

PERBANDINGAN HASIL ANALISIS KAPASITAS DUKUNG FONDASI TIANG TUNGGAL DENGAN BEBERAPA METODE BERDASARKAN DATA CPT DAN SPT TERHADAP HASIL PENGUJIAN PDA

Heri Sutanto¹⁾

Teknik Sipil Universitas Mulawarman Samarinda
Jalan Sambaliung No.9 Kampus Gunung Kelua, Samarinda 75119
e-mail: heri_soetanto@yahoo.com

ABSTRACT

Fondasi merupakan bagian penting dari satu bangunan, fondasi sebagai dasar penahan beban terdasar dari suatu konstruksi. Jalan, gedung, jembatan, bendungan, dan konstruksi sipil lainnya tanpa fondasi yang kuat pasti akan mengalami kegagalan konstruksi. Pada pengaplikasian di lapangan sering mengesampingkan analisis daya dukung fondasi yang tepat. Desain fondasi hanya berdasarkan pengalaman pribadi, sehingga hal ini perlu di angkat karena fondasi menjadi landasan terpenting dari keberhasilan dalam bangunan sipil. Dalam penelitian ini dilakukan analisis ulang kapasitas dukung fondasi tiang tunggal dengan metode analisis perhitungan α (Tomlinson), U.S. Army Corps, λ , Tegangan Efektif (*Effective Stress*), Bagemann, DeRuitter & Beringen, dan Nottingham & Schmertmann. Nottingham dan Schmertmann yang hasilnya dibandingkan terhadap hasil PDA *Test*. Dari hasil analisis dan pembahasan didapat PDA dan CAPWAP adalah hasil terbaik, karena Q_a PDA dan CAPWAP berada di antara Q_a berdasarkan SPT dan Q_a berdasarkan CPT. Q_a berdasarkan SPT memiliki hasil terkecil terlalu bersifat konservatif, sedangkan Q_a berdasarkan CPT memiliki hasil lebih besar dari pada Q_a PDA dan CAPWAP ini menunjukkan bahwa Q_a berdasarkan CPT lebih boros.

Kata kunci: CAPWAP, CPT, kapasitas dukung, tiang tunggal, PDA, dan SPT

ABSTRACT

*Foundation is an important part of a building, foundation as the basic load-bearing base of a construction. Roads, buildings, bridges, dams, and other civil constructions without a strong foundation will surely fail construction. On the field's applicability often overrides the proper bearing capacity analysis of the foundation. Design of the foundation is based solely on personal experience, so it needs to be lifted because the foundation becomes the most important foundation of success in civilian building. In this study re-analysis of the bearing capacity of single pile foundation by the method of calculation analysis α (Tomlinson), u.s. Army Corps, λ , *Effective Stress*, Bagemann, DeRuitter and Berignen, and Nottingham and Schmertmann which results are compared against results PDA test that is PDA dan CAPWAP. From the results of analysis and discussion obtained PDA test is the best result because Q_a PDA is between Q_a based on SPT and Q_a based on CPT. Q_a based on SPT has the smallest result too conservtive, whereas Q_a based on CPT has bigger results than Q_a PDA test this shows that Q_a based on CPT is more profuse.*

Keywords: CAPWAP, CPT, bearing capacity, single pile, PDA and SPT

1. PENDAHULUAN

Suatu bangunan terdiri dari struktur atas dan struktur bawah. Pada bangunan gedung, struktur atas terdiri dari konstruksi kolom, balok, plat, dan lain-lain. Sedangkan untuk struktur bawah terdiri dari konstruksi fondasi. Fondasi adalah struktur bagian bawah bangunan yang berhubungan langsung dengan tanah, atau bagian bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah yang mempunyai fungsi memikul beban

bagian bangunan lain di atasnya (Joseph E. Bowles, 1997).

Fondasi merupakan bagian penting dari satu bangunan, fondasi sebagai dasar penahan beban terdasar dari suatu konstruksi. Jalan, gedung, jembatan, bendungan, dan konstruksi sipil lainnya tanpa fondasi yang kuat pasti akan mengalami kegagalan konstruksi. Pada pengaplikasian di lapangan sering mengesampingkan analisis daya dukung fondasi

yang tepat. Desain fondasi hanya berdasarkan pengalaman pribadi, sehingga penulis menganggap hal ini perlu di angkat karena fondasi menjadi landasan terpenting dari keberhasilan dalam bangunan sipil.

Fondasi ada dua jenis, yaitu fondasi dangkal dan fondasi dalam. Fondasi dangkal adalah fondasi yang tidak membutuhkan galian tanah terlalu dalam karena lapisan tanah dangkal sudah cukup keras. Sedangkan fondasi dalam adalah fondasi yang membutuhkan pengeboran atau pemancangan dalam karena lapisan dalam karena lapisan tanah yang keras berada di kedalaman cukup dalam, biasanya digunakan oleh bangunan besar seperti jembatan, struktur lepas pantai, dan sebagainya. Jenis fondasi dalam terbagi menjadi dua, yaitu fondasi tiang dan fondasi bor. Tiang pancang merupakan salah satu contoh jenis fondasi tiang pada fondasi dalam. Penentuan jenis fondasi yang akan digunakan dipengaruhi beberapa faktor, di antaranya adalah kedalaman tanah keras, jenis tanah pada lokasi, dan beban yang akan dipikul oleh fondasi. Jenis tanah lempung (*clay*) dengan tanah keras yang terletak pada kedalaman yang dalam dan apabila beban yang harus dipikul fondasi besar sangat cocok digunakan fondasi tiang pancang sebagai pilihan dalam konstruksi bangunan.

Ada beberapa metode yang dapat digunakan untuk perhitungan daya dukung fondasi tiang pancang. Pemilihan metode yang digunakan tergantung dengan parameter tanah yang dipakai. Pengujian tanah di lapangan yang paling sering dilakukan biasanya terdiri dari CPT (*Cone Penetration Test*) atau lebih dikenal dengan uji sondir dan SPT (*Standard Penetration Test*) yang diolah dalam bentuk bor log.

Pembahasan dalam skripsi ini adalah analisis daya dukung fondasi secara manual dengan menggunakan metode-metode empiris yang dikemukakan oleh ahli-ahli terdahulu yang akan dibandingkan dengan hasil tes PDA (*Pile Driven Analyzer*) di lapangan. *Pile Driven Analyzer* atau PDA adalah sistem yang paling banyak digunakan untuk pengujian beban secara dinamik dan pengawasan pemancangan di dunia. PDA akan menghasilkan keluaran (*output*) berupa daya dukung izin fondasi (Q_a), lalu dibandingkan dengan hasil analisis daya dukung ultimit izin (Q_u) berdasarkan data-data pengujian tanah di lapangan yaitu uji sondir dan uji SPT dalam bentuk bor log dengan menggunakan metode-metode analisis yang dikemukakan oleh ahli-ahli terdahulu.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Dalam buku Analisis dan Perencanaan Fondasi II oleh Hary Christady Hardiyatmo, kapasitas dukung tiang adalah kemampuan atau kapasitas tiang dalam mendukung beban. Jika dalam kapasitas dukung fondasi dangkal satuan adalah satuan tekanan (kPa) maka dalam kapasitas dukung tiang satuannya adalah satuan gaya (kN). Dalam beberapa literatur digunakan istilah *pile capacity* atau *pile carrying capacity*.

Hitungan kapasitas dukung tiang dapat dilakukan dengan cara pendekatan statis dan dinamis. Hitungan kapasitas dukung tiang secara statis dapat dilakukan menurut teori mekanika tanah, yaitu dengan mempelajari sifat-sifat teknis tanah, sedang hitungan dengan cara dinamis dilakukan menganalisis kapasitas ultimit dengan data yang diperoleh dari data pemancangan tiang. Hasil hitungan kapasitas dukung tiang yang didasarkan pada teori mekanika tanah, kadang-kadang masih perlu dicek dengan mengadakan pengujian tiang untuk meyakinkan hasilnya.

Variasi kondisi tanah dan pengaruh tipe cara pelaksanaan pemancangan dapat menimbulkan perbedaan yang besar pada beban ultimit dalam satu lokasi bangunan. Demikian pula dengan pengaruh-pengaruh seperti : tiang dicetak di luar atau dicor di tempat, tiang berdinding rata atau bergelombang, tiang terbuat dari baja atau beton, sangat berpengaruh pada faktor gesekan antara sisi tiang dan tanah, yang dengan demikian akan mempengaruhi kapasitas dukung tiang.

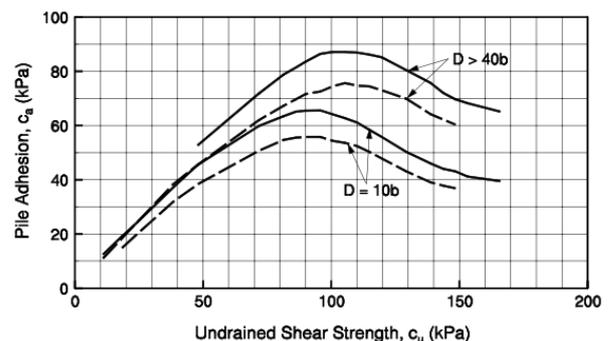
2.1. Metode α – Total Stress / Tegangan Total (Tomlinson)

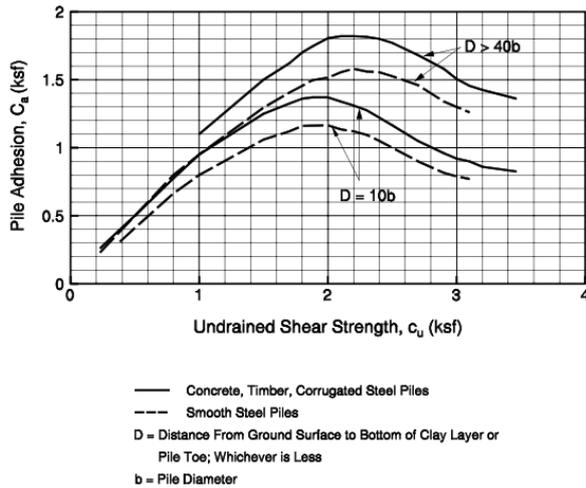
Tahanan gesek satuan, f_s , adalah persamaan untuk adhesi, c_a , di mana tegangan geser di antara tiang dan tanah pada kegagalan. Hal ini dapat dinyatakan persamaan dari :

$$f_s = c_a = \alpha \cdot c_u$$

Dimana : α = faktor adhesi empiris (Gambar 1)

c_u = kuat geser tanah takterdrainase disepanjang tiang (kN/m²)



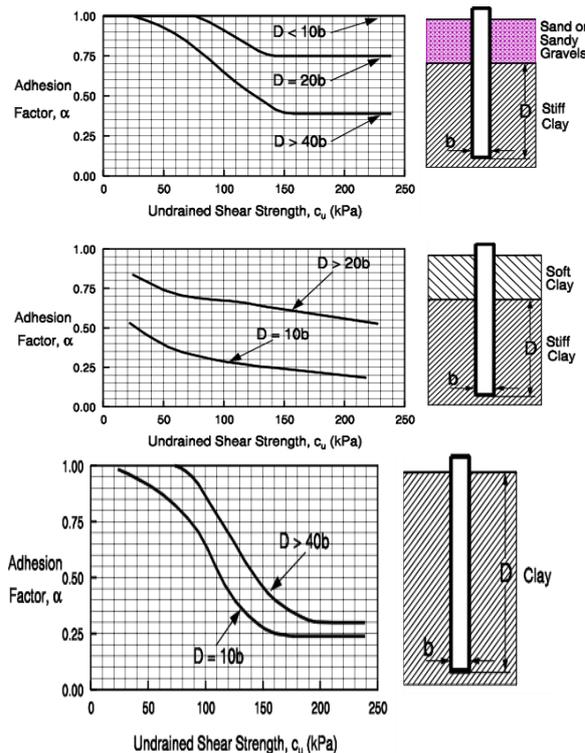


Gambar 1. Nilai Adhesi untuk Tiang pada Tanah Kohesif (Tomlinson, 1979)

Tahanan ujung tiang dalam analisis *total stress* untuk tanah kohesif homogen dapat dihitung dengan persamaan :

$$q_t = c_u N_c + p_b$$

Dimana : q_t = tahanan ujung tiang (kN/m²)
 c_u = kuat geser tanah tak terdrainase (kN/m²)
 N_c = faktor kapasitas dukung tiang, diambil sama dengan 9 (Skempton, 1959)
 p_b = tekanan *overburden* pada ujung tiang (kN/m²)

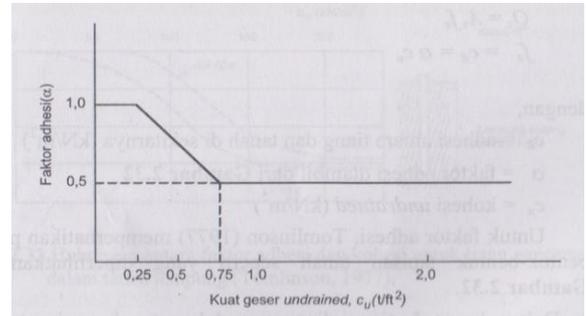


Gambar 2. Faktor Adhesi untuk Tiang Pancang pada Tanah Lempung – satuan SI (Tomlinson, 1980)

2.2. Metode U.S. Army Coprs

$$f_s = c_a = \alpha c_u$$

Dimana : c_a = adhesi antara tiang dan tanah di sekitarnya (kN/m²)
 α = faktor adhesi diambil dari gambar 2.8 atau gambar 2.9
 c_u = kohesi tak terdrainase (kN/m²)



Gambar 3. Nilai α yang digunakan dalam metode U.S. Army Corps (1 t/ft² = 105,6 kPa)

Tahanan ujung tiang dalam analisis U.S. Army Corps untuk tanah kohesif homogen dapat dihitung dengan persamaan :

$$q_t = c_u N_c + p_b$$

Dimana : q_t = tahanan ujung tiang (kN/m²)
 c_u = kuat geser tanah tak terdrainase(kN/m²)
 N_c = faktor kapasitas dukung tiang, diambil sama dengan 9 (Skempton, 1959)
 p_b = tekanan *overburden* pada ujung tiang (kN/m²)

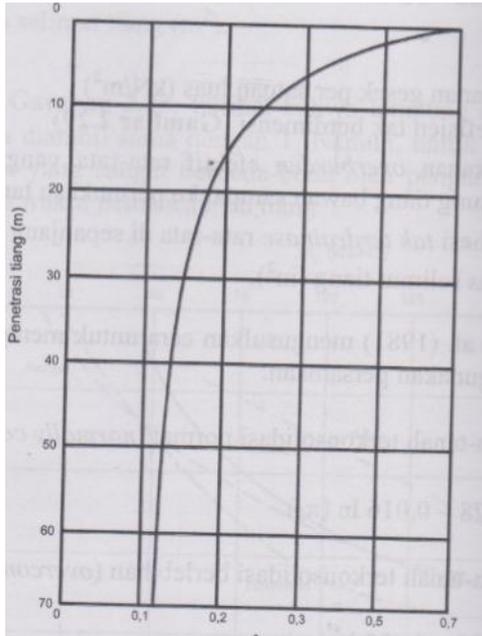
2.3. Metode λ

$$f_s = \lambda (p'_o + 2c_u)$$

Dimana : f_s = tahanan selimut satuan (kN/m²)
 λ = koefisien tak berdimensi (gambar 2.10)
 p'_o = tekanan *overburden* efektif rata-rata yang diambil dari ujung tiang bawah sampai ke permukaan tanah (kN/m²)
 c_u = kohesi tak terdrainase rata-rata disepanjang tiang (kN/m²)

$$q_t = c_u N_c + p_b$$

Dimana : q_t = tahanan ujung tiang (kN/m²)
 c_u = kuat geser tanah tak terdrainase (kN/m²)
 N_c = faktor kapasitas dukung tiang, diambil sama dengan 9 (Skempton, 1959)
 p_b = tekanan *overburden* pada ujung tiang (kN/m²)



Gambar 4. Hubungan antara koefisien gesekan tiang (λ) dengan kedalaman penetrasi tiang (Vijayvergiya dan Focht, 1972)

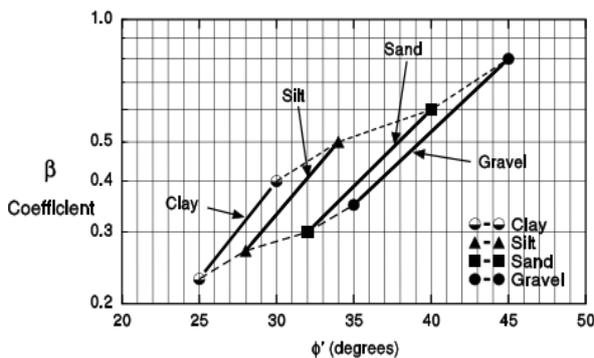
2.4. Metode Tegangan Efektif (Effective Stress Method)

$$f_s = \beta \cdot \bar{p}_o$$

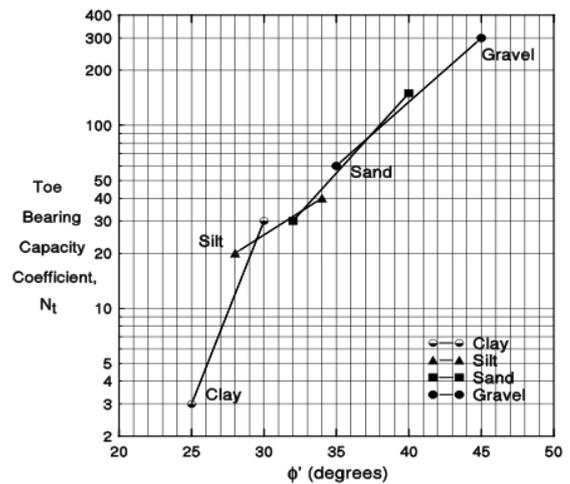
Dimana : β = Bjerrum-Burland beta koefisien = $K_s \tan \delta$
 \bar{p}_o = tekanan *overburden* efektif rata-rata di sepanjang tiang, dalam kPa (ksf)
 K_s = koefisien tekanan tanah / bumi
 δ = sudut gesek antara tiang dan tanah

$$q_t = N_t p_t$$

Dimana : N_t = koefisien kapasitas tahanan ujung
 p_t =tekanan *overburden* efektif pada ujung tiang dalam kPa (ksf)



Gambar 5. Grafik Untuk Memperkirakan Koefisien β dan sudut Φ' jenis tanah (Fellenius, 1991)



Gambar 6. Grafik Untuk Memperkirakan Koefisien N_t dan sudut Φ' jenis tanah (Fellenius, 1991)

2.5. Metode Bagemann

$$c_u N_k = q_c \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

Dimana tahanan konus (q_c) dihubungkan dengan kohesi tak terdrainase (*undrained cohesion*) (c_u)

$$f_s = q_f \left(\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \right)$$

2.6. Metode DeRuitter dan Beringen

Tahanan ujung :

$$f_b = 5 c_u$$

dibatasi $f_b \leq 150 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \left(15000 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right)$

$$c_u = \frac{q_c}{N_k}$$

Tahanan selimut :

$$f_s = \alpha c_u = \alpha \left(\frac{q_c}{N_k} \right) = 0,05 q_c$$

2.7. Metode Nottingham dan Schmertmann

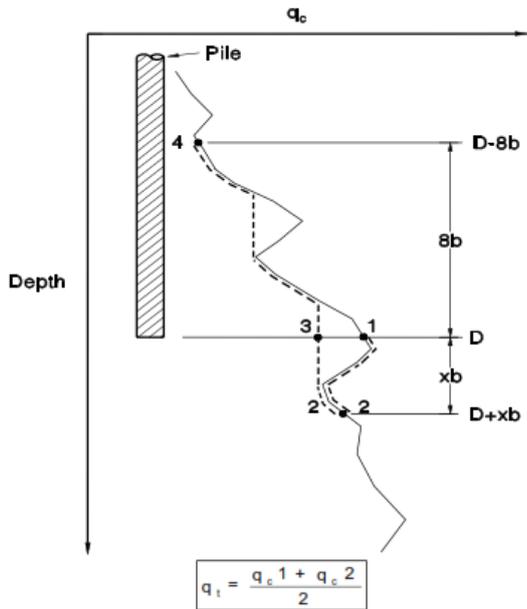
Tahanan selimut untuk tanah non kohesif :

$$R_s = K \left[\frac{1}{2} (\bar{f}_s A_s)_{0 \text{ to } 8b} + (\bar{f}_s A_s)_{8b \text{ to } D} \right]$$

Tahanan selimut untuk tanah kohesif :

$$R_s = \alpha' \bar{f}_s A_s$$

Tahanan ujung



q_{c1} = Average q_c over a distance of x_b below the pile toe (path 1-2-3). Sum q_c values in both the downward (path 1-2) and upward (path 2-3) direction. Use actual q_c values along path 1-2 and the minimum path rule along path 2-3. Compute q_{c1} for x -values from 0.7 to 3.75 below the pile toe and use the minimum q_{c1} value obtained.

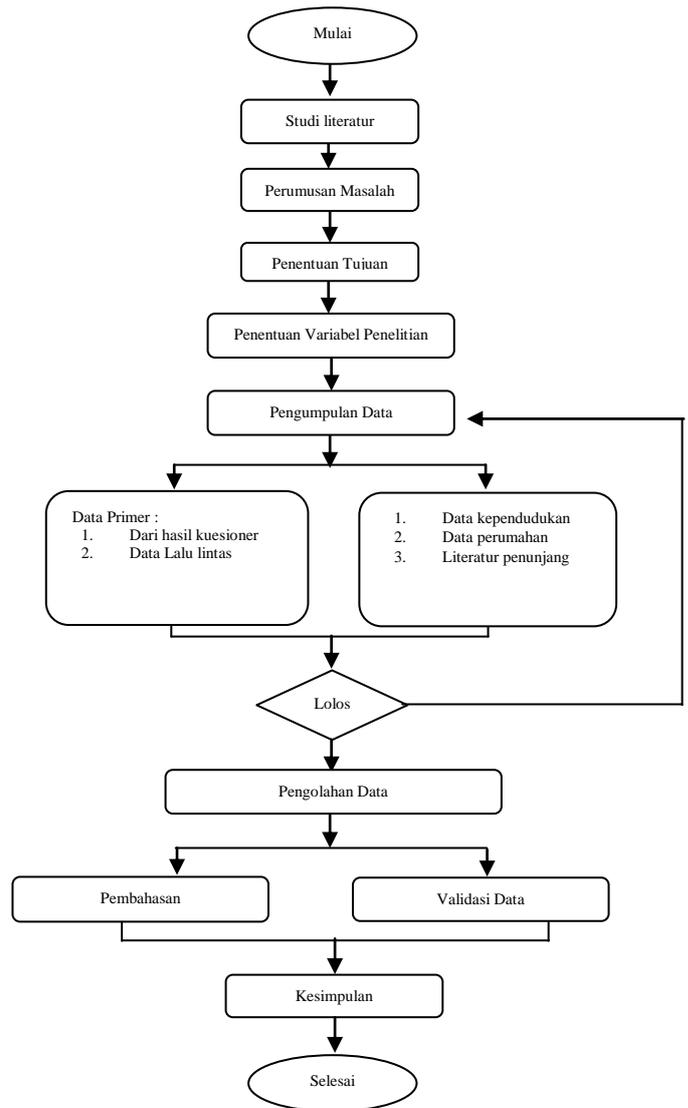
q_{c2} = Average q_c over a distance of $8b$ above the pile toe (path 3-4). Use the minimum path rule as for path 2-3 in the q_{c1} computations.

b = Pile width or diameter.

D = Embedded pile length.

Gambar 7. Tahanan ujung

3. METHODOLOGY



4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan ditampilkan data hasil analisis beserta pembahasannya, yang meliputi analisis tahanan selimut tiang, tahanan ujung tiang, kapasitas dukung ultimit tiang, dan kapasitas dukung izin tiang dari berbagai lokasi, yaitu :

1. Proyek Sushi Masa Tower, Tangerang
2. BCA KCP KH Mansyur Jembatan Lima, Jakarta
3. PT. Union Metal Meg's Ngoro, Surabaya

4.1. Proyek Sushi Masa Tower, Tangerang

Hasil dan pembahasan berdasarkan data CPT :

Pada metode Bagemann dan Schmetmann dan Nottingham, kontribusi tahanan selimut lebih kecil dari pada tahanan ujung, sedangkan pada metode DeRutter dan Beringen tahanan selimut lebih besar dari pada tahanan ujung. Hal ini dikarenakan pada metode Bagemann dan metode Schmetmann dan Nottingham pada perhitungan tahanan ujung tidak adanya faktor koreksi lapangan. Sedangkan pada metode DeRutter dan Beringen, baik pada tahanan selimut dan tahanan ujung adanya kontribusi kuat geser tanah tak terdrainase/kohesi dan faktor tahanan ujung (Nk).

Pada perhitungan tahanan selimut, terdapat kontribusi faktor kohesi (α) sebesar 1 (diasumsikan tanah lempung terkonsolidasi normal). Pada metode Schmetmann dan Nottingham memiliki nilai tahanan selimut yang paling kecil di antara ketiga metode, hal ini dikarenakan pada metode Schmetmann dan Nottingham adanya pengaruh faktor kohesi. Faktor kohesi ini didapatkan dari Gambar 2.41, yaitu kurva design untuk gesekan selimut tiang yang berdasarkan tahanan gesek konus dan jenis material tiang yang digunakan.

Tabel 1. Sushi Masa Tower, Tangerang – S1

SUSHI MASA TOWER – TITIK S1	
Gedung	
Jl. Boulevard Galeri Serpong Blok S Kav S19, S20, S21, Tangerang, Banten	
DATA TIANG	
Tipe tiang	
Diameter tiang	
Panjang tiang tertanam	
10,40 m	
4,00 m	
7,50 m	
7,80 m	
Metode (ton)	
Bagemann	
DeRutter & Beringen	
Schmetmann & Nottingham	
CAPWAP	
PDA	
Faktor tahanan tertanam	
6,30 m	
No. 544 (PS)	
Metode (ton)	
Bagemann	
DeRutter & Beringen	
Schmetmann & Nottingham	
CAPWAP	
PDA	

Tabel 2. Sushi Masa Tower, Tangerang – S2

SUSHI MASA TOWER – TITIK S2	
Gedung	
Jl. Boulevard Galeri Serpong Blok S Kav S19, S20, S21, Tangerang, Banten	
DATA TIANG	
Tipe tiang	
Diameter tiang	
Panjang tiang tertanam	
10,40 m	
4,00 m	
7,50 m	
7,80 m	
Metode (ton)	
Bagemann	
DeRutter & Beringen	
Schmetmann & Nottingham	
CAPWAP	
PDA	
Faktor tahanan tertanam	
6,30 m	
No. 544 (PS)	
Metode (ton)	
Bagemann	
DeRutter & Beringen	
Schmetmann & Nottingham	
CAPWAP	
PDA	

Tabel 3. Sushi Masa Tower, Tangerang – S3

SUSHI MASA TOWER – TITIK S3	
Gedung	
Jl. Boulevard Galeri Serpong Blok S Kav S19, S20, S21, Tangerang, Banten	
DATA TIANG	
Tipe tiang	
Diameter tiang	
Panjang tiang tertanam	
10,40 m	
4,00 m	
7,50 m	
7,80 m	
Metode (ton)	
Bagemann	
DeRutter & Beringen	
Schmetmann & Nottingham	
CAPWAP	
PDA	
Faktor tahanan tertanam	
6,30 m	
No. 544 (PS)	
Metode (ton)	
Bagemann	
DeRutter & Beringen	
Schmetmann & Nottingham	
CAPWAP	
PDA	

Tabel 4. Sushi Masa Tower, Tangerang – S4

SUSHI MASA TOWER – TITIK S4	
Gedung	
Jl. Boulevard Galeri Serpong Blok S Kav S19, S20, S21, Tangerang, Banten	
DATA TIANG	
Tipe tiang	
Diameter tiang	
Panjang tiang tertanam	
10,40 m	
4,00 m	
7,50 m	
7,80 m	
Metode (ton)	
Bagemann	
DeRutter & Beringen	
Schmetmann & Nottingham	
CAPWAP	
PDA	
Faktor tahanan tertanam	
6,30 m	
No. 544 (PS)	
Metode (ton)	
Bagemann	
DeRutter & Beringen	
Schmetmann & Nottingham	
CAPWAP	
PDA	

Tabel 5. Sushi Masa Tower, Tangerang – S5

SUSHI MASA TOWER – TITIK S5	
Gedung	
Jl. Boulevard Galeri Serpong Blok S Kav S19, S20, S21, Tangerang, Banten	
DATA TIANG	
Tipe tiang	
Diameter tiang	
Panjang tiang tertanam	
10,40 m	
4,00 m	
7,50 m	
7,80 m	
Metode (ton)	
Bagemann	
DeRutter & Beringen	
Schmetmann & Nottingham	
CAPWAP	
PDA	
Faktor tahanan tertanam	
6,30 m	
No. 544 (PS)	
Metode (ton)	
Bagemann	
DeRutter & Beringen	
Schmetmann & Nottingham	
CAPWAP	
PDA	

Hasil dan pembahasan berdasarkan data SPT: Hasil analisis perhitungan berdasarkan data SPT menghasilkan rentang nilai yang lebih kecil dari pada hasil pengujian PDA dan CAPWAP. Hal ini dikarenakan metode-metode yang digunakan dalam analisis perhitungan berdasarkan data SPT bersifat konservatif.

Tabel 6. Sushi Masa Tower, Tangerang – DB.I

SUSHI MASA TOWER – TITIK DB I	
Gedung	
Jl. Boulevard Galeri Serpong Blok S Kav S19, S20, S21, Tangerang, Banten	
DATA TIANG	
Tipe tiang	
Diameter tiang	
Panjang tiang tertanam	
10,40 m	
4,00 m	
7,50 m	
7,80 m	
Metode (ton)	
S's ARMY CORPS	
CAPWAP	
PDA	
Faktor tahanan tertanam	
6,30 m	
No. 544 (PS)	
Metode (ton)	
S's ARMY CORPS	
CAPWAP	
PDA	

Tabel 7. Sushi Masa Tower, Tangerang – DB.II

SUSHI MASA TOWER – TITIK DB II	
Gedung	
Jl. Boulevard Galeri Serpong Blok S Kav S19, S20, S21, Tangerang, Banten	
DATA TIANG	
Tipe tiang	
Diameter tiang	
Panjang tiang tertanam	
10,40 m	
4,00 m	
7,50 m	
7,80 m	
Metode (ton)	
S's ARMY CORPS	
CAPWAP	
PDA	
Faktor tahanan tertanam	
6,30 m	
No. 544 (PS)	
Metode (ton)	
S's ARMY CORPS	
CAPWAP	
PDA	

Tabel 8. Sushi Masa Tower, Tangerang – DB.III

SUSHI MASA TOWER – TITIK DB III	
Gedung	
Jl. Boulevard Galeri Serpong Blok S Kav S19, S20, S21, Tangerang, Banten	
DATA TIANG	
Tipe tiang	
Diameter tiang	
Panjang tiang tertanam	
10,40 m	
4,00 m	
7,50 m	
7,80 m	
Metode (ton)	
S's ARMY CORPS	
CAPWAP	
PDA	
Faktor tahanan tertanam	
6,30 m	
No. 544 (PS)	
Metode (ton)	
S's ARMY CORPS	
CAPWAP	
PDA	

4.2. BCA KCP KH Mansyur Jembatan Lima, Jakarta

Hasil dan pembahasan berdasarkan data CPT: Pada hasil analisis kapasitas dukung fondasi berdasarkan data CPT/Sondir menunjukkan kapasitas dukung izin dari ketiga metode yang digunakan rentang nilai lebih besar daripada kapasitas dukung izin PDA dan CAPWAP. Dari kedua data tanah yang dianalisis, metode Derutter dan Beringen memiliki hasil rentang nilai paling besar dengan hasil pengujian PDA dan CAPWAP, dengan kontribusi terbesar dari tahanan selimut. Hal ini dikarenakan semakin dalam kedalaman fondasi tiang yang tertanam maka semakin besar pula tahanan selimut yang dihasilkan. Pada metode DeRutter dan Beringen, kontribusi terbesarnya terdapat pada tahanan selimutnya.

Tabel 9. Gedung BCA KCP Mansyur, Jakarta – S1

Gedung Kantor		DATA TIANG															
Nama bangunan		Nama bangunan															
Lokasi		Lokasi															
Jenis tiang		Jenis tiang															
Diameter tiang		Diameter tiang															
Panjang tiang tertanam		Panjang tiang tertanam															
Metode (ton)		AS A1 No. 12				AS 5A No. 6				AS 6B No. 16				AS 7C No. 16			
Bagenman		Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc
DeRutter & Beringen		192,37	55,70	248,06	110,23	208,88	59,44	268,31	119,23	209,59	59,44	269,03	119,27	202,14	55,70	257,88	114,61
Schmertmann & Nottmangham		165,18	55,70	218,81	92,43	145,01	59,44	205,94	109,68	157,67	59,44	211,11	109,64	165,18	55,70	211,11	98,43
CAPWAP		64,50	20,10	84,70	37,64	97,50	23,30	122,80	54,58	97,10	21,50	118,70	52,76	102,80	25,40	138,20	56,68
PDA		84,00	37,33			121,00	53,78			118,00	32,44						

Tabel 10. Gedung BCA KCP Mansyur, Jakarta – S2

Gedung Kantor		DATA TIANG															
Nama bangunan		Nama bangunan															
Lokasi		Lokasi															
Jenis tiang		Jenis tiang															
Diameter tiang		Diameter tiang															
Panjang tiang tertanam		Panjang tiang tertanam															
Metode (ton)		AS A1 No. 12				AS 5A No. 6				AS 6B No. 16				AS 7C No. 16			
Bagenman		Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc
DeRutter & Beringen		435,59	21,10	454,48	202,98	465,32	21,10	484,41	216,89	473,94	21,10	495,04	220,82				
Schmertmann & Nottmangham		161,73	44,71	210,21	104,99	166,92	88,09	215,51	104,43	167,49	88,09	215,58	104,70	164,31	144,71	218,78	106,12
CAPWAP		64,50	20,10	84,70	37,64	97,50	23,30	122,80	54,58	97,10	21,50	118,70	52,76	102,80	25,40	138,20	56,68
PDA		84,00	37,33			121,00	53,78			118,00	32,44			118,00	32,44		

Hasil dan pembahasan berdasarkan data SPT : Hasil analisis perhitungan berdasarkan data SPT dengan menggunakan metode λ menghasilkan rentang nilai yang lebih besar dari pada hasil pengujian PDA dan CAPWAP, sedangkan berdasarkan metode α dan U.S. Army Corps sebaliknya. Tetapi secara keseluruhan nilai yang dihaikan masih lebih rendah dibanding hasil analisis perhitungan berdasarkan data CPT.

Tabel 11. Gedung BCA KCP Mansyur, Jakarta – BH.2

Gedung Kantor		DATA TIANG															
Nama bangunan		Nama bangunan															
Lokasi		Lokasi															
Jenis tiang		Jenis tiang															
Diameter tiang		Diameter tiang															
Panjang tiang tertanam		Panjang tiang tertanam															
Metode (ton)		AS A1 No. 12				AS 5A No. 6				AS 6B No. 16				AS 7C No. 16			
Bagenman		Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc
DeRutter & Beringen		128,19	6,49	134,67	59,85	133,89	6,49	140,38	62,39	134,52	6,49	141,01	62,67	139,60	6,49	146,09	64,93
Schmertmann & Nottmangham		71,41	6,49	78,91	34,80	76,08	6,49	82,57	36,07	78,50	6,49	82,96	36,88	82,70	6,49	89,20	44,17
CAPWAP		15,56	6,49	89,08	35,59	84,49	6,49	99,98	37,17	89,03	6,49	95,75	39,01	81,30	6,49	88,29	39,24
PDA		64,50	20,10	84,70	37,64	97,50	23,30	122,80	54,58	97,10	21,50	118,70	52,76	102,80	25,40	138,20	56,68
PDA		84,00	37,33			121,00	53,78			118,00	32,44			118,00	32,44		

4.3. PT. Union Metal Meg's Ngoro, Surabaya

Hasil dan pembahasan berdasarkan data CPT : Pada hasil analisis kapasitas dukung fondasi berdasarkan data CPT/Sondir menunjukkan kapasitas dukung izin dari ketiga metode yang digunakan ada yang lebih besar dan ada yang lebih kecil dari pada kapasitas dukung izin PDA dan CAPWAP. Hasil analisis

perhitungan kapasitas dukung fondasi tiang berdasarkan nilai CPT lebih besar dari pada kapasitas dukung fondasi tiang berdasarkan nilai SPT. Dari kelima data tanah yang dianalisis, metode Bagemann memiliki hasil rentang nilai paling besar dengan hasil pengujian PDA dan CAPWAP, hal ini dikarenakan pada metode ini tidak memperhitungkan faktor koreksi lapangan.

Tabel 12. Union Metal Meg's Ngoro, Surabaya – S1

Gedung Kantor		DATA TIANG															
Nama bangunan		Nama bangunan															
Lokasi		Lokasi															
Jenis tiang		Jenis tiang															
Diameter tiang		Diameter tiang															
Panjang tiang tertanam		Panjang tiang tertanam															
Metode (ton)		C-13 No. C045				C-D (7) No. D237				C-D (7) No. D324				C-24 No. C011			
Bagenman		Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc
DeRutter & Beringen		15,03	13,41	26,44	11,75	8,16	8,48	16,63	7,39	8,97	9,69	14,04	23,62	7,59	14,04	23,62	62,90
Schmertmann & Nottmangham		4,79	17,79	22,58	10,03	3,16	6,46	11,62	5,16	3,24	9,66	11,62	5,16	4,29	17,79	22,58	10,26
CAPWAP		38,00	82,30	118,30	52,88	32,10	83,39	115,40	51,29	35,40	99,40	132,80	59,02	17,10	55,80	74,90	32,40
PDA		119,00	54,89			116,00	31,56			133,00	59,11			72,00	32,00		
Panjang tiang tertanam		4,30 m				4,00 m				3,00 m				5,25 m			
Metode (ton)		B-C (18-19) No. B097				B-C (10) No. B236				B-C (34) No. D065				A-B (3-4) No. A065			
Bagenman		Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc
DeRutter & Beringen		16,34	53,02	69,36	19,78	14,04	23,63	37,46	16,68	21,41	97,32	118,13	52,71	23,42	112,11	135,53	60,31
Schmertmann & Nottmangham		20,53	4,89	34,01	15,11	25,00	2,81	27,81	12,36	61,20	39,08	100,26	44,58	54,28	7,05	66,50	25,46
CAPWAP		16,30	76,50	92,80	41,24	35,80	23,56	93,30	41,47	37,0	9,30	13,00	5,78	15,20	29,20	44,40	19,73
PDA		92,00	40,89			84,00	41,48			13,00	5,78			45,00	20,00		
Panjang tiang tertanam		3,30 m				4,30 m				3,00 m				5,00 m			
Metode (ton)		A-B (4-5) No. A275				A-B (7-8) No. A269				A-B (21) No. A091							
Bagenman		Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc				
DeRutter & Beringen		18,12	2,34	20,49	9,11	29,32	4,69	34,01	15,11	61,20	39,08	100,26	44,58				
Schmertmann & Nottmangham		4,21	11,61	15,82	7,03	5,93	33,02	38,95	26,20	7,65	97,32	104,87	46,68				
CAPWAP		38,20	70,20	108,30	48,13	35,00	74,20	109,30	48,24	22,20	35,60	77,80	34,58				
PDA		108,00	48,00			109,00	48,44			78,00	34,58						

Tabel 13. Union Metal Meg's Ngoro, Surabaya – S2

Gedung Kantor		DATA TIANG															
Nama bangunan		Nama bangunan															
Lokasi		Lokasi															
Jenis tiang		Jenis tiang															
Diameter tiang		Diameter tiang															
Panjang tiang tertanam		Panjang tiang tertanam															
Metode (ton)		C-13 No. C045				C-D (7) No. D237				C-D (7) No. D324				C-24 No. C011			
Bagenman		Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc
DeRutter & Beringen		34,32	84,71	119,33	32,29	25,91	62,32	88,42	39,30	28,97	64,11	105,99	48,71	36,39	96,34	132,93	56,41
Schmertmann & Nottmangham		45,97	17,52	55,54	24,02	10,04	42,71	20,09	37,64	12,59	50,44	22,42	48,68	20,31	69,37	35,79	
CAPWAP		38,00	82,30	118,30	52,88	32,10	83,39	115,40	51,29	35,40	99,40	132,80	59,02	17,10	55,80	74,90	32,40
PDA		119,00	54,89			116,00	31,56			133,00	59,11			72,00	32,00		
Panjang tiang tertanam		4,30 m				4,00 m				3,00 m				5,25 m			
Metode (ton)		B-C (18-19) No. B097				B-C (10) No. B236				B-C (34) No. D065				A-B (3-4) No. A065			
Bagenman		Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc
DeRutter & Beringen		39,02	108,70	147,73	85,66	36,59	90,54	128,03	56,41	43,95	131,83	175,79	78,13	45,34	142,46	187,80	83,47
Schmertmann & Nottmangham		25,25	21,09	75,75	32,71	48,86	20,31	69,27	30,79	61,20	39,08	100,26	44,58	64,25	100,32	105,32	45,92
CAPWAP		16,30	76,50	92,80	41,24	35,80	23,56	93,30	41,47	37,0	9,30	13,00	5,78	15,20	29,20	44,40	19,73
PDA		92,00	40,89			84,00	41,48			13,00	5,78			45,00	20,00		
Panjang tiang tertanam		3,30 m				4,30 m				3,00 m				5,00 m			
Metode (ton)		A-B (4-5) No. A275				A-B (7-8) No. A269				A-B (21) No. A091							
Bagenman		Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc				
DeRutter & Beringen		40,39	15,63	46,20	24,90	25,63	21,89	27,37	37,71	61,20	39,08	100,26	44,58				
Schmertmann & Nottmangham		17,59	7,21	80,14	40,06	13,97	106,70	122,67	54,25	15,20	33,85	147,03	65,35				
CAPWAP		38,20	70,20	108,30	48,13	35,00	74,20	109,30	48,24	22,20	35,60	77,80	34,58				
PDA		108,00	48,00			109,00	48,44			78,00	34,58						

Tabel 14. Union Metal Meg's Ngoro, Surabaya – S3

Gedung Kantor		DATA TIANG															
Nama bangunan		Nama bangunan															
Lokasi		Lokasi															
Jenis tiang		Jenis tiang															
Diameter tiang		Diameter tiang															
Panjang tiang tertanam		Panjang tiang tertanam															
Metode (ton)		C-13 No. C045				C-D (7) No. D237				C-D (7) No. D324				C-24 No. C011			
Bagenman		Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc
DeRutter & Beringen		26,84	36,30	85,11	37,63	17,54	40,21	66,70	29,64	21,80	62,01	85,80	40,80	89,89	60,80	89,89	39,84
Schmertmann & Nottmangham		8,84	58,30	68,14	30,68	6,87	49,15	59,03	24,90	7,55	55,80	65,15	28,07	34,00	60,80	64,00	38,23
CAPWAP		38,00	82,30	118,30	52,88	32,10	83,39	115,40	51,29	35,40	99,40	132,80	59,02	17,10	55,80	74,90	32,40
PDA		119,00	54,89			116,00	31,56			133,00	59,11			72,00	32,00		
Panjang tiang tertanam		4,30 m				4,00 m				3,00 m				5,25 m			
Metode (ton)		B-C (18-19) No. B097				B-C (10) No. B236				B-C (34) No. D065				A-B (3-4) No. A065			
Bagenman		Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc	Ra	Rt	Qa	Qc
DeRutter & Beringen		31,50	70,18	107,47	45,19	23											

2. Dari hasil analisis dan pembahasan perbandingan Kapasitas dukung izin tiang (Q_a) berdasarkan data SPT/*boring* yang sudah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :
 - a. Pada lokasi Proyek Sushi Masa Tower, Tangerang dari ketiga metode tahanan selimut terbesar dihasilkan oleh metode λ . Sedangkan tahanan selimut paling kecil dihasilkan oleh metode U.S. Army Corp.
 - b. Pada lokasi Proyek BCA KCP Mas KH Mansyur, Jakarta dari ketiga metode tahanan selimut terbesar dihasilkan oleh metode λ . Sedangkan tahanan selimut paling kecil dihasilkan oleh metode α .
 - c. Pada lokasi Proyek PT. Union Metal Meg's Ngoro, Surabaya dari ketiga metode tahanan selimut terbesar dihasilkan oleh metode λ dan *Effective Stress/Tegangan Efektif*. Sedangkan tahanan selimut paling kecil dihasilkan oleh metode U.S. Army Coprs dan *Effective Stress/Tegangan Efektif*.
3. Dari hasil analisis dan pembahasan perbandingan Kapasitas dukung izin tiang (Q_a) berdasarkan data CPT/sondir terhadap hasil pengujian PDA dan CAPWAP dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :
 - a. Pada lokasi Proyek Sushi Masa Tower, Tangerang hasil analisis kapasitas dukung fondasi berdasarkan data CPT/Sondir menunjukkan menunjukkan kapasitas dukung izin dari ketiga metode yang digunakan ada yang lebih besar dan ada yang lebih kecil dari pada kapasitas dukung izin PDA dan CAPWAP. Hasil analisis perhitungan kapasitas dukung fondasi tiang berdasarkan nilai CPT lebih besar dari pada kapasitas dukung fondasi tiang berdasarkan nilai SPT. Dari kelima data tanah yang dianalisis, metode Bagemann memiliki hasil rentang nilai paling besar dengan hasil pengujian PDA dan CAPWAP, hal ini dikarenakan pada metode ini tidak memperhitungkan faktor koreksi lapangan.
 - b. Pada Proyek BCA KCP Mas KH Mansyur, Jakarta hasil analisis kapasitas dukung fondasi berdasarkan data CPT/Sondir menunjukkan kapasitas dukung izin dari ketiga metode yang digunakan rentang nilai lebih besar daripada kapasitas dukung izin PDA dan CAPWAP. Dari kedua data tanah yang dianalisis, metode Deruitter dan Beringen memiliki hasil rentang nilai paling besar dengan hasil pengujian PDA dan CAPWAP, dengan kontribusi terbesar dari tahanan selimut. Hal ini dikarenakan semakin dalam kedalaman fondasi tiang yang tertanam maka semakin besar pula tahanan selimut yang dihasilkan. Pada metode DeRuitter dan Beringen, kontribusi terbesarnya terdapat pada tahanan selimutnya.
4. Dari hasil analisis dan pembahasan perbandingan Kapasitas dukung izin tiang (Q_a) berdasarkan data SPT/*boring* terhadap hasil pengujian PDA dan CAPWAP dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :
 - a. Pada lokasi Proyek Sushi Masa Tower, Tangerang dari ketiga metode yang digunakan memiliki hasil kapasitas dukung izin yang lebih kecil dari pada kapasitas dukung izin PDA dan CAPWAP.
 - b. Pada lokasi Proyek BCA KCP Mas KH Mansyur, Jakarta memiliki hasil kapasitas dukung izin metode λ menghasilkan nilai Q_a lebih besar dari pada kapasitas dukung izin PDA dan CAPWAP, sedangkan metode α dan U.S. Army Corps memiliki nilai Q_a lebih kecil dari pada Q_a PDA dan CAPWAP. Tetapi secara keseluruhan nilai yang dihaikan masih lebih rendah dibanding hasil analisis perhitungan berdasarkan data CPT.
 - c. Pada lokasi Proyek PT. Union Metal Meg's Ngoro, Surabaya memiliki hasil kapasitas dukung izin beberapa lebih besar dan beberapa lebih kecil dari pada kapasitas dukung izin PDA dan CAPWAP. Tahanan selimut terbesar dihasilkan oleh metode λ dan *Effective Stress/Tegangan Efektif*, hal ini dikarenakan pada perhitungan tahanan selimut berdasarkan metode λ dipengaruhi oleh kuat geser tanah takterdrainase dan tekanan *overburden* disepanjang selimut tiang dikalikan dengan koefisien gesekan tiang terhadap kedalaman tiang. Sedangkan tahanan selimut paling kecil

dihasilkan oleh metode U.S. Army Coprs dan *Effective Stress*/Tegangan Efektif, hal ini dikarenakan pada metode U.S. Army Coprs terdapat pengaruh kohesi disepanjang kedalaman tiang yang dikali dengan faktor adhesi menurut U.S. Army Coprs

5.2. Saran

1. Pada penelitian selanjutnya perlu dilengkapi dengan data pengujian laboratorium
2. Pada penelitian selanjutnya, tingkat ketelitian data baik data CPT maupun SPT lebih ditingkatkan. Hendaknya dilakukan pengujian oleh peneliti agar data yang didapat lebih akurat ketelitiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Hani H. Titi, Murad Y, Abu-Farsakh. *Evaluation of Bearing Capacity of Piles From Cone Penetration Test Data*. 1999. Louisiana Departement of Transportation and Development Louisiana Transportation Research Center, Baton Rouge, LA USA.
- Hardiyatmo, H.C. 2010. *Mekanika Tanah 2 Edisi Kelima*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2012. *Mekanika Tanah 1 Edisi Keenam*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2014. *Analisis dan Perancangan Fondasi 1 Edisi Ketiga*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2015. *Analisis dan Perancangan Fondasi 2 Edisi Ketiga*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Murthy, V.N.S., 2001. *Geotechnical Engineering Principles and Practices of Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Marcel Dekker, Inc, New York USA.
- P.J. Hannigan, G.G. Goble, G.E. Likins, dan F. Rausche. 2006. *Design and Construction of Driven Pile Foundations – Volume I*. National Highway Institute Federal Highway Administration U.S. Department of Transportation Washington, D.C., Washington USA.