

EVALUASI DAYA DUKUNG TIANG PANCANG CARA STATIS DAN DINAMIS (Studi Kasus Proyek Talang Jambo Aye Kabupaten Aceh Utara–Aceh Timur)

Achmad Abrar Haziri¹, Supardin², Syaifuddin³

¹⁾ Mahasiswa, Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata, email: iling_poltek@yahoo.com

²⁾ Dosen, Program Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata, email: mektanpoliteknikbuketrata@gmail.com

³⁾ Dosen, Program Program Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Lhokseumawe, Jl. Banda Aceh-Medan Km.280 Buketrata, email: syaifuddin@pnl.ac.id

ABSTRAK

Kombinasi talang air pada proyek irigasi Jambo Aye berada di Kecamatan Jambo Aye, Kabupaten Aceh Utara. Jembatan ini juga berfungsi sebagai drainase yang mengalir area persawahan dan perkebunan untuk membantu meningkatkan produksi pertanian. Pondasi jembatan Jambo Aye ini dibangun dengan jenis pondasi tiang pancang yang menerima beban secara vertikal maupun horizontal, sehingga dalam tugas akhir ini dilakukan evaluasi terhadap daya dukung tiang pancang dengan cara statis dan dinamis. Perencanaan meliputi perhitungan beban yang mengacu pada “RSNI-T-02-2005”, menghitung daya dukung pondasi, dan penulangan tiang. Untuk perhitungan pondasi digunakan penyelidikan tanah menggunakan data sondir, mutu betonnya (f_c) 50 MPa dan tegangan leleh baja (F_y) 500 Mpa. Dengan tiang berdiameter 0,4 m dan panjang 10,6 m dengan menggunakan cara statis diperoleh jumlah tiang pancang 12 buah dari hasil evaluasi daya dukung tiang pancang diketahui bahwa perhitungan daya dukung dengan cara statis (60,630 ton) < daya dukung dinamis (72,0 ton). Maka dari itu tiang pancang yang digunakan pada jembatan Jambo Aye ini dikategorikan aman.

Kata kunci: Daya Dukung, Dinamis, Uji Palu, Sondir, Statis.

I. PENDAHULUAN

Jembatan Jambo Aye merupakan suatu bangunan yang diperuntukkan untuk memenuhi kebutuhan distribusi air untuk areal irigasi persawahan masyarakat di kedua Kabupaten Aceh Utara dan Aceh Timur. Tujuan utamanya adalah untuk mengairi air ke sawah petani dan juga untuk menghindari dari pada kekeringan air. Tujuan selanjutnya, irigasi ini untuk meningkatkan produksi pertanian yang dulunya petani di Langkahan hanya turun ke sawah setahun sekali, dengan upaya pemerintah membangun irigasi di Jambo Aye hampir seluruh sawah di Aceh Timur dialiri air dari irigasi Jambo Aye.

Kegiatan proyek terletak di Kabupaten Aceh Utara - Aceh Timur yaitu Pekerjaan Pembangunan Jaringan Irigasi D.I. Jambo Aye Kanan seluas (3.028 Ha). Untuk mencapai lokasi pekerjaan dapat ditempuh dengan kendaraan roda dua dan empat dengan jarak tempuh 15 km selama 30 menit dari jalan utama Medan-Banda Aceh. Pada proyek irigasi Jambo Aye terdapat 5 Bendungan Jambo Aye dengan jarak 14.600 m (14,6 km) dari bendungan utama dengan aliran air yang dialirkan sebanyak 19.360 ha.

Data penyelidikan tanah dengan data sondir adalah untuk menentukan daya dukung pondasi yang mana untuk mencari daya dukung tiang pancang tersebut menggunakan metode statis dan dinamis. Metode statis adalah metode perhitungan daya dukung yang berdasarkan keadaan tanah dan bentuk suatu tiang pancang dalam suatu proyek. Data nilai *cone penetration resistant* (q_c) dan nilai *total penetration* (q_s) juga menjadi faktor analisis yang akan digunakan untuk menghitung kapasitas daya dukung tiang pada metode statis analisis. Sedangkan metode

dinamis adalah pengujian tiang pancang dengan memakai data kalendering yang didasarkan pada analisa data rekaman getaran gelombang yang terjadi pada waktu tiang dipukul dengan palu pancang. Palu tiang pancang adalah alat yang digunakan untuk memberikan energi yang cukup kepada tiang pancang untuk menembus tanah.

Analisis daya dukung tiang pancang sangat diperlukan untuk mendapatkan perencanaan pondasi yang memenuhi persyaratan. Banyak metode perhitungan untuk menganalisis daya dukung tiang pancang, namun perlu dipertimbangkan metode mana yang lebih memenuhi, untuk itu perlu dilakukan analisis daya dukung dari beberapa metode berdasarkan data lapangan dengan menggunakan data sondir dan dibandingkan satu sama lainnya, sehingga didapatkan hasil yang lebih realistis.

A. *Pembebanan Struktur Jembatan*

Standar acuan yang dipakai pada perencanaan adalah RSNI T-02-2005 Badan Standarisasi Nasional yang mana telah mengacu pada SNI 03-1725-1989 “Tata Cara Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya“, SNI 03-2883-1992 “Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Jembatan Jalan Raya“ dan Pd. T-04-2004-B “Pedoman Perencanaan Beban Gempa untuk Jembatan”. Menurut spesifikasi Pembebanan Jembatan (RSNI 1-2004), beban dan gaya yang digunakan dalam perhitungan tegangan – tegangan dalam konstruksi adalah beban primer, beban skunder dan beban khusus.

B. *Analisa Daya Dukung Tiang Pancang*

Besarnya daya dukung yang diijinkan dalam perencanaan pondasi tiang pancang terdiri dari daya dukung tanah yang diijinkan berdasarkan data sondir dan daya dukung tiang berdasarkan kekuatan bahan.

Dalam menentukan kapasitas daya dukung terhadap ujung tiang (Q_t) yang diambil dari data sondir dipakai berdasarkan formula Begemann (1965).

$$Q_{\text{tiang}} = \frac{A \times q_c}{3} + \frac{JHF}{5} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

Q_{tiang}	= Daya dukung keseimbangan tiang (kg)
A_{tiang}	= Luas penampang tiang (cm ²)
q_c	= Nilai konus dari hasil sondir (kg/cm ²)
JHF	= Jumlah hambata perekat (kg/cm ²)
Fk	= Faktor keamanan = 3.

Dalam menentukan jumlah tiang yang mendukung setengah beban dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$n = \frac{\text{Kombinasi terbesar}}{Q_a} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

Q_a	= Daya dukung ultimet (ton)
Fk	= Faktor keamanan = 1,5

Daya dukung tiang terhadap kekuatan bahan dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Sarjono, 1988):

$$P_{\text{tiang}} = T_b \times A_{\text{tiang}} \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan:

T_b = Tegangan tekan ijin bahan tiang (kg/cm²)

A_{tiang} = Luas penampang tiang (cm²)

Untuk menentukan jumlah tiang pancang yang digunakan agar dapat menahan beban maksimum yang bekerja dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$n = \frac{B_{\text{luar}} \times B_{\text{tiang}}}{Q_a} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

Q_a = Daya dukung ultimet (ton)

F_k = Faktor keamanan = 2

Daya Dukung satu tiang pancang didalam satu kelompok selalu lebih kecil dari pada daya dukung satu tiang individu (*Single Pile*). Maka perlu diperhitungkan efisiensi pile grup, menurut perumusan dari Ir.Sardjono HS (Pondasi Tiang Pancang , 1988) adalah :

$$E_f = 1 - \frac{\theta}{90} \times \frac{(n-1) \times m + (m-1) \times n}{m \times n} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

m = Jumlah baris

n = Jumlah tiang dalam satu baris

θ = Arctan d/s (derajat)

d = Diameter tiang

s = Jarak antara tiang (as ke as)

Stabilitas pondasi tiang pancang yang perlu ditinjau adalah penurunan kelompok tiang pancang, gaya horizontal yang diizinkan pada tiang, reaksi tiang dan pengeseran pada tumpuan dan Keamanan terhadap guling. Namun pada perencanaan hanya ada keamanan terhadap guling.

$$FK_{\text{guling}} = \frac{\sum Mtg}{\sum Mg} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

$\sum Mtg$ = Momen guling tahanan

$\sum Mg$ = Momen guling

Penulangan tiang pancang dihitung berdasarkan kebutuhan pada waktu pengangkatan tersebut ada dua kondisi, yaitu satu tumpuan dan dua tumpuan.

Rumus analisa penulangan pada saat pengangkatan tiang pancang :

$$M_1 = M_2 \dots\dots\dots (7)$$

$$\frac{1}{8} g a = \frac{1}{8} \times g (L - 2a)^2 - \frac{1}{2} \times g \times a^2 \dots\dots\dots (8)$$

$$4a_2 + 4aL - L_2 = 0 \dots\dots\dots (9)$$

$$M_1 = M_2 = \frac{1}{2} \times g \times a_2 \dots\dots\dots (10)$$

Rumus analisa penulangan pada saat pengangkatan tiang miring

$$M_1 = M_2 \dots\dots\dots (11)$$

$$\frac{1}{2} g a_2 = \frac{1}{2} \times g \times \left\{ \frac{L^2 - 2aL}{2(L-a)} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

$$a = \frac{L^2 - 2aL}{(L-a)} \dots\dots\dots (13)$$

C. Metode Dinamis

Rumus formula Hiley (1930) digunakan dalam menghitung daya dukung dinamis, Sebenarnya dalam hitungan kalendering bisa digunakan rumus lain tapi penulis menggunakan rumus hiley karena lebih sering digunakan.

$$R = \frac{2.eh.Wr.H}{S+K} \times \frac{Wr+(N^2Wp)}{W+P} \times \frac{1}{Sf} \dots\dots\dots (14)$$

Akan tetapi penulis menggunakan formula WIKA yang mana bagian dari reformasi rumus Hilley , formula WIKA memakai SF= 3. Rumus sebagai berikut :

$$R = \frac{2.Wr.H}{S+K} \times \frac{Wr+(N^2Wp)}{Wr+Wp} \times \frac{1}{Sf} \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan:

R	= Kapasitas daya dukung batas (ton)
Wp	= berat ram / palu (ton)
H	= tinggi jatuh ram / palu (cm)
S	= Final set (cm/pukulan)
W	= berat tiang pancang (ton)
K	= Rata-rata Rebound untuk 10 pukulan terakhir (cm)
Eh	= Efisiensi hammer
N	= Koefisien restitusi*
	0,4-0,5 untuk palu besi cor, tiang beton tanpa helm
	0,3-0,4 untuk palu kayu (landasan kayu)
	0,25-0,3 untuk tiang kayu

II. METODOLOGI

Adapun metode evaluasi daya dukung tiang pancang pada proyek talang dijelaskan sebagai berikut:

A. Analisis Metode Statis

Metode statis adalah metode perhitungan daya dukung yang berdasarkan keadaan tanah dan bentuk suatu tiang pancang dalam suatu proyek . Adapun metodenya sebagai berikut :

1. Analisis pembebanan
2. Analisis daya dukung statis

3. Analisis stabilitas tiang pancang
4. Analisis penulangan

B. Analisis Metode Dinamis

Metode dinamis adalah pengujian tiang pancang dengan memakai data kalendering yang didasarkan pada analisa data rekaman getaran gelombang yang terjadi pada waktu tiang dipukul dengan palu pancang. Adapun metodenya sebagai berikut :

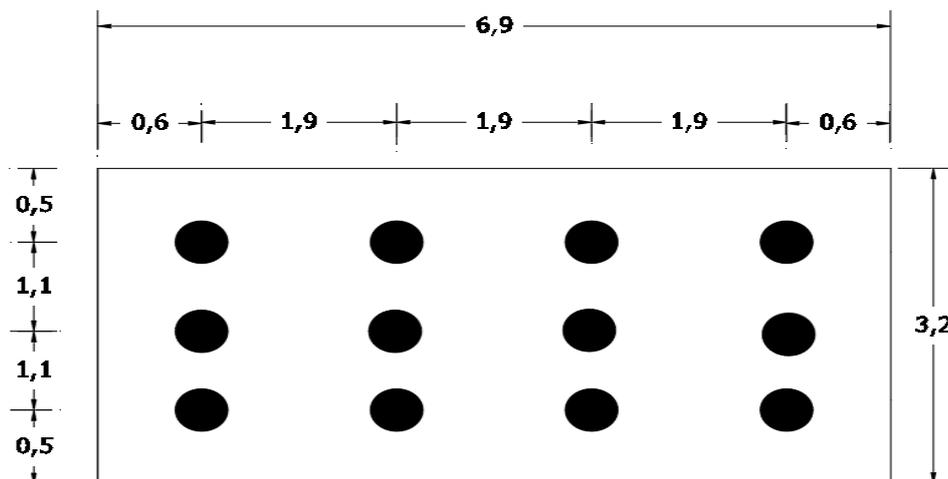
1. Analisis daya dukung dinamis
2. Perbandingan daya dukung
3. Evaluasi daya dukung cara statis dan dinamis

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

Hasil dari perhitungan evaluasi daya dukung tiang pancang cara statis dan dinamis pada talang 1 pilar 2 proyek irigasi Jambo Aye Kab. Aceh Utara dan Kabupaten Aceh Timur adalah perhitungan daya dukung cara statis berdasarkan data sondir diketahui kedalaman tanah keras (nilai $q_c > 150$ kg/cm²), yang selanjutnya kedalaman pada nilai maksimum ini, adalah kedalaman dan panjang tiang dari hasil investigasi sondir. Untuk pilar 2, nilai q_c pada kedalaman 10,6 meter adalah 140 kg/cm². Dimensi tiang = 40 cm, Selanjutnya daya dukung ujung tiang didapat sebesar $Q_u = 76247,57$ kg = 76,25 ton. Maka daya dukung geseran sepanjang tiang $W_p = 2,025$ ton dan didapat daya dukung ultimit tiang rencana $Q_{all} = 74,22$ ton.

Jumlah tiang yang didapat berdasarkan kombinasi beban terbesar sebesar 693,ton dan didapatkan nilai n adalah 9,34 buah, sehingga didapat jumlah tiang $12,15 = 12$ tiang dengan faktor keamanan = 1,3. Berdasarkan jumlah tiang pancang yang diperoleh sebanyak 12 buah tiang, maka tata letak tiang dalam satu pilar (konfigurasi kelompok tiang), dapat ditentukan dengan jarak penempatan jarak tiang ke as ke as:



Gambar 1 Jumlah Tiang Pancang

Berdasarkan konfigurasi penempatan kelompok tiang pada pile cap pila, dapat diperoleh dimensi per pilar, yakni 3,2 meter x 6,9 meter.

Untuk menentukan daya dukung tiang cara dinamis, yakni dengan menggunakan formula WIKA yang mana bagian dari modifikasi rumus Hilley didapat hasil seperti tabel 1

Tabel 1 Hasil perhitungan statis dan dinamis pilar 02

PERHITUNGAN DAYA DUKUNG TIANG BERDASAKAN DATA KALENDERING (DINAMIS)													
Diameter Tiang= 0,40 m A tiang = 0,1257 m ² Hilley Formulas for Diesel Hammer L= 11 m Berat tiang= 277 kg/m $Ru = (2WH/S+K) \times (W + N^2P/W+P) \times (1/SF)$													
PILAR 2						TALANG 1							
No Tiang	W hammer ton	L tiang	P ton	H cm	S cm	K cm	N	ef	SF	Ru ton	Qa renc ton	Keterangan	
1	6,00	11,00	3,05	165	19,80	1,98	0,40	0,40	0,85	3,00	198,9	74,2	OK R>Qa
2	6,00	11,00	3,05	165	7,80	0,78	0,70	0,40	0,85	3,00	319,8	74,2	OK R>Qa
3	6,00	11,00	3,05	165	16,10	1,61	0,50	0,40	0,85	3,00	224,3	74,2	OK R>Qa
4	6,00	11,00	3,05	165	23,00	2,30	0,40	0,40	0,85	3,00	175,3	74,2	OK R>Qa
5	6,00	11,00	3,05	165	20,50	2,05	0,40	0,40	0,85	3,00	193,2	74,2	OK R>Qa
6	6,00	11,00	3,05	165	19,80	1,98	0,50	0,40	0,85	3,00	190,8	74,2	OK R>Qa
7	6,00	11,00	3,05	165	26,50	2,65	0,30	0,40	0,85	3,00	160,4	74,2	OK R>Qa
8	6,00	11,00	3,05	165	23,10	2,31	0,30	0,40	0,85	3,00	181,3	74,2	OK R>Qa
9	6,00	11,00	3,05	165	24,10	2,41	0,30	0,40	0,85	3,00	174,6	74,2	OK R>Qa
10	6,00	11,00	3,05	165	22,30	2,23	0,40	0,40	0,85	3,00	180,0	74,2	OK R>Qa
11	6,00	11,00	3,05	165	23,00	2,30	0,40	0,40	0,85	3,00	175,3	74,2	OK R>Qa
12	6,00	11,00	3,05	165	28,00	2,80	0,50	0,40	0,85	3,00	143,4	74,2	OK R>Qa
										193,1	74,2	OK R>Qa	
Jumlah tiang										12	buah		
Daya Dukung Q Goup kalendering , Ef 0,81										1883,66	ton		
Dukung Pile Goup Analitis, Ef 0,81										724,00	ton		
Beban Kombinasi maksimum V										693,75	ton		
Kesimpulan Daya Dukung Q Goup kalendering > Daya Dukung Pile Goup Analitis										OK R>Qa			
Kesimpulan Daya Dukung Q Goup kalendering > Beban V Kombinasi										OK Rug>V			

Diketahui data sebuah tiang pancang dengan panjang tiang $L=10,6$ m akan dipancang dengan alat pancang Diesel hammer tipe Kobelco 7035 kapasitas 35 ton dengan berat hammer 6 ton. Tiang pancang berdiameter 40 cm dengan mutu beton K-600 ($F_c = 50$ Mpa) data kalendering tiang 1, pada tabel 1 dapat dilihat bahwa kapasitas daya dukung tiang pancang cara dinamis dengan metode WIKA , pada tiang 1 daya dukung didapat sebesar $R (193,1 \text{ ton}) > Q_a (74,2 \text{ ton})$ maka perhitungan daya dukung tersebut aman, sehingga dapat dilihat pada tabel 1 bahwa 12 tiang yang didapat daya dukung dinamis (R) lebih besar daripada daya dukung statis (Q_{ult}).

B. Pembahasan

Perencanaan daya dukung tiang berdasarkan data sondir digunakan untuk menentukan daya dukung cara analitis didapat nilai daya dukung rencana $Q_{ult} = 60,633 \text{ kg}$. Selanjutnya daya dukung berdasarkan kekuatan bahan yang mana kedalaman tiang $L = 10,6$ meter, diameter 40 cm. Besarnya daya dukung kelompok tiang, yakni sebesar $Q_{group} = 408,200 \text{ ton}$ dan didapat hasil untuk 1 pilar ada 12 tiang . Mutu bahan tiang dari beton K-600 dengan $f_c = 50 \text{ Mpa}$ dan $f_y = 500 \text{ Mpa}$. Sehingga daya dukung berdasarkan kekuatan bahan untuk kelompok tiang pancang sebesar $Q_u = 724,00 \text{ ton}$.

Pada perhitungan pembebanan kombinasi diambil kombinasi yang terbesar yaitu pembebanan kombinasi IV = 693,00 ton. Dari hasil daya dukung kelompok tiang pancang ternyata daya dukung yang bekerja pada konstruksi yaitu $Q_u (724,00 \text{ ton}) > \text{Kombinasi}$

maksimum (693,00 ton) sehingga untuk daya dukung tiang pancang menggunakan cara statis aman.

Pada perhitungan cara dinamis diperlukan data kalendering untuk pilar 2 yang mana diperoleh final setting terendah $S = 1,98$ cm, dengan $K = 0,40$ cm diperoleh daya dukung actual sebesar 198,9 ton, untuk final setting tertinggi $S = 22,80$ cm, dengan $K = 0,7$ cm, diperoleh daya dukung actual sebesar 193,1 ton. Dari perhitungan daya dukung cara statis dan dinamis menunjukkan bahwa daya dukung dinamis (R) = 198,1 > daya dukung rencana (Q_{ult}) = 74,2 kg, Kemudian masing-masing perhitungan daya dukung dikalikan dengan jumlah tiang yaitu 12 tiang. Rerata daya dukung dinamis sebesar (1883,66 ton) > Q_{ult} group analitis (724,00 ton), dengan demikian keberadaan 12 buah tiang pada pilar 02 masih dalam taraf aman menerima beban di atasnya. Dengan memperhatikan data final setting 10 pukulan terakhir, menunjukkan bahwa semakin kecil nilai final set pada 10 pukulan terakhir akan semakin besar kapasitas daya dukung tiang dinamisnya, demikian sebaliknya. Untuk itu sebaiknya berdasarkan daya dukung analitis dapat diperkirakan seberapa besar nilai final set untuk 10 pukulan terakhir di lapangan. berikut diberikan cara menghitung final set 10 pukulan terakhir berdasarkan daya dukung statis rencana.

IV. KESIMPULAN

Dari hasil analisa dan perhitungan daya dukung tiang berdasarkan metode statis dan metode dinamis maka dapat disimpulkan bahwa asumsi awal untuk mendesain panjang tiang dan daya dukung tiang pancang, serta daya kelompok tiang berdasarkan data investigasi pengujian sondir disekitar lokasi pilar (daya dukung statis), dimensi tiang prestres yang digunakan diameter 40 cm dan panjang tiang pancang 11 meter, berat tiang 272 kg/m. Dari analisa cara rumus umum daya dukung izin diperoleh $Q_a = 70,5$ ton, Tidak terjadinya penurunan dikarenakan kedalaman data sondir = 10,6 meter lebih rendah daripada tiang pancang yang digunakan yaitu sebesar 11 m, maka ketika tiang dipancang sudah sampai ketanah keras sehingga tidak terjadi penurunan dan dari hasil analisa menunjukkan bahwa berdasarkan metode besarnya daya dukung kelompok tiang dinamis 1883,66 > 724,00 daya dukung kelompok tiang statis dan beban kombinasi 693,30 ton pada talang 1 pilar 2.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1992, *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan “ Bridge Management Manual“* (BDM).
- Anonim, 2005. *Standar Pembebanan Untuk Jembatan (RSNI T-02-2005)*, Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim, 2008. *Standar Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Jembatan (SNI 2833-2008)*, Departemen Pekerjaan Umum.
- M. Das, Braja, 1988, *Mekanika Tanah I (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis)*, Erlangga, Surabaya.
- Muhcivil04, 2011. *Daya Dukung Dengan Kalendering (Rumus Hilley)*, (<http://teknikonstruksiku.blogspot.co.id/2011/02/hitungan-daya-dukung-dengan-kalendering.html>).
- Muhrozi. 2006. “*Materi Kuliah Mekanika Tanah dan Pondasi Lanjut*”, Undip, Semarang.
- Sarjono, HS . 1988. *Pondasi Tiang Pancang untuk Umum dan Universitas Jilid 1* . Surabaya : Sinar Wijaya .
- Sosrodarsono, dan Nakazawa, 1990. *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi*, PT Pradnya Paramita, Jakarta.
- Supriyadi, Muntohar. 2007. *Jembatan. Beta Offset*. Yogyakarta.
- Wahyudi, H , 1999. *Daya Dukung Pondasi Dalam*, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.