

ANALISIS DAYA DUKUNG FONDASI DALAM DENGAN METODE *INNER BORING* DI JAKARTA

Sheila Christiani¹, Aksan Kawanda²

¹Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: Shellachristianii@gmail.com

²Program Studi Sarjana Teknik Sipil, Universitas Tarumanagara, Jl. Letjen S. Parman No.1 Jakarta
Email: Akawanda@geotech-indonesia.com

ABSTRAK

Dewasa ini tingkat pembangunan semakin meningkat mengikuti bertambahnya populasi penduduk. Pada umumnya lahan yang tersedia untuk pembangunan di kota-kota besar relatif kecil serta berhimpitan dengan bangunan-bangunan di sekitarnya sehingga di perlukannya alternatif teknik instalasi fondasi yang minim getaran. *Inner boring* merupakan sebuah teknologi pemasangan tiang fondasi pracetak (*spun pile*) yang mengkombinasikan metode *drilling* dan *jacking* dengan cara melubangi tanah dengan bor sambil memasukan tiang fondasi dengan cara di tekan. Tugas akhir ini membahas analisa perbandingan daya dukung fondasi dalam dengan metode instalasi *Inner boring*, Pancang, dan *Bored pile* serta membandingkan dengan data uji beban-VWSG. Perhitungan daya dukung fondasi *Inner boring* menggunakan metode Nakabori Kakutei System (NAKS). Perhitungan daya dukung Pancang dihitung dengan membandingkan metode Meyerhof, Brown, dan Briaud .et.al. Sedangkan fondasi *Bored pile* dihitung dengan membandingkan metode Meyerhof, Reese and Wright, dan Luciano de Court. Analisa perhitungan dilakukan pada tiang fondasi pracetak berongga berdiameter 1200mm dengan kedalaman 21m

Kata kunci: *Inner-boring*, *Bored-pile*, VWSG, Daya dukung

1. PENDAHULUAN

Fondasi merupakan struktur bangunan yang menyalurkan beban dari struktur atas ke lapisan tanah, dimana fondasi juga menentukan kestabilan suatu struktur bangunan. Secara umum fondasi dapat didefinisikan sebagai suatu bagian dari konstruksi bangunan yang bertugas meletakkan bangunan dan meneruskan beban bangunan atas ke tanah dasar yang cukup kuat mendukungnya serta memberikan kestabilan pada struktur bangunan dalam memikul beban baik horisontal maupun vertikal. Fungsi ini dapat berjalan secara optimal bila kestabilan terhadap daya dukung tanah terpenuhi.

Dewasa ini tingkat pembangunan semakin meningkat mengikuti bertambahnya populasi penduduk. Pada umumnya lahan yang tersedia untuk pembangunan di kota-kota besar relatif kecil serta berhimpitan dengan bangunan-bangunan di sekitarnya sehingga di perlukannya alternatif teknik instalasi fondasi yang minim getaran. Secara umum permasalahan fondasi dalam lebih rumit dari pondasi dangkal. Terdapat beberapa jenis sistem pemancangan fondasi dalam pelaksanaannya, yaitu Drop hammer, Jacked pile, Bored pile, dan yang terbaru adalah Inner Boring.

Teknologi Inner Boring menjawab sejumlah tuntutan pembangunan di wilayah perkotaan antara lain di bawah ambang batas kebisingan, tidak boleh bergetar karena dapat membuat retak bangunan sekitar dan tidak mengotori lingkungan kerja. Inner Boring merupakan metode instalasi tiang pancang yang berkembang di Jepang dimana teknologi ini berasal dari penggabungan metode *conventional pre-drilling* dan *Jacked-in Pile*. Teknologi ini menawarkan sejumlah keunggulan seperti tidak bising, tidak begetar, tidak mengotori lingkungan, namun tidak melupakan kecepatan pelaksanaan. Sistem pemancangan dengan metode Inner Boring tidak menghasilkan getaran karena melubangi tanah dengan cara di bor sambil di masukkan tiang pancang dengan cara di tekan, dalam pengerjaannya teknologi ini lebih cepat dibandingkan teknologi konvensional, serta tidak mengotori lingkungan kerja proyek karena tanah yang dibor langsung ditampung pada bucket untuk langsung di pindahkan. Pembahasan dalam penelitian ini adalah analisis daya dukung fondasi tiang yang di pasang dengan metode *inner boring*. Analisis dilakukan dengan *Instrumented Static Load Test*.

Perhitungan daya dukung fondasi dalam dinyatakan dalam bentuk:

$$Q_u = Q_s + Q_p \quad (1)$$

Dengan Q_u = Daya dukung ultimate tiang, Q_s = Daya dukung selimut tiang, dan Q_p = Daya dukung ujung tiang

Daya Dukung Tiang Pancang

Perhitungan kapasitas daya dukung fondasi tiang pancang menggunakan metode Meyerhof, Brown, dan Briaud.et.al. Berikut merupakan persamaan yang digunakan mengutip dari

Metode Meyerhof (Hardiyatmo,2008)

Tanah non kohesif:

$$Q_p = 40 \cdot N_{spt} \cdot A_p \quad (2)$$

$$Q_s = 2 \cdot N_{spt} \cdot L_i \cdot P \quad (3)$$

Tanah kohesif:

$$Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p \quad (4)$$

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot P \cdot L_i \quad (5)$$

dengan Q_p = Daya dukung ujung tiang, Q_s = Daya dukung selimut tiang, N_{spt} = Nilai N_{spt} pada elevasi dasar tiang, A_p = Luas penampang dasar tiang, L_i = Panjang Tiang, P = Perimeter Tiang, C_u = Kuat geser, dan α = Faktor adhesi

Metode Brown (Paulus, 2013)

Perhitungan daya dukung selimut tiang:

$$Q_s = A_s \cdot f_s \quad (6)$$

Perhitungan daya dukung ujung tiang:

$$Q_p = A_p \cdot q_p \quad (7)$$

dengan Q_p = Daya dukung ujung tiang, Q_s = Daya dukung selimut tiang, A_p = Luas penampang ujung tiang, A_s = Luas selimut tiang, f_s = Tahanan selimut tiang, dan q_p = Tahanan ujung tiang

Metode Briaud.et.al (Paulus, 2013)

Perhitungan daya dukung ujung tiang:

$$Q_p = A_p \cdot f_b \quad (8)$$

$$f_b = 19,7 \cdot \sigma_r \cdot (N_{60})^{0,36} \quad (9)$$

Perhitungan daya dukung selimut tiang:

$$Q_p = A_p \cdot f_s \quad (10)$$

$$f_s = 0,224 \cdot \sigma_r \cdot (N_{60})^{0,29} \quad (11)$$

Dengan Q_p = Daya dukung ujung tiang, Q_s = Daya dukung selimut tiang, f_s = Tahanan selimut tiang, f_b = Tahanan ujung tiang, σ_r = Tegangan referensi, dan N_{60} = Nilai N_{spt} koreksi

Daya Dukung Tiang Bor

Metode Meyerhof (Hardiyatmo,2008)

Tanah non kohesif:

$$Q_p = 40 \cdot N_{spt} \cdot A_p \quad (12)$$

$$Q_s = 2 \cdot N_{spt} \cdot L_i \cdot P \quad (13)$$

Tanah kohesif:

$$Q_p = 9 \cdot C_u \cdot A_p \quad (14)$$

$$Q_s = \alpha \cdot C_u \cdot P \cdot L_i \quad (15)$$

dengan Q_p = Daya dukung ujung tiang, Q_s = Daya dukung selimut tiang, N_{SPT} = Nilai N_{SPT} pada elevasi dasar tiang, A_p = Luas penampang dasar tiang, L_i = Panjang Tiang, P = Perimeter Tiang, C_u = Kuat geser, dan α = Faktor adhesi

Metode Reese and Wright (Reese.C, 2006)

Daya dukung ujung tiang:

$$Q_p = q_p \cdot A_p \quad (16)$$

Daya dukung selimut tiang

$$Q_s = f_s \cdot L \cdot P \quad (17)$$

dengan Q_p = Daya dukung ujung tiang, Q_s = Daya dukung selimut tiang, A_p = Luas penampang ujung tiang, A_s = Luas selimut tiang, f_s = Tahanan selimut tiang, dan q_p = Tahanan ujung tiang, L_i = Panjang Tiang

Metode Luciano de Court (Paulus, 2013)

$$Q_p = A_p N_p K \quad (18)$$

$$Q_s = A_s \left(\frac{N_s}{3} + 1 \right) \quad (19)$$

dengan Q_p = Daya dukung ujung tiang, Q_s = Daya dukung selimut tiang, A_p = Luas penampang ujung tiang, A_s = Luas selimut tiang, N_p = Rata-rata dari harga SPT yang telah dikoreksi mulai 4D di bawah ujung tiang sampai 4D di atas tiang, N_s = Harga SPT rata-rata pada lapisan tanah yang telah dikoreksi sepanjang tiang yang ditinjau, K = Koefisien yang tergantung dari jenis tanah

Daya Dukung Inner boring

Metode Nakabori

Perhitungan kapasitas daya dukung fondasi Inner boring menggunakan metode Nakabori (Aksan Kawanda,2015) dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_{ult} = \alpha \cdot N \cdot A_p + \beta \cdot N_s \cdot L_s \cdot p + \gamma \cdot q_u \cdot L_c \cdot p \quad (20)$$

$$R_{all} = \frac{R_{ult}}{SF} \quad (21)$$

Kapasitas gesekan pada fondasi *Inner Boring* dibagi menjadi 2 bagian yaitu (1) *natural zone* dan (2) *improvement zone* dimana *improvement zone* sangat berguna untuk meningkatkan kapasitas gesekan tiang.

Zona 1

$$\beta_1 = 1.5$$

$$\gamma_1 \cdot q_u = 15 + 0,125 \cdot q_u \quad (22)$$

Zona 2

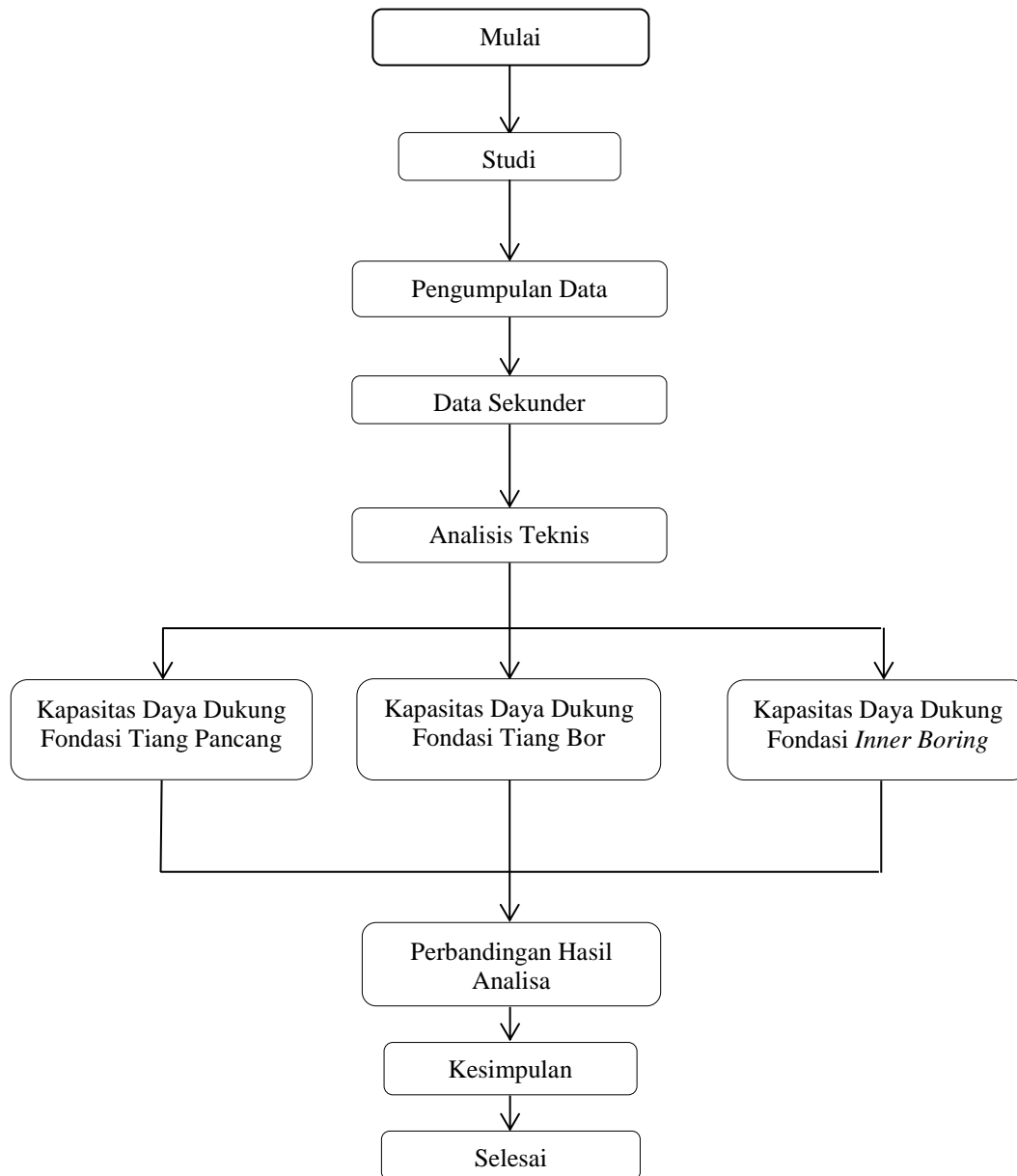
$$\beta_1 = 3.5$$

$$\gamma_2 \cdot q_u = 20 + 0,4 \cdot q_u \quad (23)$$

dengan R_{ult} = Daya dukung ultimate tiang, R_{all} = Daya dukung ijin tiang, N = Nilai SPT rata-rata ujung tiang, A_p = Luas penampang tiang, N_s = Nilai SPT rata-rata sisi samping tiang, q_u = *Undrained shear strength*, L_s = Panjang tiang pada lapisan pasir, L_c = Panjang tiang pada lapisan lempung, P = Keliling tiang, α = Koefisien ujung tiang, β = Koefisien gesekan tiang pada lapisan pasir, γ = Koefisien gesekan tiang pada lapisan lempung, dan SF = Faktor keamanan

2. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah penelitian berupa diagram alir yang dilakukan dapat dilihat pada diagram berikut ini:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyelidikan tanah yang dilakukan pada proyek di Jakarta menggunakan jenis mesin peralatan bor mesin. Pengeboran dilakukan pada 3 titik yaitu DB I, DBII, DB III hingga kedalaman 25 meter pada tiap titiknya

Tabel 1. Nilai N_{SPT} Pada Titik DB-I, DB-II, DB-III

Depth	N-SPT		
	DB-I	DB-II	DB-III
0	0	0	0
1	3	6	5

N-SPT			
Depth	DB-I	DB-II	DB-III
2	3	10	7
3	4	12	10
4	6	5	12
5	4	6	7
6	3	7	5
7	3	8	6
8	4	7	9
9	5	9	20
10	5	12	25
11	5	15	10
12	10	15	12
13	16	9	15
14	14	10	16
15	15	20	26
16	21	28	37
17	30	35	48
18	43	49	55
19	60	58	60
20	55	58	60
21	55	55	60
22	60	53	60
23	54	56	58
24	46	60	57
25	44	60	60

Perhitungan daya dukung tiang fondasi pancang, bor, dan *inner boring* dilakukan pada tiang dengan diameter 1200 mm, ketebalan 15 cm, dan kedalaman 21 m.

Perhitungan daya dukung tiang pancang menggunakan metode perhitungan Meyerhof, Brown, dan Briaud et al. Berikut merupakan perhitungan kapasitas daya dukung friksi, ujung, dan ultimit pada tiang pancang:

Tabel 2. Resume Daya Dukung Tiang Pancang Metode Meyerhof pada DB-I, DB-II, DB-III

Titik Bor	Qs(Ton)	Qp(Ton)	Qu(Ton)
DB-I	402	1089	1491
DB-II	496	1089	1584
DB-III	504	1188	1691

Tabel 3. Resume Daya Dukung Tiang Pancang Metode Brown pada DB-I, DB-II, DB-III

Titik Bor	Qs(Ton)	Qp(Ton)	Qu(Ton)
DB-I	443	407	850
DB-II	488	407	894
DB-III	527	442	970

Tabel 4. Resume Daya Dukung Tiang Pancang Metode Briaud.et.al pada DB-I, DB-II, DB-III

Titik Bor	Qs(Ton)	Qp(Ton)	Qu(Ton)
DB-I	348	394	742
DB-II	383	394	777
DB-III	401	406	807

Perhitungan daya dukung tiang bor menggunakan metode perhitungan Meyerhof, Reese and Wright, dan Luciano de Court, Berikut merupakan perhitungan kapasitas daya dukung friksi, ujung, dan ultimit pada tiang bor:

Tabel 5. Resume Daya Dukung Tiang Bor Metode Meyerhof pada DB-I, DB-II, DB-III

Titik Bor	Qs (Ton)	Qp(Ton)	Qu(Ton)
DB-I	387	1089	1475
DB-II	445	1089	1534
DB-III	486	1188	1673

Tabel 6. Resume Daya Dukung Tiang Bor Metode Reese and Wright pada DB-I, DB-II, DB-III

Titik Bor	Qs(Ton)	Qp(Ton)	Qu(Ton)
DB-I	461	195	656
DB-II	539	195	734
DB-III	586	212	799

Tabel 7. Resume Daya Dukung Tiang Bor Metode Luciano de Court pada DB-I, DB-II, DB-III

Titik Bor	Qs(Ton)	Qp(Ton)	Qu(Ton)
DB-I	483	563	1047
DB-II	560	993	1553
DB-III	639	640	1280

Perhitungan daya dukung friksi, ujung, serta ultimit tiang *inner boring* dengan metode perhitungan Nakabori

Tabel 8. Resume Daya Dukung *Inner Boring* Metode Nakabori pada DB-I, DB-II, DB-III

Titik Bor	Qs(Ton)	Qp(Ton)	Qu(Ton)
DB-I	515	980	1495
DB-II	613	980	1592
DB-III	595	1069	1664

Perhitungan data uji pembebanan statik dilakukan pada tiang dengan diameter 1200 mm, ketebalan 15 cm, dan kedalaman 20.5 m

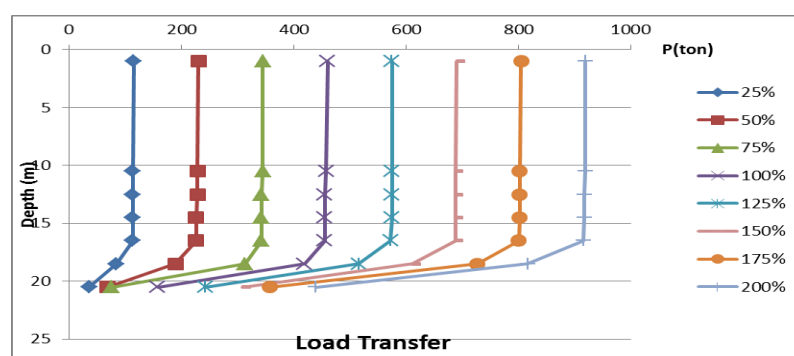
Tabel 9. Rekaman Data VWSG Elevasi 20.5 m

Elevasi (m)

20.5			
Load(%)	Load(ton)	A	B
0%	0	2435	2435
25%	115	2422	2422
50%	230	2406	2406
0%	0	2432	2432
75%	345	2401	2401
100%	460	2366	2366
0%	0	2435	2435
125%	575	2333	2333
150%	690	2301	2301
0%	0	2422	2422
175%	805	2270	2270
200%	920	2205	2205

Tabel 10. Perhitungan Load Transfer

	P (Ton)						
	1	10.5	12.5	14.5	16.5	18.5	20.5
25%	115	113.65	113.65	113.65	113.65	83.88	35.18
50%	230	228.83	228.83	226.50	226.50	189.14	67.72
75%	345	345.00	342.57	342.57	342.57	313.42	75.32
100%	460	457.60	455.21	455.21	455.21	419.27	158.13
125%	575	575.00	575.00	575.00	572.62	515.60	242.36
150%	690	687.69	687.69	687.69	687.69	611.54	309.23
175%	805	802.65	802.65	802.65	800.31	727.55	356.73
200%	920	920.00	917.97	917.97	915.95	816.65	439.74



Gambar 1. Load Transfer

Tabel 11. Perhitungan Daya Dukung Friksi (Q_s)

	Elevasi (m)						Cumm
	1-10.5	10.5-12.5	12.5-14.5	14.5-16.5	16.5-18.5	18.5-20.5	
25%	1	0	0	0	30	49	80
50%	1	0	2	0	37	121	162
75%	0	2	0	0	29	238	270
100%	2	2	0	0	36	261	302
125%	0	0	0	2	57	273	333
150%	2	0	0	0	76	302	381
175%	2	0	0	2	73	371	448
200%	0	2	0	2	99	377	480

Perbandingan daya dukung friksi, ujung, dan ultimit pada fondasi tiang pancang, tiang bor, *inner boring*, dan data pengujian statik

Tabel 12. Perbandingan Daya Dukung pada DB-I

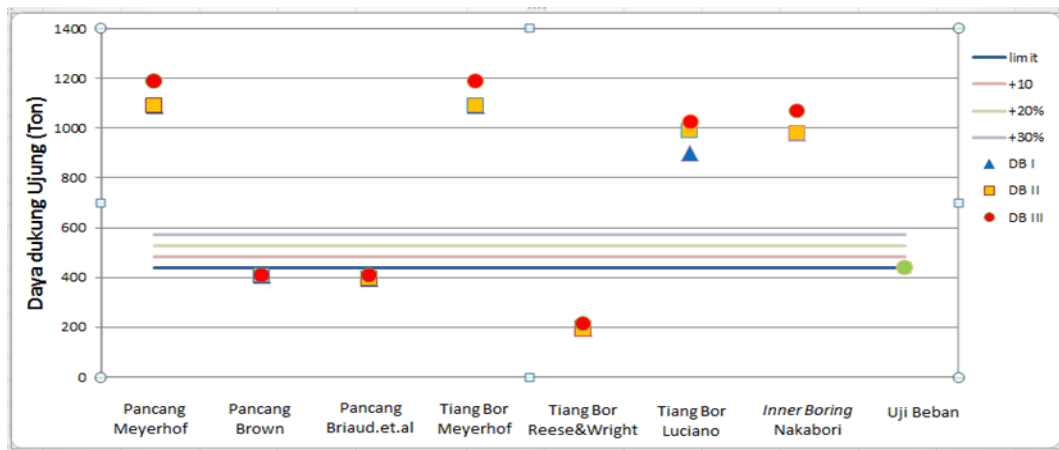
Metode	Qs (Ton)	Qp (Ton)	Qu (Ton)
Pancang Meyerhof	402	1088	1490
Pancang Brown	444	407	850
Pancang Briaud et al	348	394	742
Tiang Bor Meyerhof	387	1089	1475
Tiang Bor Reese and wright	461	195	656
Tiang Bor Luciano De Court	483	564	1047
<i>Inner Boring</i> Nakabori	516	980	1495

Tabel 13. Perbandingan Daya Dukung pada DB-II

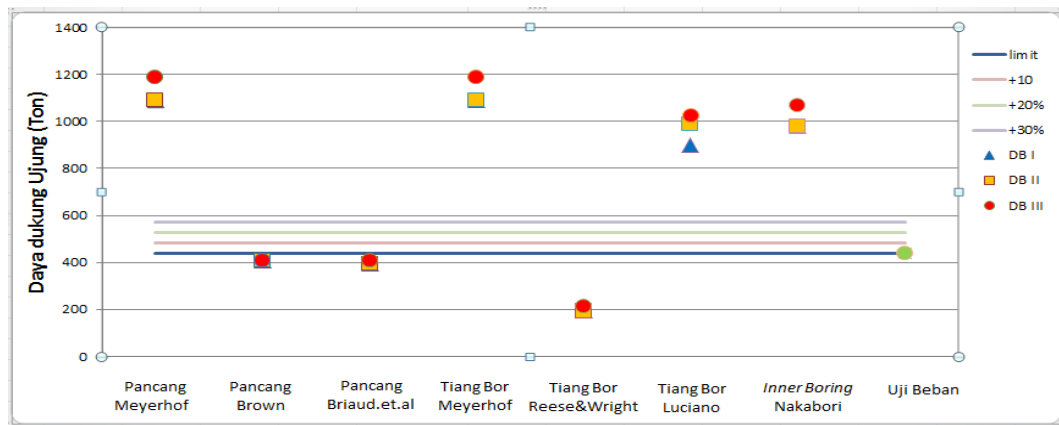
Metode	Qs (Ton)	Qp (Ton)	Qu (Ton)
Pancang Meyerhof	495	1089	1584
Pancang Brown	488	407	894
Pancang Briaud et al	383	394	777
Tiang Bor Meyerhof	446	1089	1534
Tiang Bor Reese and wright	539	195	734
Tiang Bor Luciano De Court	560	993	1553
<i>Inner Boring</i> Nakabori	613	980	1592

Tabel 14. Perbandingan Daya Dukung pada DB-III

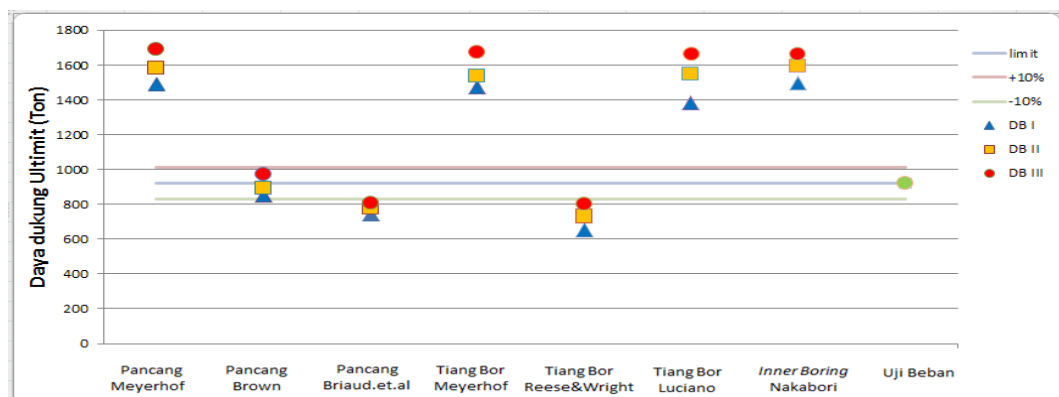
Metode	Qs (Ton)	Qp (Ton)	Qu (Ton)
Pancang Meyerhof	503	1188	1690
Pancang Brown	527	443	970
Pancang Briaud et al	401	406	807
Tiang Bor Meyerhof	486	1188	1673
Tiang Bor Reese and wright	586	212	799
Tiang Bor Luciano De Court	639	640	1280
<i>Inner Boring</i> Nakabori	595	1069	1664



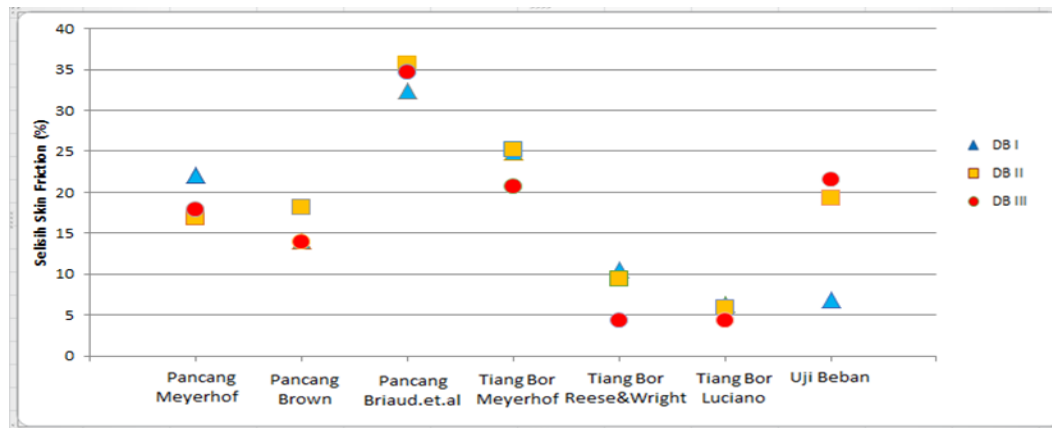
Gambar 2. Perbandingan *Skin Friction* DB-I, DB-II, DB-III



Gambar 3. Perbandingan *End Bearing* DB-I, DB-II, DB-III



Gambar 4. Daya Dukung Ultimit DB-I, DB-II, DB-III



Gambar 5. Selisih Daya Dukung Ultimit DB-I, DB-II, DB-III

4. KESIMPULAN

Dari analisis perbandingan perhitungan kapasitas daya dukung fondasi maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang dengan metode Brown konsisten memberikan perkiraan kapasitas daya dukung friksi dan ujung yang paling mendekati kapasitas daya dukung friksi dari uji pembebanan statik (*loading test*).
2. Perhitungan daya dukung ujung tiang dari data uji pembebanan statik belum mencapai daya dukung ujung ultimit karena tiang belum mengalami deformasi maksimum (25.4 mm) sedangkan tiang yang diujikan dalam uji pembebanan statik mengalami deformasi sebesar 18.14 mm.
3. Perhitungan daya dukung fondasi Inner Boring dengan metode Nakabori memberikan perkiraan kapasitas daya dukung tiang baik daya dukung friksi maupun ujung yang lebih besar dari data beban aktual yang dapat dipikul oleh tiang yang didapat dari uji pembebanan statik (*loading test*).

DAFTAR PUSTAKA

- Hardiyatmo, H. C. (2008). *Teknik Fondasi 2*. PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Kawanda, A. ., (2015). "Bearing Capacity of Precast Concrete Spun Pile Installed with Inner-Bore Method".2
- Lyman C. Reese, W. M. (2006). *Analysis and design of shallow and deep foundation*. John Wiley & sons, INC., USA
- Rahardjo, Paulus, P. (2013). *Manual Pondasi Tiang*. Parahyangan Catholic University, Bandung