

ANALISA DAYA DUKUNG TIANG *SPUNPILE* DENGAN METODE UJI PEMBEBANAN STATIK (*LOADING TEST*)

Rien Novia Adriani ¹⁾

Abstrak

Suatu perencanaan pondasi dikatakan benar apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah yang bersangkutan. Dalam skripsi ini akan dibahas tentang analisa daya dukung tiang *spunpile* dengan metode uji pembebanan statik (*loading test*). Daya dukung yang akan dipelajari adalah daya dukung tekan aksial pondasi tiang pancang *spunpile* untuk kondisi tiang tunggal.

Dalam penelitian ini akan ditentukan daya dukung tekan aksial pondasi tiang pancang *spunpile* dengan analisis perhitungan menggunakan analisa daya dukung berdasarkan data SPT yang dihitung dengan lima metode, antara lain; Metode Meyerhof, Metode Smith & Pole, Metode Briaud et al, Metode Shioi & Fukui dan Metode Luciano Decourt . Kemudian mengetahui daya dukung tekan aksial pondasi tiang pancang *spunpile* dari hasil analisis daya dukung tiang uji pembebanan statik (*loading test*) yang interpretasinya dihitung dengan tiga metode antara lain; Metode Davisson, Metode Chin dan Metode Mazurkiewich. Dari hasil analisis kemudian akan dihitung koefisien pengalinya.

Penelitian ini dilakukan pada empat lokasi di proyek pembangunan PLTU 2 x 27,5 MW yaitu lokasi *Boiler* pada tanggal 7-9 Oktober 2011, *Turbine* pada tanggal 10-11 Desember 2011, *Chimney* pada tanggal 10-11 februari 2012 dan *Switch Yard* pada tanggal 28-29 mei 2012.

Berdasarkan hasil analisis daya dukung berdasarkan data SPT dan hasil pembebanan (*loading test*) didapat daya dukung ijin (Q_{all}). Dari kedua metode tersebut didapatlah rata-rata Q_{all} dari hasil analisa daya dukung dengan metode statik dan rata-rata Q_{all} dari *Loading Test*. Dari rata-rata Q_{all} tersebut, didapatkan koefisien pengali (KP) pada lokasi *Turbine* sebesar 1,47, pada lokasi *Boiler* sebesar 1,01, pada lokasi *Chimney* sebesar 0,71 dan KP lokasi *Switch Yard* sebesar 1,16. Sehingga didapat nilai koefisien pengali di Lokasi proyek PLTU 2 x 27,5 MW yang berlokasi di Desa Tanjung Gundul Kecamatan Sungai Raya Kepulauan Kabupaten Bengkayang, sebesar 1,09.

Kata kunci: daya dukung, *spunpile*, parameter tanah, SPT, *Loading Test*

1. PENDAHULUAN

Di dalam proyek suatu konstruksi, hal yang paling penting salah satunya adalah pondasi dikarenakan berfungsi untuk meneruskan beban struktur di atasnya kelapisan tanah di bawahnya. Apabila kekuatan tanah tidak mampu memikul

beban pondasi, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi, kedua hal tersebut akan menyebabkan kerusakan konstruksi yang berada di atas pondasi tadi. Oleh karena itu, dalam perencanaannya, sangatlah

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

penting dilakukan analisis mengenai daya dukung pondasi.

Dari uraian diatas maka permasalahan yang akan dibahas dalam skripsi ini adalah bagaimana menentukan daya dukung pondasi tiang pancang di beberapa titik di lokasi PLTU Tanjung Gundul. Daya dukung yang akan dipelajari adalah daya dukung tekan aksial untuk kondisi tiang tunggal.

Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Tinjauan analisis dilakukan pada proyek PLTU 2 x 27,5 MW yang berlokasi di Desa Tanjung Gundul Kecamatan Sungai Raya Kepulauan Kabupaten Bengkayang.
2. Pondasi yang ditinjau adalah pondasi tiang pancang berupa tiang tunggal dan bulat vertikal ke arah memanjang (*spunpile*) yang terletak pada 4 titik lokasi tinjauan, yaitu *Boiler*, *Turbine*, *Chimney* dan *Switch Yard*.
3. Data yang digunakan adalah data sekunder berupa data parameter sifat-sifat fisik dan mekanis tanah, data tiang pancang dan data hasil uji pembebanan statik (*loading test*).
4. Analisis daya dukung dalam arah aksial sejajar sumbu tiang.
5. Penelitian ini dilakukan untuk menentukan kapasitas daya dukung tekan aksial pondasi tiang pancang tunggal, analisis perhitungan menggunakan metode-metode sebagai berikut :
 - a. Metode perhitungan statis dengan menggunakan data SPT : Metode Mayerhof (1956), Metode Smith & Pole (1980), Metode Briaud et al (1985),

Metode Shioi & Fukui (1982) & Metode Luciano Decourt (1982)

- b. Metode dari hasil data *Loading Test* : Metode Davisson (1972) , Metode Chin (1970) dan Metode Mazurkiewicz (1972)
6. Tiang uji berupa tiang pancang *spunpile* yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:
 - Rencana mutu beton (f_c') sebesar 49,8 MPa atau setara dengan K-600.
 - Diameter tiang untuk lokasi *Chimney* adalah 300 mm.
 - Diameter tiang untuk lokasi *Boiler*, *Turbine* dan *Switch Yard* adalah 400 mm.
 - Panjang tiang tertanam untuk lokasi *Chimney* adalah 17,0 m.
 - Panjang tiang tertanam untuk lokasi *Boiler* adalah 16,0 m.
 - Panjang tiang tertanam untuk lokasi *Turbine* adalah 15,0 m.
 - Panjang tiang tertanam untuk lokasi *Switch Yard* adalah 13,5 m.

Beban rencana ditentukan berdasarkan fungsi bangunan dan kondisi tanah di lapangan. Direncanakan beban pada lokasi *Boiler*, *Turbine* dan *Switch Yard* sebesar 1250 kN dan pada lokasi *Chimney* sebesar 620 kN.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mengevaluasi dan membandingkan besarnya beban maksimum (*Qultimate*) pondasi tiang dengan menggunakan analisa tiang tunggal dimana dipakai data bor log, data laboratorium serta data uji pembebanan statik yang diperoleh dari lapangan. Pada analisis ini akan didapat

nilai beban ijin (Qall) hasil perhitungan statis dan hasil *loading test*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Fondasi adalah suatu konstruksi bagian dasar bangunan yang berfungsi meneruskan beban dari struktur atas ke lapisan tanah di bawahnya. Penyaluran beban oleh tiang pancang ini dapat dilakukan melalui lekatan antara sisi tiang dengan tanah tempat tiang dipancang (tahanan samping), dukungan tiang oleh ujung tiang (*end bearing*). Besar kapasitas tahanan ujung dan tahanan samping akan bergantung dari:

1. Kondisi pelapisan tanah dasar pendukung tempat fondasi bertumpu beserta parameter tiap lapisan tanahnya masing-masing.
2. Bentuk geometri fondasi: bentuk, dimensi, dan elevasi
3. Beban Fondasi

2.2 Klasifikasi Tiang Berdasarkan Pergerakan Pada Tanah (*Displacement*)

1. Tiang perpindahan besar (*Large displacement piles*)
2. Tiang perpindahan kecil (*Small displacement piles*)
3. Tiang tanpa perpindahan (*Non displacement piles*)
4. Composit pile

2.3 Pemancangan Tiang

Pada pemancangan tiang hal-hal yang sangat penting untuk diketahui adalah sebagai berikut:

1. Jenis alat pemancangan yang dilakukan

2. Properti hammer, hammer cushion, helmet, pile cushion
3. Properti tiang pancang

2.4 Metode Penyajian Data

1. Metode Mayerhof (1956)

$$Q_u = 40N_b \cdot A_p + 0.2N_s \cdot A_s$$

dimana :

Q_u = daya dukung unlimit pondasi tiang pancang (ton)

N_b = harga N-SPT pada elevasi dasar tiang

N_s = harga N-SPT pada selimut tiang

A_p = luas penampang dasar tiang (m^2)

A_s = luas selimut tiang (m^2)

2. Metode Smith & Pole (1980)

- Unit tahanan ujung dapat dihitung dengan

$$q_t = 0,4N \cdot L/D < q_t \text{ batas}$$

- Untuk pasir lepas dengan tiang berpenampang biasa sehingga unit tahanan selimut tiang dapat dihitung dengan :

$$f_s = \frac{N}{100} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

$$f_s = N \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

- Untuk tahanan selimut tiang dapat dihitung dengan (untuk tiang besar)

dimana :

q_t = unit tahanan ujung (kN/m^2)

f_s = unit tahanan selimut (kN/m^2)

N = harga N-SPT rata-rata

L = Panjang Tiang Pancang (m)

D = Diameter Tiang Pancang (m)

3. Metode Briaud et al (1985)

- Unit tahanan ujung dapat dihitung dengan

$$q_t = 19,7 p_a (N_{60})^{0,36}$$

dimana N_{60} nilai SPT rata-rata pada 4D di bawah dan 10D di atas ujung tiang

- Unit tahanan selimut tiang dapat dihitung dengan

$$f_s = 0,224p_a(\bar{N}_1)^{0,29} \text{ dalam (kN/m}^2\text{)}$$

dimana :

q_t = unit tahanan ujung (kN/m²)

f_s = unit tahanan selimut (kN/m²)

N_{60} = nilai SPT rata-rata pada 4D di bawah dan 10D di atas ujung tiang

$\bar{N}_1$ = harga N-SPT rata-rata tahanan selimut

p_a = tekanan atmosfer (100kN/m²)

4. Metode Shioi & Fukui (1982)

- Unit tahanan ujung dapat dihitung dengan

$q_t = 3p_a$ cast in place, di tanah pasir

$q_t = 0,1p_aN_{60}$ tiang bor, di tanah pasir

$q_t = 0,15p_aN_{60}$ tiang bor, di tanah pasir berkerikil

$q_t = 0,3p_aN_{60}$ tiang pancang, semua jenis tanah

dimana :

p_a : tekanan atmosfer (100kN/m² atau 2000 psf)

- Unit tahanan selimut tiang dapat dihitung dengan :

$$f_s = 2N_{55} (kPa)$$

dimana :

q_t = unit tahanan ujung (kN/m²)

f_s = unit tahanan selimut (kPa)

N_{60} = nilai SPT rata-rata pada 4D di bawah dan 10D di atas ujung tiang

N_{55} = harga N-SPT rata-rata tahanan selimut

p_a = tekanan atmosfer (100kN/m²)

5. Metode Luciano Decourt (1982)

$$Q_p$$

- Unit tahanan ujung dapat dihitung dengan

$$q_t = \bar{N}K \text{ dalam (ton/m}^2\text{)}$$

Tabel 2.1 Nilai Koefisien Karakteristik Tanah

Jenis Tanah	$K \text{ (t/m}^2\text{)}$
Lempung	12
Lanau Lempung	20
Lanau berpasir	25
Pasir	40

- Unit tahanan selimut tiang dapat dihitung dengan

$$f_s = \frac{N_s}{3} + 1 \text{ dalam (ton/m}^2\text{)}$$

dimana :

q_t = unit tahanan ujung (ton/m²)

f_s = unit tahanan selimut (ton/m²)

$\bar{N}$ = nilai rata-rata 4D di atas dan 4D

dibawah ujung tiang

K = koefisien karakteristik tanah (ton/m²)

N_s = nilai rata-rata sepanjang tiang tertanam dengan batasan $3 \leq N \leq 50$

Untuk mencari daya dukung ultimit tunggal sebagai berikut :

$$Q_{ult} = Q_p + Q_s$$

$$Q_{ult} = A_p q_t + f_s A_s$$

Dari kapasitas daya dukung aksial ultimate maka kita bisa mendapatkan kapasitas daya dukung aksial izin sebagai berikut:

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{SF}$$

dimana:

Q_{ult} = Daya dukung ultimit tiang tunggal

Q_p = Daya dukung ujung tiang

Q_s = Daya dukung selimut tiang
 A_p = Luas ujung tiang
 A_s = Luas selimut tiang
 q_t = Unit tahanan ujung tiang
 q_f = Unit tahanan selimut tiang
 Q_{all} = Kapasitas daya dukung izin tiang pancang
 SF = Faktor keamanan (*safety factor*) yang digunakan

2.5 Uji Pembebanan Statik (*Static Loading Test*)

1. Cara Uji Pembebanan Tiang

Dalam praktek biasanya dilakukan dua cara uji pembebanan tiang, yaitu:

- Test Pile
 - Desain awal tiang dilakukan berdasarkan data penyelidikan tanah.
 - Uji pembebanan tiang dilakukan untuk desain akhir.
 - Uji pembebanan dilakukan hingga tiang mengalami keruntuhan
- Test On Working Pile
 - Dilakukan apabila sudah ada pengalaman desain sebelumnya.
 - Dilakukan secara acak terhadap pondasi tiang untuk mengetahui kapasitas desain pondasi tiang.

2. Peralatan Pembebanan

- Hydraulic Jack
- Pressure Gauge
- Reference Beam
- Dial Gauge

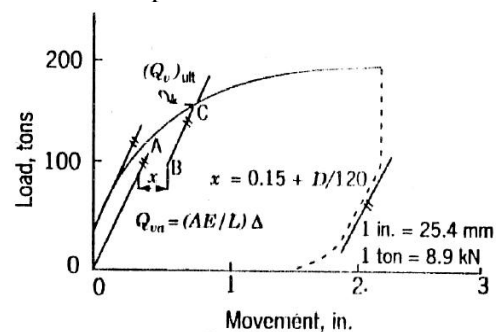
3. Interpretasi Hasil Uji Pembebanan

Adapun metoda yang digunakan untuk menginterpretasikan data hasil uji pengujian adalah sebagai berikut :

a. Metoda Davisson (1972)

Prosedur penentuan beban ultimate dari pondasi tiang dengan metode ini adalah sebagai berikut :

- Gambarkan kurva beban – penurunan.
- Tentukan penurunan elastic, $\Delta = (Q_{va}) L / AE$ dari tiang dimana Q_{va} adalah beban yang digunakan, L adalah panjang tiang, A adalah luas potongan melintang tiang dan E adalah modulus elastisitas tiang.
- Gambarkan sebuah garis OA berdasarkan persamaan diatas.
- Gambarkan sebuah garis BC yang sejajar dengan OA pada jarak sejauh dimana $x = 0,15 + D / 120$ in, dengan D adalah diameter tiang dalam in.
- Beban runtuh ditentukan dari perpotongan garis BC pada kurva beban – penurunan.



Gambar 2.1 Kurva interpretasi beban dengan penurunan metoda Davisson (Davisson 1972)

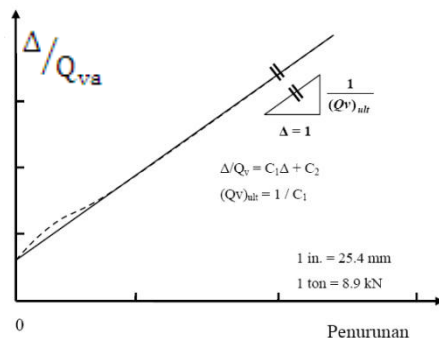
b. Chin's Method (1970)

Berdasarkan anggapan bahwa hanya terjadi deformasi geser dan bahwa kurva beban-penurunan adalah berbentuk hiperbola, maka grafik $\Delta/Q_{va} - \Delta$

merupakan garis lurus yang miring letaknya.

Besarnya daya dukung ultimit merupakan inverse slope dari garis tersebut yaitu Δ dibagi Δ/Q_{va} .

- Gambar Δ/Q_{va} terhadap Δ , dimana Δ adalah penurunan Δ/Q_{va} adalah beban yang diterapkan.
- Beban ultimit $(Q_v)_{ult} = 1/C$. Gambar di bawah menjelaskan istilah-istilah tersebut.
- Hubungan yang diberikan pada gambar ini bahwa kurva beban-penurunan mendekati hiperbolis.



Gambar 2.2 Kurva interpretasi metode Chin (1970)

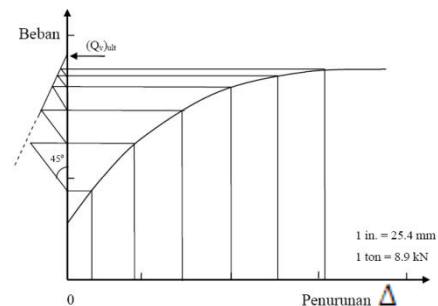
c. Metoda Mazurkiewich (1972)

Prosedur penentuan beban ultimit Mazurkiewich adalah sebagai berikut:

- Diplot kurva beban terhadap penurunan
- Menarik garis dari beberapa titik penurunan yang dipilih hingga memotong kurva, kemudian ditarik garis vertikal hingga memotong sumbu beban
- Dari perpotongan setiap beban tersebut, dibuat garis 45° terhadap

garis perpotongan berikutnya dan seterusnya.

- Menghubungkan titik yang terbentuk ini hingga menghasilkan sebuah garis lurus.
- Perpotongan garis lurus dengan sumbu beban merupakan beban Ultimitnya



Gambar 2.3 Kurva interpretasi metode Mazurkiewich

2.6 Koefisien Pengali

Sehubungan dengan penelitian ini, diharapkan akan diperoleh komparasi beban ijin (Q_{all}) dari beberapa metode analisis tiang tunggal. Maka dapat diketahui perbandingan antara hasil beban metode analisis berdasarkan data SPT dengan hasil beban yang dipikul tiang tunggal pada pelaksanaan uji pembebanan (*loading test*), sehingga akan diperoleh resistensi koefisien pengalinya (KP). Jika diperoleh resistensi koefisien pengalinya maka pada pelaksanaan uji pembebanan bisa diupayakan agar daya dukung pondasi dapat didekati dengan perencanaan daya dukung ijin hasil data SPT dikalikan dengan resistensi koefisien pengkalinya. Maka diharapkan akan didapatkan hasil pendekatan dari

kapasitas daya dukung tiang sesuai kondisi yang sebenarnya

3. METODE PENELITIAN

- 3.1 Mengajukan tema untuk skripsi ini setelah itu melakukan perumusan permasalahan dari penelitian yang ditulis yaitu analisis daya dukung tiang *spunpile* dengan metode uji pembebanan statik (*loading test*).
- 3.2 Melakukan studi pustaka dan literatur penulisan sebagai dasar teori maupun referensi dalam menganalisis daya dukung tiang *spunpile*.
- 3.3 Pengumpulan data-data yang berhubungan dengan proyek pembangunan PLTU II Kalimantan Barat. Data yang dikumpulkan adalah data *properties* tanah yang meliputi: data bor log, data *properties* tiang yang meliputi panjang tiang, diameter tiang dan penetrasi/*set* tiang, dan data daya dukung tiang dari hasil uji pembebanan statik (*loading test*).
- 3.4 Menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan Metode Perhitungan Statis yang meliputi Metode Mayerhof, Metode Smith & Pole, Metode Briaud et al, Metode Shioi & Fukui, Metode Luciano Decourt, & Metode Schertmann. Serta menginterpretasikan data *Loading Test* dengan menggunakan Metode Davisson, Metode Chin dan Metode Mazurkiewicz.
- 3.5 Hasil pembahasan dengan memakai beberapa metode tersebut, akan didapatkan daya dukung tiang

spunpile sehingga dapat dihitung resistensi koefisien pengalinya.

3.6 Selanjutnya penelitian ini bisa dilaporkan dan ditarik suatu kesimpulan terhadap hasil penelitian yang didapat.

4. PENGUJIAN LAPANGAN

4.1 Cara Uji Pembebanan Tiang

Dalam praktek biasanya dilakukan dua cara uji pembebanan tiang, yaitu:

a. Test Pile

- Desain awal tiang dilakukan berdasarkan data penyelidikan tanah.
- Uji pembebanan tiang dilakukan untuk desain akhir.
- Uji pembebanan dilakukan hingga tiang mengalami keruntuhan.

b. Test on Working Pile

- Dilakukan apabila sudah ada pengalaman desain sebelumnya.
- Dilakukan secara acak terhadap pondasi tiang untuk mengetahui kapasitas desain pondasi tiang
- Uji pembebanan dilakukan dengan memberikan beban hingga 200% dari beban rencana.

4.2 Peralatan Pembebanan

Peralatan yang diperlukan pada uji pembebanan ini adalah sebagai berikut :

a. Hydraulic Jack

Diletakkan tepat ditengah permukaan tiang uji

b. Pressure Gauge

Untuk mengukur besarnya beban yang diberikan pada tiang uji.

c. Reference Beam

Sebagai datum pembacaan Dial Gauge dan diletakan pada posisi

melintang dengan jarak minimal 2.5 m ke kiri dan 2.5 m ke kanan dari tiang uji dan berada di atas pendukung yang kaku. Reference Beam tidak boleh mengalami perubahan selama pengukuran berlangsung.

d. Dial Gauge

Terdiri dari 4 (empat) unit dengan ketelitian pembacaan paling sedikit sampai dengan 0.01 mm, untuk mengukur besarnya pergerakan yang terjadi

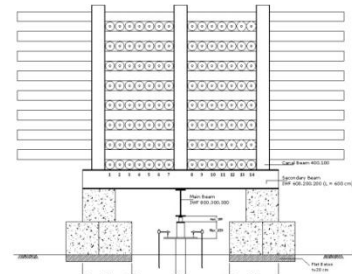
4.3 Prosedur Pembebanan

Pada proyek PLTU II Kalimantan Barat ini menggunakan prosedur uji pembebanan *Slow Maintenance Load Test Method (SM Test)* yang berdasarkan pada ASTM D11143-81.

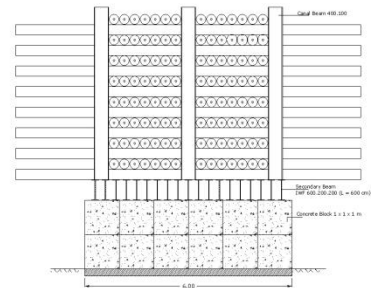
4.4 Pelaksanaan Uji Pembebanan

Seluruh data pengujian adalah :

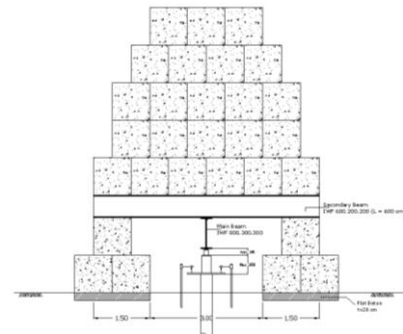
- a. Data tiang pancang yang akan diuji.
- b. Peralatan pembebanan berupa :
 - Jack Hydraulic kapasitas 500 ton
 - 4 (empat) Dial Gauge dengan ketelitian 0.01 mm
 - Reference Beam berupa profil C 100.50.50
- c. Metoda pembebanan Cylic Loading ASTM D1143-81



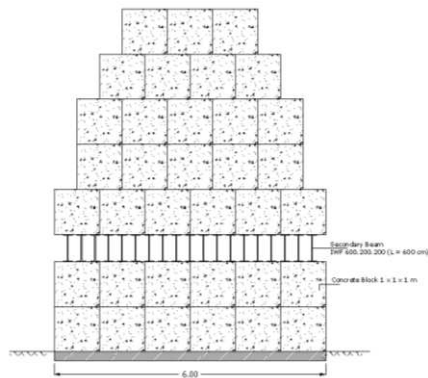
Gambar 4.1 Tampak depan uji pembebanan model 1



Gambar 4.2 Tampak samping uji pembebanan model 1



Gambar 4.3 Tampak depan uji pembebanan model 2



Gambar 4.4 Tampak samping uji pembebanan model 2

d. Cara pembebanan :

Tabel 4.1 Tahapan pembebanan untuk tiang diameter 400 mm

No.	Reading Interval	%	Load (ton)	Cycle	Time
1	0	0	0	1	0
2	0, 10, 20 ...	25	31		1 Hour if $S \leq 0.25$ mm/hours or max 2 hours
3	0, 10, 20 ...	50	63		1 hour
4	0, 10, 20	25	31		20 minutes
5	0, 10, 20	0	0	2	1 hour
6	0, 10, 20	50	63		20 minutes
7	0, 10, 20 ...	75	94		1 Hour if $S \leq 0.25$ mm/hours or max 2 hours
8	0, 10, 20 ...	100	125		1 hour
9	0, 10, 20	75	94		20 minutes
10	0, 10, 20	50	63		20 minutes
11	0, 10, 20	0	0	3	1 hour
12	0, 10, 20	50	63		20 minutes
13	0, 10, 20	100	125		20 minutes
14	0, 10, 20 ...	125	156		1 Hour if $S \leq 0.25$ mm/hours or max 2 hours
15	0, 10, 20 ...	150	188		1 hour
16	0, 10, 20	125	156		20 minutes
17	0, 10, 20	100	125		20 minutes
18	0, 10, 20	50	63		20 minutes
19	0, 10, 20	0	0	4	1 hour
20	0, 10, 20	50	63		20 minutes
21	0, 10, 20	100	125		20 minutes
22	0, 10, 20	150	188		20 minutes
23	0, 10, 20 ...	175	219		1 Hour if $S \leq 0.25$ mm/hours or max 2 hours
24	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120	200	250		12 Hour if $S \leq 0.25$ mm/hours or max 24 hours
	And then every 1 hour				
25	0, 10, 20 ...	150	188		1 hour
26	0, 10, 20 ...	100	125		1 hour
27	0, 10, 20 ...	50	63		1 hour
28	0, 10, 20 ...	0	0		1 Hour if $S \leq 0.25$ mm/hours or max 12 hours

Tabel 4.2 Tahapan pembebanan untuk tiang diameter 300 mm

No.	Reading Interval	%	Load (ton)	Cycle	Time
1	0	0	0	1	0
2	0, 10, 20 ...	25	16		1 Hour if $S \leq 0.25$ mm/hours or max 2 hours
3	0, 10, 20 ...	50	31		1 hour
4	0, 10, 20	25	16		20 minutes
5	0, 10, 20	0	0	2	1 hour
6	0, 10, 20	50	31		20 minutes
7	0, 10, 20 ...	75	47		1 Hour if $S \leq 0.25$ mm/hours or max 2 hours
8	0, 10, 20 ...	100	62		1 hour
9	0, 10, 20	75	47		20 minutes
10	0, 10, 20	50	31		20 minutes
11	0, 10, 20	0	0	3	1 hour
12	0, 10, 20	50	31		20 minutes
13	0, 10, 20	100	62		20 minutes
14	0, 10, 20 ...	125	78		1 Hour if $S \leq 0.25$ mm/hours or max 2 hours
15	0, 10, 20 ...	150	93		1 hour
16	0, 10, 20	125	78		20 minutes
17	0, 10, 20	100	62		20 minutes
18	0, 10, 20	50	31		20 minutes
19	0, 10, 20	0	0	4	1 hour
20	0, 10, 20	50	31		20 minutes
21	0, 10, 20	100	62		20 minutes
22	0, 10, 20	150	93		20 minutes
23	0, 10, 20 ...	175	109		1 Hour if $S \leq 0.25$ mm/hours or max 2 hours
24	0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120	200	124		12 Hour if $S \leq 0.25$ mm/hours or max 24 hours
	And then every 1 hour				
25	0, 10, 20 ...	150	93		1 hour
26	0, 10, 20 ...	100	62		1 hour
27	0, 10, 20 ...	50	31		1 hour
28	0, 10, 20 ...	0	0		1 Hour if $S \leq 0.25$ mm/hours or max 12 hours

4.5 Hasil Uji Pembebanan

Tabel 4.3 Data hasil loading test tiang diameter 400 mm lokasi 1

siklus	% beban	ton	Penurunan mm
1	0	0	0.000
	25	31	1.730
	50	63	3.052
	25	31	2.240
2	0	0	0.610
	50	63	3.073
	75	94	4.576
	100	125	6.380
	75	94	5.836
	50	63	4.620
3	0	0	0.953
	50	63	3.376
	100	125	6.380
	125	156	8.253
	150	188	10.564
	125	156	10.124
	100	125	9.043
	50	63	5.986
4	0	0	1.626
	50	63	4.051
	100	125	7.074
	150	188	10.484
	175	219	12.621
	200	250	16.674
	150	188	15.190
	100	125	12.066
	50	63	8.439
	0	0	3.334

Tabel 4.4 Data hasil loading test tiang diameter 400 mm lokasi 2

siklus	beban		Penurunan
	%	ton	mm
1	0	0	0.000
	25	31	0.795
	50	63	1.827
	25	31	1.280
2	0	0	0.616
	50	63	1.823
	75	94	3.101
	100	125	4.880
	75	94	4.534
	50	63	3.618
3	0	0	0.936
	50	63	2.351
	100	125	4.970
	125	156	6.560
	150	188	8.571
	125	156	8.271
	100	125	7.520
	50	63	5.341
	0	0	1.778
	50	63	3.464
	100	125	5.849
	150	188	8.664
	175	219	10.836
	200	250	14.909
	150	188	13.806
	100	125	10.963
	50	63	7.103
	0	0	3.169

Tabel 4.5 Data hasil loading test tiang diameter 300 mm lokasi 3

siklus	beban		Penurunan
	%	ton	mm
1	0	0	0.000
	25	16	2.355
	50	31	3.103
	25	16	2.743
2	0	0	1.485
	50	31	3.245
	75	47	5.080
	100	62	6.160
	75	47	6.083
	50	31	5.113
3	0	0	3.600
	50	31	4.903
	100	62	6.278
	125	78	8.343
	150	93	11.048
	125	78	10.420
	100	62	9.610
	50	31	7.230
4	0	0	4.900
	50	31	5.900
	100	62	8.075
	150	93	11.170
	175	109	13.528
	200	124	16.960
	150	93	15.950
	100	62	13.635
	50	31	10.685
	0	0	5.758

Tabel 4.6 Data hasil loading test tiang diameter 400 mm lokasi 4

siklus	beban		Penurunan
	%	ton	mm
1	0	0	0
	25	31	0.686
	50	63	2.503
	25	31	1.416
2	0	0	0.050
	50	63	2.370
	75	94	4.190
	100	125	6.798
	75	94	5.883
	50	63	4.143
3	0	0	0.263
	50	63	2.750
	100	125	6.788
	125	156	8.110
	150	188	12.878
	125	156	12.115
	100	125	10.515
	50	63	6.910
	0	0	1.218
	50	63	3.723
	100	125	7.973
	150	188	13.263
	175	219	22.595
	200	250	39.658

4.6 Kondisi Lokasi Pengujian

- Lokasi 1

Lokasi Tiang : Boiler / Main Building (1)

Tanggal Pengujian : 7 – 9 Oktober 2011

Kedalaman Tiang : 16,0 m

Diameter Tiang : Ø 400 mm



Gambar 4.5 Pemasangan beban lokasi 1

- Lokasi 2
Lokasi Tiang : Turbine
Tanggal Pengujian : 10 – 11
Desember 2011
Kedalaman Tiang : 15,0 m
Diameter Tiang : Ø 400 mm



Gambar 4.6 Pengujian pembebanan lokasi 2

- Lokasi 3
Lokasi Tiang : Chimney
Tanggal Pengujian : 10-11 Februari
2012
Kedalaman Tiang : 17,0 m
Diameter Tiang : Ø 300 mm



Gambar 4.7 Pengujian pembebanan lokasi 3

- Lokasi 4
Lokasi Tiang : Swich Yard

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Tanggal Pengujian : 28-29 Mei 2012
Kedalaman Tiang : 13,5 m
Diameter Tiang : Ø 400 mm



Gambar 4.8 Pengujian pembebanan lokasi 4

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Pengumpulan dan Review Data
Berdasarkan data-data yang didapat pada penelitian ini, secara ringkasannya dapat ditampilkan seperti Tabel 5.1 sampai dengan Tabel 5.6

- Lokasi : PLTU 2 Tanjung Gundul
Kabupaten Bengkayang
- Ø Tiang : 400mm

Tabel 5.1 rekapitulasi data hasil uji pembebanan tiang Ø 400mm

Siklus	beban		Penurunan (mm)		
	%	ton	Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 4
1	0	0	0	0	0
I	25	31	1.73	1.73	0.686
	50	63	3.052	3.052	2.503
	25	31	2.24	2.24	1.416
2	0	0	0.61	0.61	0.050
	50	63	3.073	3.073	2.370
	75	94	4.576	4.576	4.190
	100	125	6.38	6.38	6.798
	75	94	5.836	5.836	5.883
	50	63	4.62	4.62	4.143
3	0	0	0.953	0.953	0.263
	50	63	3.376	3.376	2.750
	100	125	6.38	6.38	6.788
	125	156	8.253	8.253	8.110
	150	188	10.564	10.564	12.878
	125	156	10.124	10.124	12.115
	100	125	9.043	9.043	10.515
	50	63	5.986	5.986	6.910
4	0	0	1.626	1.626	1.218
	50	63	4.051	4.051	3.723
	100	125	7.074	7.074	7.973
	150	188	10.484	10.484	13.263
	175	219	12.621	12.621	22.595
	200	250	16.674	16.674	39.658
	150	188	15.19	15.19	
	100	125	12.066	12.066	
	50	63	8.439	8.439	
	0	0	3.334	3.334	

- Lokasi : PLTU 2 Tanjung Gundul
Kabupaten Bengkulu
- Ø Tiang : 300 mm

Tabel 5.2 Rekapitulasi data hasil uji pembebanan tiang Ø 300mm

siklus	beban		Penurunan (mm)
	%	ton	Lokasi 3
1	0	0	0.000
	25	16	2.355
	50	31	3.103
	25	16	2.743
2	0	0	1.485
	50	31	3.245
	75	47	5.080
	100	62	6.160
	75	47	6.083
	50	31	5.113
3	0	0	3.600
	50	31	4.903
	100	62	6.278
	125	78	8.343
	150	93	11.048
	125	78	10.420
	100	62	9.610
	50	31	7.230
4	0	0	4.900
	50	31	5.900
	100	62	8.075
	150	93	11.170
	175	109	13.528
	200	124	16.960
	150	93	15.950
	100	62	13.635
	50	31	10.685
	0	0	5.758

Tabel 5.3 Rekapitulasi data bor log Lokasi Turbine

Panjang Tiang (L) : 15 m
Diameter Tiang (D) : 0,4 m

Turbine					
DB1		DB2		BD3	
Depth	N	Depth	N	Depth	N
0.00	0	0.00	0	0.00	0
2.00	3	2.00	5	2.00	7
4.00	3	4.00	6	4.00	8
6.00	6	6.00	7	6.00	5
8.00	9	8.00	9	8.00	8
10.00	11	10.00	10	10.00	6
12.00	24	12.00	14	12.00	10
14.00	32	14.00	30	14.00	12
16.00	42	16.00	46	16.00	42

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

**Tabel 5.4 Rekapitulasi data bor log
Lokasi Boiler**

Panjang Tiang (L) : 16 m
Diameter Tiang (D) : 0,4 m

Boiler			
DB4		DB5	
Depth	N	Depth	N
0.00	0	0.00	0
2.00	2	2.00	3
4.00	3	4.00	5
6.00	18	6.00	18
8.00	23	8.00	10
10.00	21	10.00	16
12.00	40	12.00	27
14.00	45	14.00	12
16.00	55	16.00	42

**Tabel 5.5 Rekapitulasi data bor log
Lokasi Switch Yard**

Panjang Tiang (L) : 13,5 m
Diameter Tiang (D) : 0,4 m

Switch Yard			
DB12		BD28	
Depth	N	Depth	N
0.00	0	0.00	0
2.00	4	2.00	15
4.00	4	4.00	16
6.00	6	6.00	6
8.00	8	8.00	9
10.00	16	10.00	12
12.00	27	12.00	21
14.00	35	14.00	33

**Tabel 5.6 Rekapitulasi data bor log
Lokasi Chimney**

Panjang Tiang (L) : 17 m
Diameter Tiang (D) : 0,3 m

Chimney					
DB8		DB10		DB23	
Depth	N	Depth	N	Depth	N
0.00	0	0.00	0	0.00	0
2.00	2	2.00	2	2.00	12
4.00	5	4.00	3	4.00	14
6.00	13	6.00	5	6.00	18
8.00	15	8.00	6	8.00	20
10.00	15	10.00	25	10.00	24
12.00	25	12.00	26	12.00	32
14.00	30	14.00	42	14.00	37
16.00	42	16.00	46	16.00	37
18.00	55	18.00	57	18.00	43

5.2 Perhitungan dengan Metode Statis

1. DB 1 “Turbine”

Berdasarkan data bor log yang dipakai pada proyek ini yaitu titik DB1 didapat data sebagai berikut :

Panjang Tiang (L) : 15.00 m
Diameter Tiang (D) : 0.4 m

Depth	N
0.00	0
2.00	3
4.00	3
6.00	6
8.00	9
10.00	11
12.00	24
14.00	32
16.00	42

Tabel 5.7 Rekapitulasi Daya Dukung Ijin data bor log Lokasi Turbine

Turbine	Metode				
	Meyerhof	Smith & Pole	Briaud Et Al	Shioi & Fukui	Luciani Decourt
DB 1	208.14	29.71	174.74	59.68	213.97
DB 2	194.32	27.45	170.03	54.91	282.42
DB 3	90.43	17.33	151.59	38.18	204.73

2. DB 2 “Boiler”

Berdasarkan data bor log yang dipakai pada proyek ini yaitu titik DB 4 didapat data sebagai berikut :

Panjang Tiang (L) : 16.00 m

Diameter Tiang (D) : 0.4 m

DB4	
Depth	N
0.00	0
2.00	2
4.00	3
6.00	18
8.00	23
10.00	21
12.00	40
14.00	45
16.00	55

Tabel 5.8 Rekapitulasi Daya Dukung Ijin data bor log Lokasi Boiler

Boiler	Metode				
	Meyerhof	Smith & Pole	Briaud Et Al	Shioi & Fukui	Luciani Decourt
DB 4	380.32	63.05	214.33	121.58	444.62
DB 5	277.83	41.85	182.76	76.99	199.29

3. DB 12 “Switch Yard”

Berdasarkan data bor log yang dipakai pada proyek ini yaitu titik DB 12 didapat data sebagai berikut :

Panjang Tiang (L) : 13.50 m

Diameter Tiang (D) : 0.4 m

DB12	
Depth	N
0.00	0
2.00	4
4.00	4
6.00	6
8.00	8
10.00	16
12.00	27
14.00	35

Tabel 5.9 Rekapitulasi Daya Dukung Ijin data bor log Lokasi Switch Yard

Switch Yard	Metode				
	Meyerhof	Smith & Pole	Briaud Et Al	Shioi & Fukui	Luciani Decourt
DB 12	172.39	22.95	155.75	46.53	233.93
DB 28	150.15	25.89	155.50	52.94	227.02

4. BD 8 “Chimney”

Berdasarkan data bor log yang dipakai pada proyek ini yaitu titik DB 8 didapat data sebagai berikut :

Panjang Tiang (L) : 17.00 m
Diameter Tiang (D) : 0.3 m

DB8	
Depth	N
0.00	0
2.00	2
4.00	5
6.00	13
8.00	15
10.00	15
12.00	25
14.00	30
16.00	42
18.00	55

Tabel 5.10 Rekapitulasi Daya Dukung Ijin data bor log Lokasi Chimney

Chimney	Metode				
	Meyerhof	Smith & Pole	Briaud Et Al	Shioi & Fukui	Luciano Decourt
DB 8	177.54	36.15	137.04	67.82	251.16
DB 10	192.05	38.39	140.95	72.30	264.98
DB 23	182.23	44.76	142.47	85.93	258.50

Tabel 5.11 Rekapitulasi hasil perhitungan daya dukung dengan FK=2 (ton)

No.	Titik Bor	Nama Lokasi	Meyerhof	Smith & Pole	Briaud et al	Shioi & Fukui	Luciano Decourt
1	DB 1	Turbine	104.07	14.86	87.37	29.84	106.98
2	DB 2		97.16	13.73	85.01	27.45	141.21
3	DB 3		45.22	8.67	75.79	19.09	102.36
4	DB 4	Boiler	190.16	31.53	107.17	60.79	222.31
5	DB 5		138.91	20.92	91.38	38.50	99.64
6	DB 8	Chimney	88.77	18.08	45.68	33.91	125.58
7	DB 10		96.03	19.20	70.48	36.15	132.49
8	DB 23		91.11	22.38	71.24	42.97	129.25
9	DB 12	Switch Yard	86.19	11.47	77.88	23.27	116.97
10	DB 28		75.08	12.94	77.75	26.47	113.51

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

5.3 Perhitungan Interpretasi Data Loading Test

1. Data untuk Lokasi Turbine

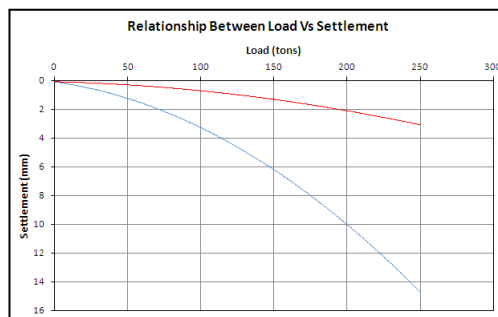
Berdasarkan data hasil pembacaan loading test pada lokasi **Turbine**, dapat diinterpretasikan dengan gambar grafik beban – penurunan sebagai berikut :

- Diameter tiang pancang : 400 mm
- Beban rencana : 125 ton

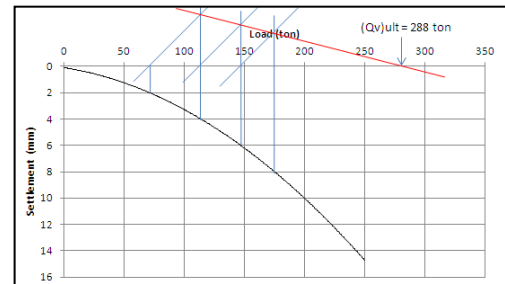
Tabel 5.12 Siklus Pembebanan Lokasi Turbine

Siklus	Beban		Penurunan
	%	ton	mm
1	0	0	0.000
	25	31	0.795
	50	63	1.827
	25	31	1.280
2	0	0	0.616
	50	63	1.823
	75	94	3.101
	100	125	4.880
	75	94	4.534
3	50	63	3.618
	0	0	0.936
	50	63	2.351
	100	125	4.970
	125	156	6.560
	150	188	8.571
4	125	156	8.271
	100	125	7.520
	50	63	5.341
	0	0	1.778
	50	63	3.464
	100	125	5.849
	150	188	8.664
	175	219	10.836
	200	250	14.909
	150	188	13.806
	100	125	10.963
	50	63	7.103
	0	0	3.169

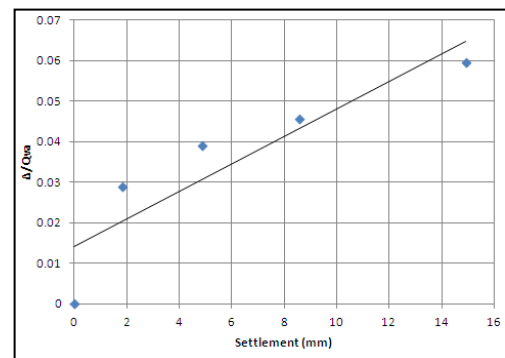
Gambar 5.1 Grafik Siklus Beban vs Penurunan



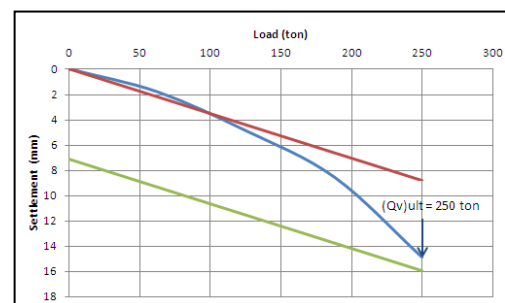
Gambar 5.2 Interpretasi Daya Dukung Metode Mazurkiewich



Gambar 5.3 Interpretasi Daya Dukung Metode Chin



Gambar 5.4 Interpretasi Daya Dukung Metode Davisson



Selanjutnya hal yang sama dilakukan pada 3 lokasi lainnya, yaitu : *Boiler*, *Switch Yard* dan *Chimney*.

Berdasarkan hasil interpretasi Loading Test sehingga beban ultimit dapat ditabelkan dalam table sebagai berikut :

Tabel 5.13 Beban Hasil Interpretasi Loading Test

Lokasi Tiang	Tanggal Pengujian	Metode Interpretasi						Penurunan ^a (cm)
		Davisson		Chin		Mazurkiewich		
		Q _{ult}	Q _{all}	Q _{ult}	Q _{all}	Q _{ult}	Q _{all}	
		FK = 2						
		(ton)						
Chimney	10 - 11 Februari 2012	109	54,5	154	77,0	138	69,0	1,696
Boiler	7 - 9 Oktober 2011	249	124,5	330	165,0	278	139,0	1,667
Turbine	10 - 11 Desember 2011	250	125,0	294	147,0	288	144,0	1,491
Switch Yard	28 - 29 Mei 2012	188	94,0	213	106,5	236	118,0	1,22

5.4 Komparasi Q_{all}

Lokasi Turbine

Berdasarkan hasil perhitungan Metode Hasil Analisa Daya Dukung Berdasarkan Data SPT dan Metode hasil Loading Test , maka didapat Q_{all} rata-rata sebagai berikut:

1. Perhitungan Analisa Daya Dukung Berdasarkan Data SPT

- Q_{all} Meyerhof = 82,15 ton
- Q_{all} Smith & Pole = 37,26 ton
- Q_{all} Briaud et al = 82,72 ton
- Q_{all} Shioi & Fukui= 25,46 ton
- Q_{all} Luciano Decourt= 116,85 ton

1) Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

2. Perhitungan Hasil Loading Test

- Q_{all} Mazurkiewicz= 144,0 ton
- Q_{all} Chin = 147,0 ton
- Q_{all} Davisson = 125,0 ton

Maka Q_{all} rata-rata dengan perhitungan Metode hasil Analisa Daya Dukung di daerah Turbine sebesar 93,91 ton

Maka Q_{all} rata-rata dengan perhitungan Metode Loading Test di daerah Turbine sebesar 138,67 ton.

Sehingga didapatkan koefisien pengali (KP) data lokasi turbine dari jarak antara Q_{all} rata-rata analisa daya dukung dengan Q_{all} rata-rata loading test yaitu sebesar :

$$KP = \frac{Q_{all} \text{ rata-rata Loading Test} - \text{rata-rata BorLog}}{Q_{all} \text{ rata-rata - rata-rata BorLog}}$$

$$= \frac{138,67}{93,91} = 1,47$$

Selanjutnya hal yang sama dilakukan pada 3 lokasi lainnya, yaitu : *Boiler*, *Switch Yard* dan *Chimney*.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Hasil Perhitungan KP

Nama Titik	KP
Turbine	1.47
Boiler	1.01
Switch Yard	1.16
Chimney	0.71

Dari rekapitulasi hasil perhitungan koefisien pengali (KP) dapat diambil rata-rata nilai KP di lokasi proyek PLTU 2 x 27,5 MW yang berlokasi di Desa Tanjung Gundul Kecamatan Sungai Raya Kepulauan Kabupaten Bengkayang, sebesar 1,09.

6. KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis perbandingan daya dukung aksial tiang pada tiga lokasi proyek PLTU 2 x 27,5 MW Kalimantan Barat, yaitu pada lokasi *Boiler, Turbine, Swith Yard & Chimney* maka penulis menarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil perhitungan rata-rata di keempat lokasi, dapat dilihat bahwa metode Smith & Pole dan metode Shioi & Fukui menghasilkan nilai yang kecil dan jauh dari rata-rata perhitungan dengan metode lainnya, maka dari itu kedua metode tersebut tidak disarankan untuk digunakan dalam perhitungan daya dukung ijin di lokasi ini.
2. Dari hasil perhitungan kapasitas daya dukung tiang tunggal dengan analisa berdasarkan data SPT dan metode Loading test, didapatkan koefisien pengalinya (KP) sebesar 1,09.
3. Komparasi nilai beban ijin perhitungan teoritis yang ada, yang menggunakan data uji labolatorium dan data SPT, rata-rata memberikan perkiraan kapasitas daya dukung tiang yang lebih kecil dari kenyataan yang dapat dipikul oleh tiang yang didapat dari uji pembebanan (loading test).

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Zainul. 2007. *"Komparasi Daya Dukung Aksial Tiang Tunggal Dihitung Dengan Beberapa Metode Analisis"*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Aziz, A A. dan Ishan, M. 2009. *"Perencanaan Pondasi Tiang"*. Pontianak: Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.
- Das, B M. 1988. *"Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 1"*. Jakarta: Erlangga.
- Das, B M. 1988. *"Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2"*. Jakarta: Erlangga.
- Geotechnical Engineering Center. 2005. *"Manual Pondasi Tiang"*. Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- TIM BSA. 2009. *"Workshop Sertifikasi (G-1) Himpunan Ahli Teknik Tanah Indonesia Vol.1"*. Indonesia: HATTI
- Iskandar, Rudi. 2002. *"Beberapa Kendala Teori Perhitungan Daya Dukung Aksial Pondasi Dalam"*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara
- Muhrozi. 2006. *"Materi Kuliah Mekanika Tanah dan Pondasi Lanjut"*. Semarang: Universitas Diponegoro
- Sardjono, H.S. 1991. *"Pondasi Tiang Pancang II"*. Surabaya: Sinar Wijaya

