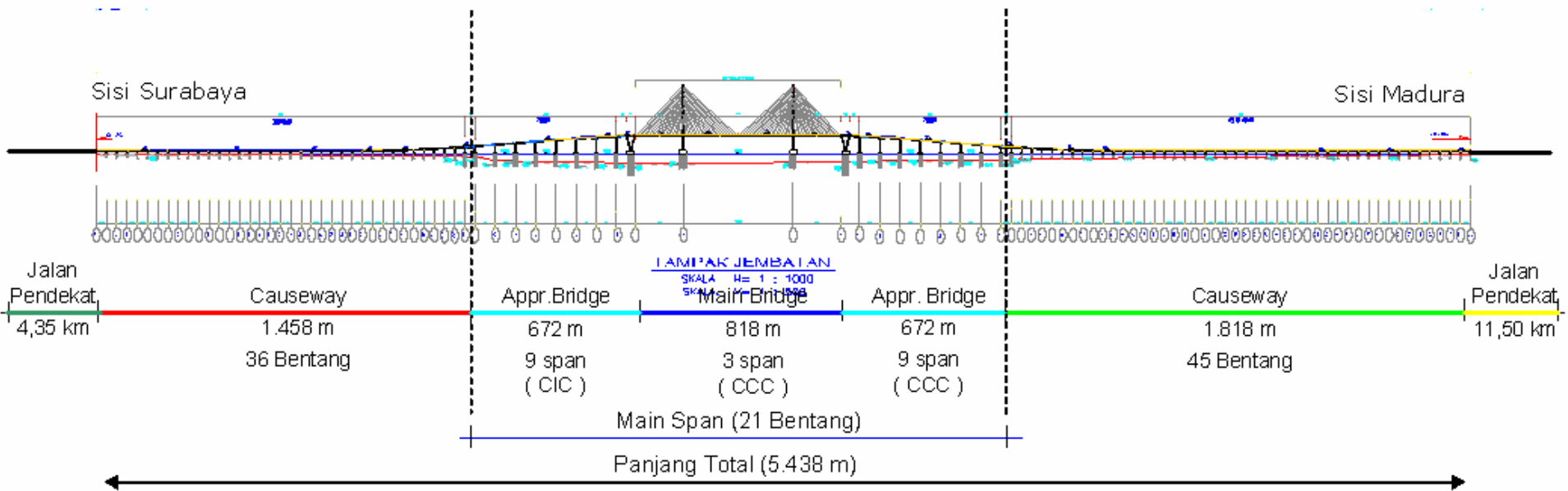
Proses pengeboran lubang pada konstruksi pondasi tiang bor akan menyebabkan berkurangnya tegangan yang bekerja pada tanah, sehingga prediksi daya dukung pondasi tiang bor pada tanah ekspansif harus dilakukan secara hati-hati.





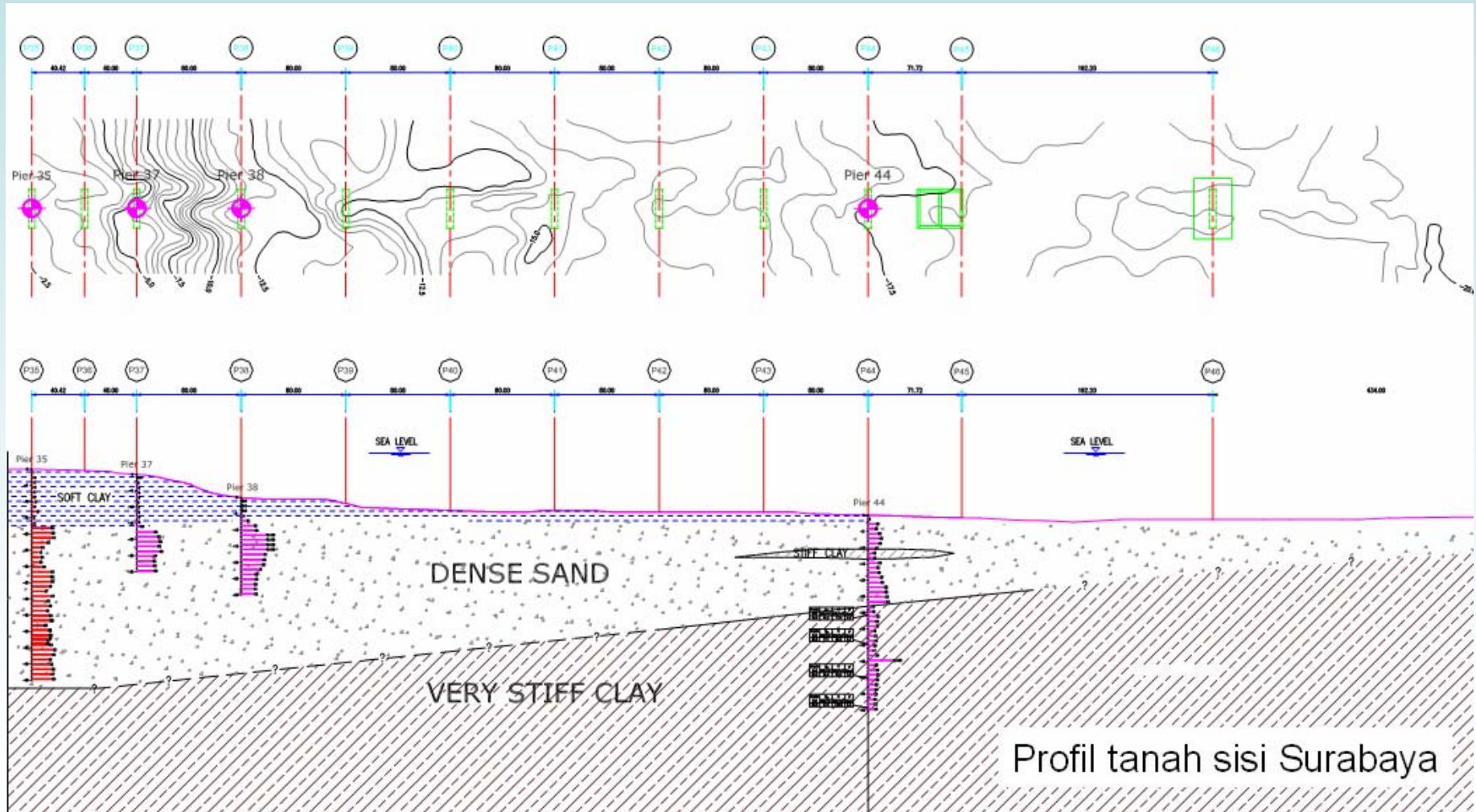
Obyek Studi

Pondasi tiang bor yang dijadikan obyek dalam studi ini merupakan struktur pondasi pada **Jembatan Suramadu Bentang Tengah** yang berada pada **tanah ekspansif (*clay-shale*)**





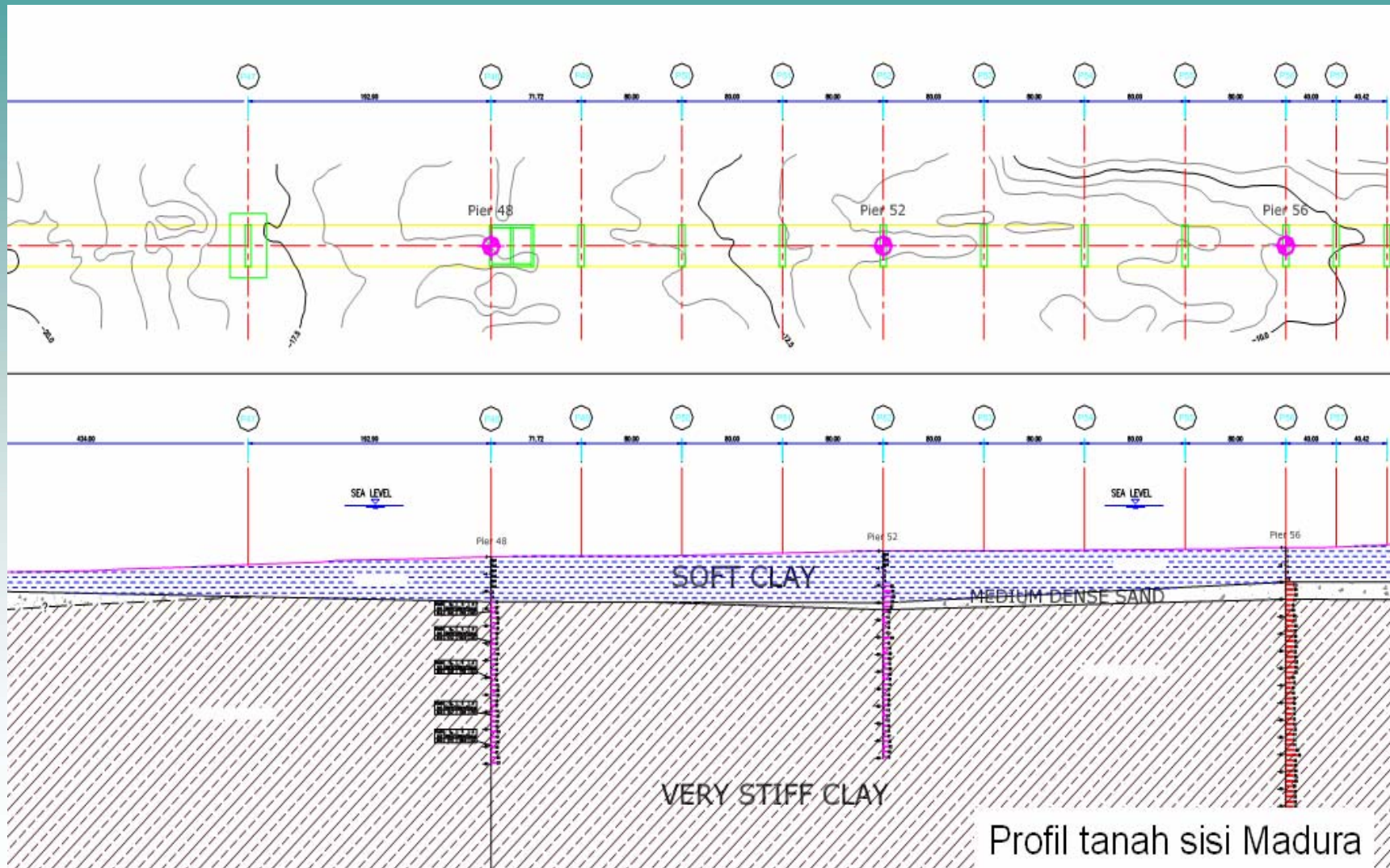
Profil tanah sisi Surabaya



Profil tanah sisi Surabaya



Profil tanah sisi Madura

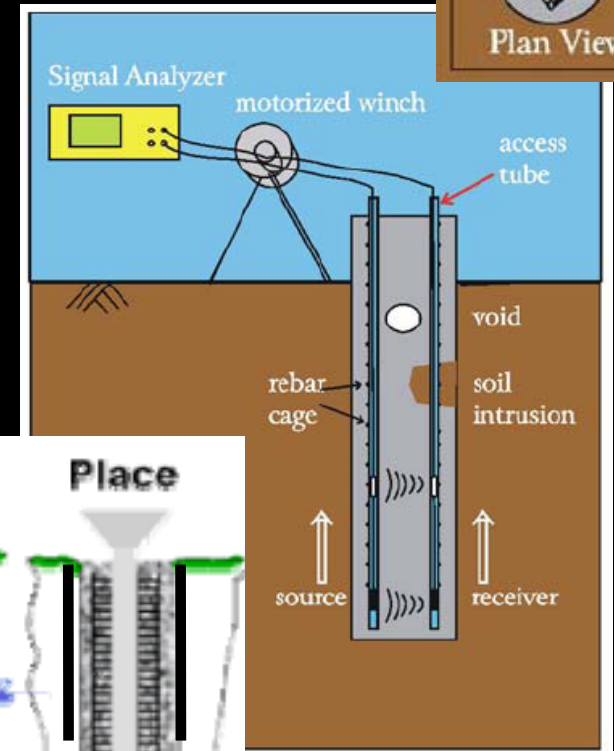
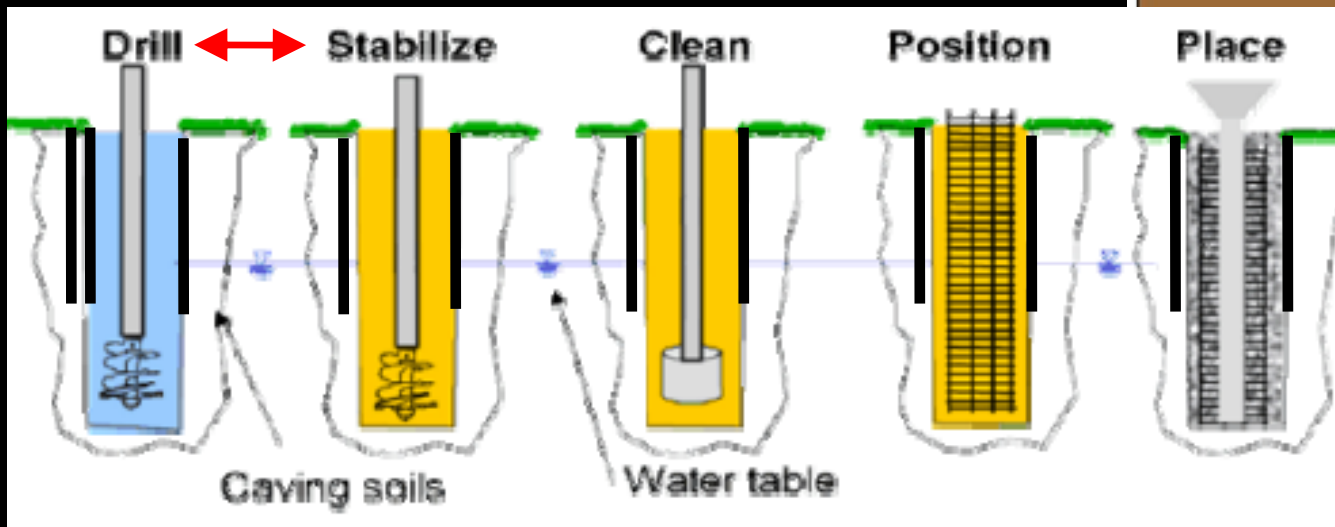


Profil tanah sisi Madura

Pekerjaan Tiang Bor

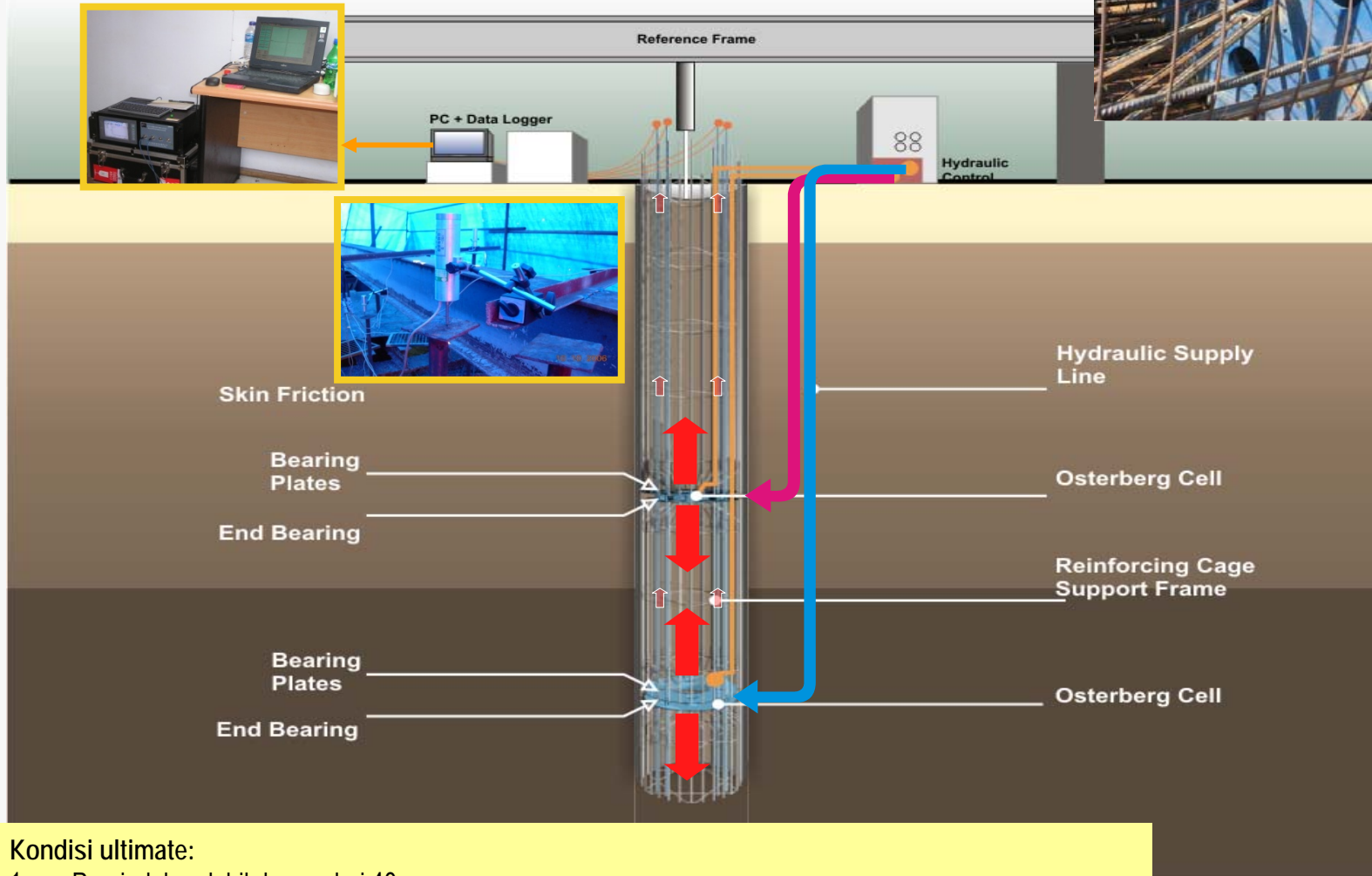


1. Pemancangan casing
2. Pengeboran dengan sirkulasi slurry
3. Cleaning dan pasang rebar
4. Pengecoran
5. Ultrasonic test
6. Post-grouting





Load Cell Test



Kondisi ultimate:

1. Perpindahan lebih besar dari 40 mm
2. Jika tambahan beban menyebabkan penurunan lebih dari 5x penurunan pada tingkat beban sebelumnya
3. Jika penurunan terus berlanjut selama 24 jam.

Perumusan Daya Dukung Pondasi Tiang Bor



$$Q_u = Q_p + Q_s$$

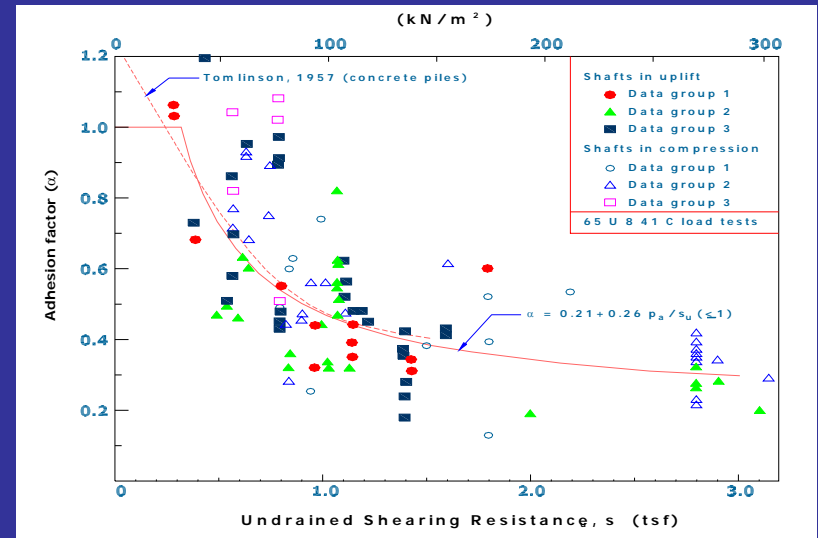
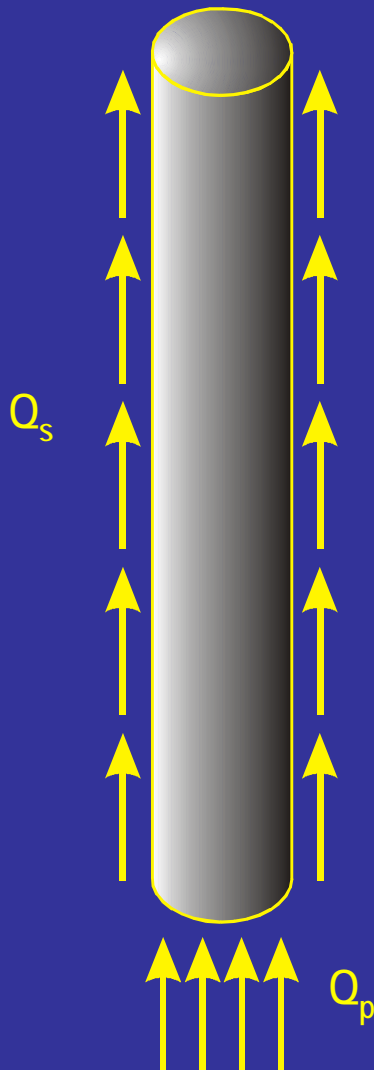
Tanah kohesif $\rightarrow Q_p = 9 \cdot c_u \cdot A$

Meyerhoff (1956): $Q_s = 0,1 N \cdot A_s$

$Q_s = f \cdot l \cdot p$ Reese dan Wright (1977): $\alpha = 0,55$

$f = \alpha \cdot c_u$ Kulhawy (1991):

$\alpha \rightarrow$



Aurora dkk (1977):

tanah ekspansif jenis *clay-shale* $\rightarrow c_u = 2.N$ (kPa)

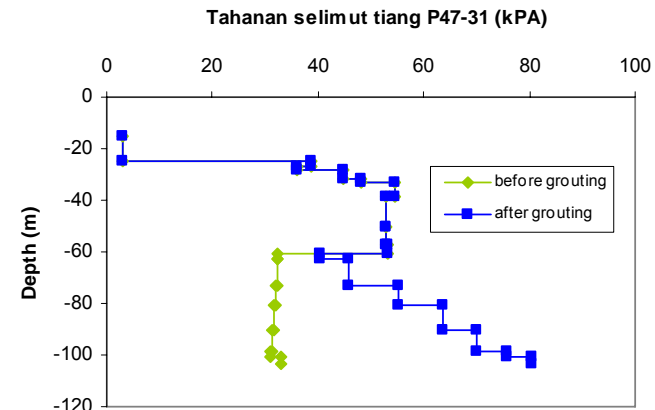
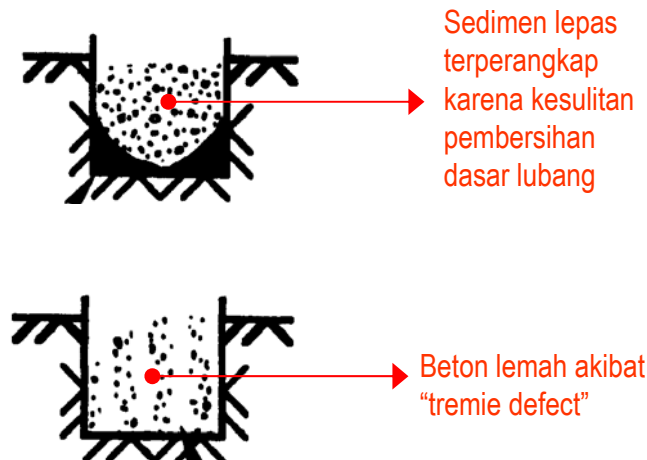
Irsyam dan Kartawiria (2005):

tanah ekspansif jenis *clay-shale* di Jembatan Ciujung $\rightarrow c_u = 4.N$ (kPa)

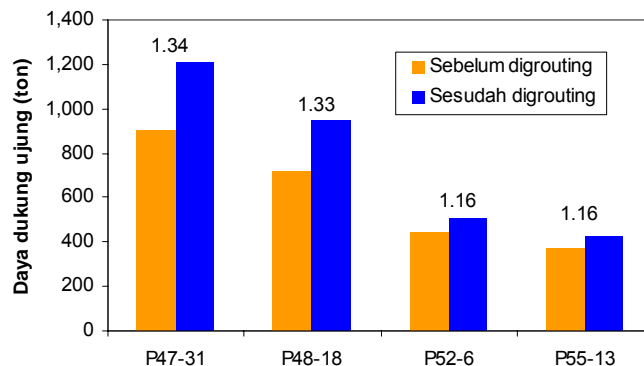


Post-Grouting

- Tujuan utama aplikasi grouting pada ujung pondasi tiang bor untuk menjamin daya dukung ujung tercapai & memperbaiki settlement

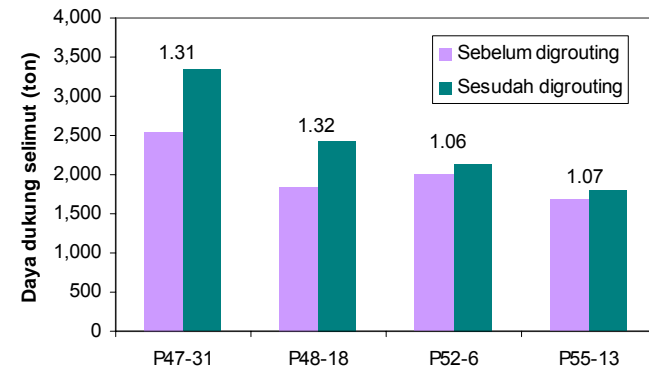


Tahanan selimut tiang uji P47-31



Daya dukung ujung

Tiang uji



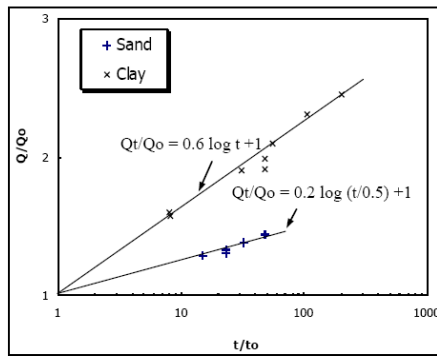
Tiang uji

Daya dukung selimut

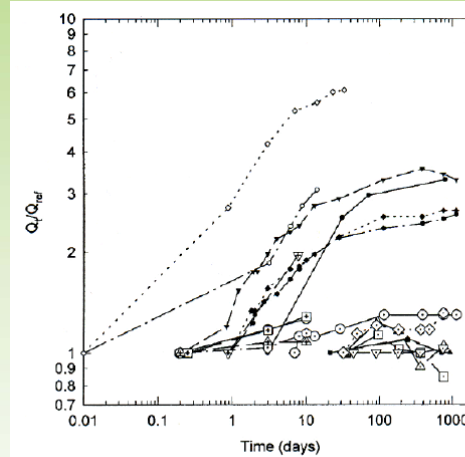


Set-up

Berhubungan dengan peningkatan tahanan tanah pada selimut tiang, salah satunya akibat proses pemulihan struktur butiran tanah ke kondisi semula akibat rusaknya struktur butiran tanah saat proses instalasi pondasi tiang.



Time-dependent development of capacities by Skov and Denver (1988)



5 - 6 Normalized capacities for piles in clay by Long et al. (1999)

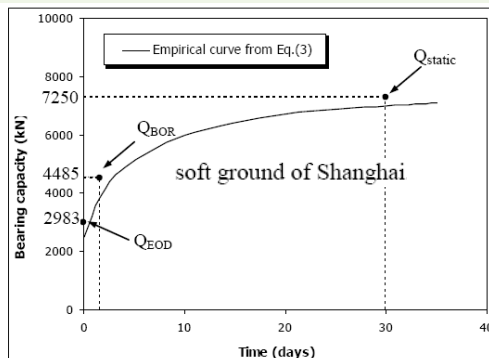
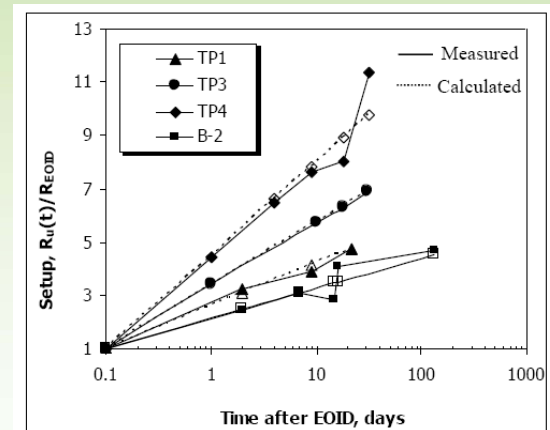


Figure 5 - 4 Variation of Bearing Capacity with Time by Huang (1988)



re 5 - 8 Pile capacity-time relationships (Svinkin and Skov, 2000)



Deskriptif data pemodelan

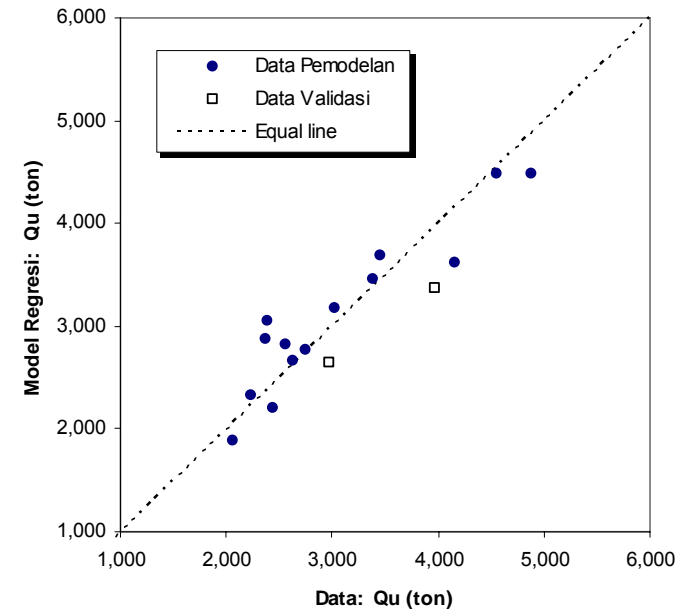
No.	Uraian	Simbol	Parameter					Jumlah data
			Rata-rata	Standar deviasi	Rentang	Minimum	Maksimum	
1	Jenis tanah (0=clay-shale, 1=sand)	T	0.17	0.20	0.69	0.00	0.69	16
2	N-spt ujung tiang (pukulan/30cm)	Nu	41	17	44	16	60	16
3	N-spt rata-rata selimut tiang (pukulan/30cm)	Ns	32	12	33	15	48	16
4	Panjang tiang tertanam (m)	L	73.654	8.657	27.165	62.500	89.665	16
5	Diameter tiang (m)	D	2.13	0.27	0.60	1.80	2.40	16
6	Aplikasi grouting (0=tidak, 1=ya)	G	-	-	-	-	-	16
7	Umur tiang (hari)	U	39	22	59	16	75	16
8	Daya dukung ultimate (ton)	Qu	3,115	870	2,825	2,058	4,883	16



Pengembangan Model Empiris

Uji multikolinieritas

	T	Nu	Ns	L	D	U	Qu
T	1.000	-	-	-	-	-	-
Nu	0.193	1.000	-	-	-	-	-
Ns	0.556	0.812	1.000	-	-	-	-
L	-0.262	0.211	0.057	1.000	-	-	-
D	-0.181	0.689	0.455	0.229	1.000	-	-
U	0.077	-0.378	-0.263	0.047	-0.436	1.000	-
Qu	0.095	0.409	0.501	0.439	0.686	0.048	1.000



Analisa regresi

Regression Statistics	
r	0.898
r ²	0.806
Std Error	0.143
Observations	14

	Coefficients	Std Error	t Stat	P-value
Intercept	5.0208	1.1084	4.5298	0.0011
T.Ns	0.0077	0.0059	1.3113	0.2191
L	0.0081	0.0046	1.7446	0.1116
D	0.8517	0.1938	4.3954	0.0013
G	0.0635	0.2715	0.2339	0.8198
log.U	0.3301	0.5761	0.5730	0.5793

$\alpha = 0,01$

ANOVA

	df	SS	MS	F	P-value
Regression	5	0.8552	0.1710	8.3142	0.0025
Residual	10	0.2057	0.0206		
Total	15	1.0610			

$\alpha = 0,01$



Model empiris

$$Q_u = 151,5.e^n \quad \dots(11)$$

$$n = 0,0077.T.N_s + 0,0081.L + 0,8517.D + 0,0635.G + 0,3301.\log(U) \quad \dots(12)$$

dimana:

Q_u = daya dukung ultimate (ton)

e = 2,71828....

T = jenis tanah; untuk *clay-shale* dan *sand* masing-masing direpresentasikan oleh nilai 0 dan 1, dimana untuk campuran antara *clay-shale* dan *sand* menggunakan nilai rata-rata terbobot dengan tebal lapisan sebagai bobotnya

N_s = N-spt rata-rata selimut tiang (pukulan/30cm)

L = panjang tiang tertanam (m)

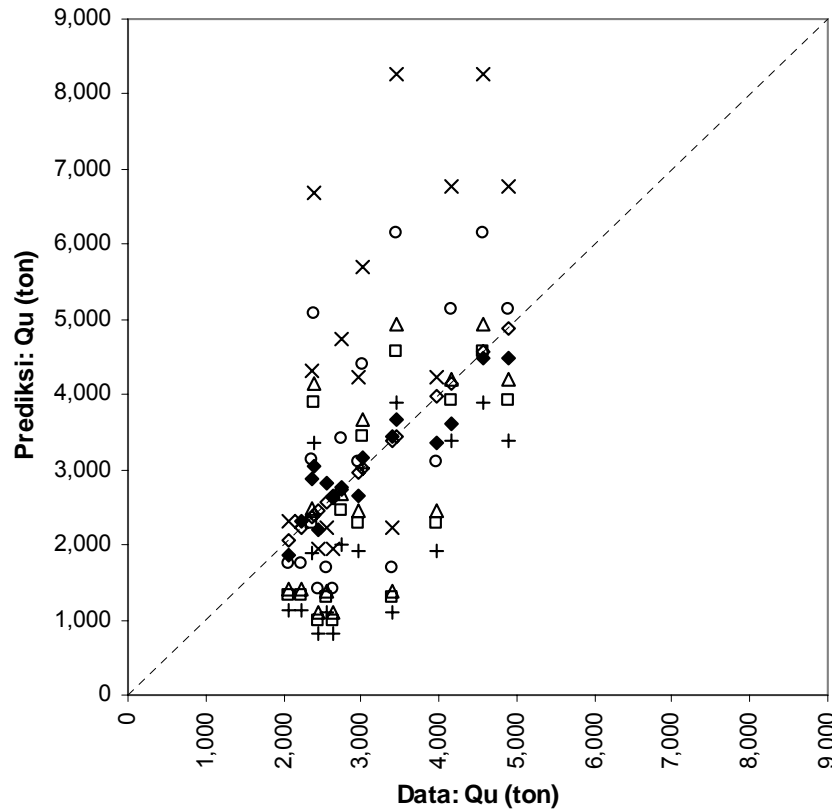
D = diameter tiang (m)

G = aplikasi grouting; nilai 0 untuk tiang bor yang tidak digrouting dan nilai 1 untuk tiang bor digrouting

U = umur tiang (hari)



Analisa komparatif



No.	Metode	MAPE	LAPE	r^2
1	Model Empiris	9.20%	28.09%	0.838
2	Meyerhoff	32.24%	71.74%	0.411
3	Reese & Wright + Aurora dkk	31.18%	69.69%	0.411
4	Reese & Wright + Irsyam & Kartawiria	61.63%	172.56%	0.409
5	Kulhaw y + Aurora dkk	37.59%	75.69%	0.409
6	Kulhaw y + Irsyam & Kartawiria	39.73%	102.86%	0.411

◆ Model Empiris	□ Meyerhoff
△ Reese & Wright + Aurora dkk	× Reese & Wright + Irsyam & Kartawiria
+ Kulhaw y + Aurora dkk	○ Kulhaw y + Irsyam & Kartawiria
----- Equal line	◇ Load Cell Test



Kesimpulan

1. Pada studi ini telah dikembangkan model empiris dengan analisa regresi untuk memprediksi daya dukung total pondasi tiang bor pada tanah ekspansif khususnya di lingkungan laut dengan studi kasus Jembatan Suramadu Bentang Tengah.
2. Secara berurutan variabel yang memberikan pengaruh terbesar sampai terkecil dalam model adalah: diameter tiang (D), umur tiang (U), aplikasi grouting (G), panjang tiang tertanam (L), jenis tanah (T), dan N -spt rata-rata selimut tiang (N_s).
3. Dari hasil perbandingan model menunjukkan bahwa kemampuan dan tingkat akurasi hasil prediksi daya dukung total pada model empiris jauh melebihi kemampuan beberapa perumusan yang lain.
4. Model dapat digunakan sebagai salah satu alternatif metode dalam memprediksi daya dukung total pondasi tiang bor pada tanah ekspansif khususnya di lingkungan laut.



TERIMA KASIH