

## METODE HITUNGAN KAPASITAS DUKUNG ULTIMATE PONDASI DENGAN MENGGUNAKAN DATA UJI CPT

Joni Hermanto<sup>1)</sup>, SaryShandy<sup>2)</sup>, Mohammad Said<sup>3)</sup>

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Maluku Utara

### ABSTRAK

Pondasi merupakan bangunan utama suatu konstruksi yang harus dirancang lebih kokoh, agar dapat mendukung beban superstruktur. Kapasitas dukung tanah dapat ditentukan dengan cermat berdasarkan hasil uji data pengujian lapangan, berupa CPT dan SPT. Perencanaan tipe pondasi harus disesuaikan dengan pembebanan, perilaku lapisan tanah, dan jenis pembebanan yang bekerja. Hasil uji ini dikorelasikan dengan persamaan empiris (persamaan Schmertmann, 1978), sehingga dapat diperoleh nilai kapasitas dukung ujung ultimate  $q_{bu}$  yang bekerja pada ujung tiang. Hasil hitungan kapasitas dukung pondasi  $q_u$  lokasi Bandara Sultan Babullah Kota Ternate mengacu pada persamaan Schmertmann (1978), masing-masing lajur memanjang dan bujur sangkar sebesar  $16,474 \text{ kg/cm}^2$  dan  $28,051 \text{ kg/cm}^2$ . Hasil hitungan data pemeriksaan CPT untuk  $q_{c1}$  mengacu pada  $L + 0,7B$  sampai  $L + 4B$  dan  $q_{c2}$  dengan  $L$  sampai  $L - 8B$  yang variasi nilai  $q_{bu}$  dipengaruhi oleh kedalaman tanah keras/panjang tiang pancang rencana.

**Kata kunci:** Uji CPT, Kapasitas Dukung Ultimate, Pondasi

### 1. PENDAHULUAN

Sebagai Provinsi yang sedang mengejar ketertinggalan, maka pembangunan disegala bidang sedang giat-giatnya dilakukan. Pembangunan sarana dan prasarana yang dimaksud bertujuan untuk melakukan percepatan laju ekonomi, sehingga masyarakatnya dapat mencapai kesejahteraan dapat menyamai daerah-daerah lain. Menurut pendapat beberapa ahli, bahwa percepatan laju pertumbuhan ekonomi harus didukung oleh terbukanya isolasi suatu daerah, tempat ke tempat lainnya.

Pembangunan sarana imprastruktur adalah merupakan fasilitas utama yang mutlak harus dipenuhi.

Isolasi suatu daerah dapat diterjemahkan tersedianya sarana prasarana transportasi udara, laut dan darat. Provinsi Maluku Utara adalah merupakan wilayah yang sangat strategis yang perlu mendapatkan perhatian serius dari Pemerintah Pusat. Pelaksanaan pembangunan konstruksi harus memenuhi target, yakni tepat sasaran, tepat mutu, tepat waktu dan tepat biaya. Pencapaian target ini

dibutuhkan data dan angka apa adanya dilapangan.

Perencanaan konstruksi meliputi: rancangan bawah struktur dan atas struktur. Perancangan bawah struktur membutuhkan data/hasil pengujian sesuai kondisi riil lapangan. Bawah struktur yang handal adalah mampu menahan/mendukung beban yang mungkin terjadi, memiliki nilai penurunan batas ijin dan hitungan dapat dievaluasi dan dipertanggungjawabkan.

Berdasarkan beberapa pengujian dilapangan (alat CPT) yang telah dilakukan, sebaiknya ada metode yang dapat digunakan untuk menghitung kapasitas dukung ijin pondasi dengan data uji CPT berdasarkan saran/rekomendasi para pakar peneliti ketekniksipilan.

## LANDASAN TEORI

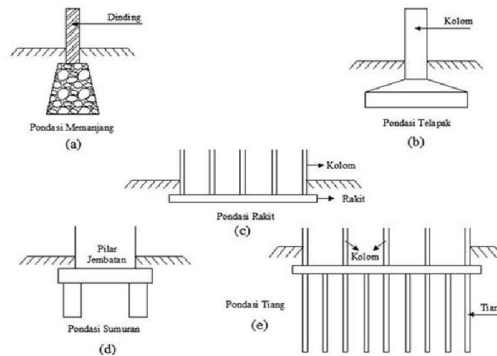
### Kapasitas Dukung Pondasi Dangkal

Pondasi adalah bagian terendah suatu bangunan yang meneruskan beban bangunan ke tanah atau batuan dibawahnya. Terdapat dua klasifikasi pondasi, yakni pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pondasi dangkal adalah pondasi yang mendukung beban langsung berupa pondasi dangkal, pondasi memanjang dan pondasi rakit (*Raft Foundation*) seperti yang dilihat pada Gambar 1. Sedangkan pondasi dalam adalah pondasi yang meneruskan

beban ke tanah keras jauh dari permukaan tanah (contoh pondasi sumuran dan tiang pancang).

Pondasi telapak (*Spread Footing*) adalah merupakan pondasi dengan telapak setempat dalam mendukung beban bangunan. Pondasi memanjang (*Continuous Footing*) adalah pondasi yang digunakan untuk mendukung dinding memanjang atau mendukung sederetan kolom kolom-kolom (berjarak sangat dekat).

Pondasi rakit (*Raft Foundation* atau *Mat Footing*) adalah pondasi yang digunakan pada tanah lunak atau susunan kolom-kolom sedemikian berjarak sangat dekat arah transversal atau longitudinal.



Gambar 1. Beberapa Jenis Pondasi yang Biasa Digunakan

Jenis pondasi berdasarkan jenis bangunan, yakni pondasi untuk gedung dan pondasi untuk mesin. Pondasi untuk bangunan gedung, bila sederhana menggunakan pondasi memanjang (*Continuous Footing*). Untuk bangunan tingkat tinggi dengan basement atau

tanpa basement, menggunakan jenis pondasi dalam (pondasi sumuran dan tiang pancang) tergantung dari jenis tanahnya. Basement berfungsi untuk kebutuhan stabilitas bangunan terhadap goyangan, mengurangi *Settlement*. Pondasi untuk mesin, struktur harus direncanakan terhadap getaran.

**Teori Kapasitas Dukung Terzaghi**

Terzaghi (1943) dalam Das (1999) mengusulkan teori pertama secara komprehensif untuk evaluasi kapasitas dukung ultimate pondasi dangkal. Pondasi dangkal dengan kedalaman  $D_f$ , adalah pondasi kurang dari atau sama dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal bila  $D_f$  sama dengan 3 – 4 kali lebar pondasi, maka dapat didefinisikan sebagai pondasi dangkal.

Persamaan kapasitas dukung ultimate ( $q_{ult}$ ) pada telapak memanjang (*Strip footing*) adalah:

$$q_u = cN_c + (q + q_o) N_q + \frac{1}{2}\gamma \cdot BN_\gamma$$

Dengan:

$c$  = Kohesi tanah

$\gamma$  = Berat volume tanah

$q = \gamma \cdot D_f$ ,  $N_c$ ,  $N_q$ ,  $N_\gamma$  = Faktor kapasitas dukung tanpa dimensi dan merupakan fungsi dari sudut gesek dalam tanah  $\phi$  dibawah telapak pondasi

**Kapasitas Dukung Tnaha Berdasarkan Uji SPT**

Uji penetrasi standar ini dilakukan untuk menentukan sifat-sifat tanah ditentukan secara langsung dilapangan. Pengujian untuk

mengetahui nilai kerapatan relatif  $D_r$  yang sering digunakan adalah uji penetrasi standar atau uji SPT (*Standart Penetration Test*). Nilai SPT ( $N$ ) didefinisikan sebagai jumlah pukulan yang dibutuhkan untuk penetrasi tabung sedalam 30,45 cm (12 inchi). Pada kasus umum, uji SPT dilakukan setiap penetrasi bor 1,5 – 2,0 m atau tiap pergantian jenis lapisan tanah di sepanjang lubang bor.

Hubungan nilai N dengan kerapatan relatif ( $D_r$ ) yang diusulkan oleh Terzaghi (1943) dan Peck (1948) pada tanah pasir (granuler) seperti disajikan dalam Tabel 1 berikut

**Tabel 1. Hubungan Nilai N dengan Kerapatan Relatif ( $D_r$ ) Tanah Pasir (Hardiyatmo, 2002)**

Nilai N	Kerapatan relatif ( $D_r$ )
< 4	Sangat tidak padat
4 – 10	Tidak padat
10 – 30	Kepadatan sedang
30 – 50	Padat
>50	Sangat padat

Pada beberapa literatur menghubungkan antara nilai N standar penetrasi dan kuat geser tanah lempung ( $q_u$ ) seperti disajikan dalam Tabel 2. Berdasarkan pada hasil uji hubungan triaksial dan lempung tidak sensitif,

Stroud (1974) dalam Das (1999) mengusulkan sebagai berikut:

$$c_u = KN \quad (2)$$

Dengan:

$K$  = Konstanta = 3,5 – 6,5 kN/m<sup>2</sup> atau nilai rerata  $K$  = 4,4 kN/m<sup>2</sup>

$N$  = Jumlah standar penetrasi dari uji lapangan

Tabel 2. Perkiraan Hubungan Nilai  $N$ , Konsistensi dan Kuat Tekan Bebas Tanah Lempung Jenuh ( $q_u$ ) (Das, 1999)

Nilai N SPT	Konsistensi	Kuat tekan bebas, $q_u$ (kN/m <sup>2</sup> )
0 – 2	Sangat lunak	0 – 25
2 – 5	Lunak	25 – 50
5 – 10	Sedang	50 – 100
10 – 20	Kaku	100 – 200
20 – 30	Sangat kaku	200 – 400
>30	Keras	>400

**Kapasitas Dukung Tanah Berdasarkan Uji CPT**

Schmertmann (1978)

menyarankan kapasitas dukung pondasi dangkal,  $q_u$  berdasarkan nilai tahanan konus ( $q_c$ ) untuk pondasi dangkal dengan  $D_f/B \leq 1,5$ .

1. Kapasitas dukung pondasi tanah non kohesif, digunakan:

Telapak memanjang:  $q_u = 28 - 0,0052 (300 - q_c)^{1,5}$

Telapak bujur sangkar:  $q_u = 48 - 0,0090 (300 - q_c)^{1,5}$

2. Kapasitas dukung pondasi tanah kohesif, digunakan:

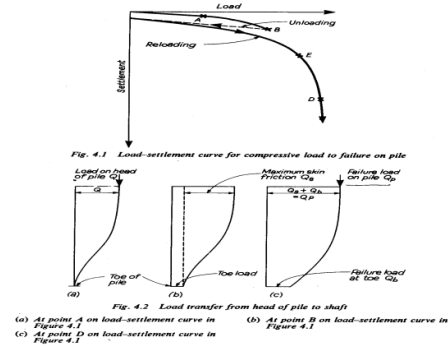
Telapak memanjang:  $q_u = 2 + 0,28q_c$

Telapak bujur sangkar:  $q_u = 4 + 0,34q_c$

Catatan:  $q_u$  dan  $q_c$  dalam satuan tsf atau kg/cm<sup>2</sup>.

**Kapasitas Dukung Pondasi Tiang**

Pondasi dalam adalah dapat meneruskan beberapa atau seluruh beban yang bekerja ke tanah dibawah permukaan. Tipe pondasi ini diperdalam sampai 50 feet (15 m) dibawah permukaan tanah, namun dapat juga sampai kedalaman 150 feet(45 m). Biasanya perkuatan tanah bergantung kedalaman dan metode ini memobilisasi suatu volume tanah besar (Coduto, 1994).



**Gambar 2. Transfer Beban Struktur Pondasi dalam ke Lapisan Tanah**

**1. Kapasitas Ultimate Cara Statis Tiang Tunggal**

Bidang runtuh tiang yang mengalami pembebanan tekan dan menahan beban dengan mengarahkan tahanan ujung (lihat Gambar 2a). Sedangkan pembebanan tekan dengan mengerahkan gesek dinding diperlihatkan dalam Gambar 2b.

**a. Kapasitas Ultimate Tiang Pada Tanah Granuler**

Kapasitas ultimate netto tiang tunggal ( $Q_u$ ) adalah jumlah dari tahanan ujung bawah tiang dan tahanan gesek antara tiang dan tanah disekitarnya lalu dikurangi dengan berat tiang dapat ditulis dengan persamaan:

$$Q_u = Q_b + Q_s - W_p \dots\dots\dots(3)$$

Dengan:

- $Q_u$  = Kapasitas ultimate tiang netto
- $Q_b$  = Tahanan ujung bawah tiang
- $Q_s$  = Tahanan gesek tiang
- $W_p$  = Berat tiang

**1) Tahanan Ujung Tiang Ultimate ( $Q_b$ )**

Nilai kohesi  $c = 0$  pada tanah berbutir (granuler) dan diameter tiang relatif sangat kecil dibandingkan dengan panjang tiang ditulis dengan persamaan:

$$c \cdot N_c = 0 \dots\dots\dots(4a)$$

$$0,5 \gamma \cdot d \cdot N_\gamma \cong 0 \dots\dots\dots(4b)$$

$$Q_b = A_b \cdot p_b' \cdot N_q(4c)$$

Dengan:

- $A_b$  = Luas penampang ujung tiang ( $m^2$ )
- $p_b'$  = Tekanan overburden ujung tiang ( $kN/m^2$ )
- $N_q$  = Faktor kapasitas dukung

**2) Tahanan Gesek Dinding Tiang Ultimate ( $Q_s$ )**

Tahanan gesek dinding tiang ultimate ( $Q_s$ ) dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Q_s = \sum A_s \cdot K_d \tan \bar{\delta}$$

$p_o$  (5)

Dengan:

- $A_s$  = Luas selimut dinding tiang ( $m^2$ )
- $K_d \tan \delta$  = Koefisien gesek dinding
- $\bar{p}_o$  = Tekanan overburden rata-rata ( $kN/m^2$ )

**b. Kapasitas Ultimate Tiang Pada Tanah Kohesif (Lempung)**

**1) Tahanan Ujung Ultimate**

Tiang yang dipancang pada tanah lempung, kapasitas tiang dihitung pada kondisi pembebanan tak terdrainasi. Persamaan tahanan ujung tiang ( $Q_b$ ):

$$Q_b = A_s \cdot c_u \cdot N_c^* (kN) \dots\dots\dots(6)$$

Dengan:

- $A_s$  = Luas penampang ujung tiang ( $m^2$ )
- $c_u$  = Kohesi tak terdrainasi pada ujung tiang ( $kN/m^2$ )
- $N_c^*$  = Faktor kapasitas dukung dari nilai  $\phi$

Menurut Skempton (1959) nilai  $N_c$  dapat digunakan sama dengan sembilan.

**2) Tahanan Gesek Dinding Tiang ( $Q_s$ )**

Pemancangan tiang pada tanah kohesif, persamaan tahanan gesek dinding ultimate ( $Q_s$ ) ditulis seperti berikut:

$$Q_s = \sum \alpha \cdot c_u \cdot A_s \text{ (kN)} \quad (7)$$

Dengan:

$\alpha$  = Faktor adhesi

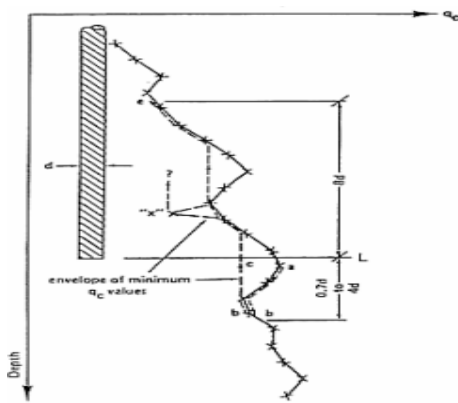
$c_u$  = Kohesi tak terdrainasi (kN/m<sup>2</sup>)

$A_s$  = Luas selimut tiang (m<sup>2</sup>)

**2. Kapasitas Dukung Pancang dengan Uji CPT**

Schmertmann (1978) menyatakan bahwa kapasitas dukung ujung pondasi  $q_{bu}$  dapat dihitung dengan persamaan:

$$q_{bu} = \frac{q_{c1} + q_{c2}}{2} \quad (8)$$



**Gambar 3. Metode Hitungan Daya Dukung Ujung Tiang (Schmertmann 1978)**

**3. Kapasitas Dukung Pancang dengan Uji SPT**

Meyerhof (1978) menyatakan bahwa kapasitas dukung ujung pondasi  $q_{bu}$  dapat dihitung dengan menggunakan data  $N_{SPT}$  yang persamaannya seperti berikut:

$$q_{bu} = 0,8 \times N_{SPT} \times \frac{L_b}{B} < 8 \times N_{SPT} \times \frac{L}{B} \leq 10 \quad (9)$$

Dengan:

$N_{SPT}$  = Jumlah SPT belum terkoreksi dihitung 3B – 8B dibawah ujung tiang

$L_b$  = Kedalaman  $q_c$  ujung tiang terhadap dasar tanah keras, ft

$Q_{bu}$  = Tahanan ujung konus, *Kip Square*, ft

$L$  = Panjang rencana tiang pancang, ft

**2. METODE PENELITIAN**

Pelaksanaan penelitian kapasitas dukung tanah adalah penyelidikan langsung dilapangan dengan alat uji CPT (*Cone Penetration Test*) oleh Laboratorium Mekanika Tanah Teknik Sipil FT Unkhair Ternate. Lokasi penelitian yang diambil adalah Kota Ternate (Bandara Sultan Babullah dan Pasar Gamalama), Pulau Halmahera (Sofifi, Galala, Lolobata dan Wasile) dan Mandawong Kabupaten Halmahera Selatan.

Peralatan CPT yang digunakan terdiri atas perangkat batang sondir, paten konus/bikonus, angker tanah, alat

baca manometer 250 kg/cm<sup>2</sup>, manometer 60 kg/cm<sup>2</sup> dan alat pendukung lainnya. Pembacaan dilakukan setelah selesainya setting alat uji, cara baca tahanan ujung konus

$q_c$  per kedalaman 20 cm dan dilakukan secara simultan. Setelah batang sondir/CPT habis, maka langsung dilakukan penyambungan dengan batang berikutnya.

Lokasi penelitian CPT ini meliputi:

1. Kota Ternate; Rencana pembangunan terminal Bandara Sultan Babullah dan pembangunan Pasar Gamalama
2. Pulau Halmahera: Pembangunan Kantor Dinas Kimpraswil (Sofifi), pembangunan Tower Celuler (Galala dan Wasile) dan pembangunan Jembatan Lolobata
3. Pembangunan Jembatan Mandawong pantai Kabupaten Halmahera Selatan

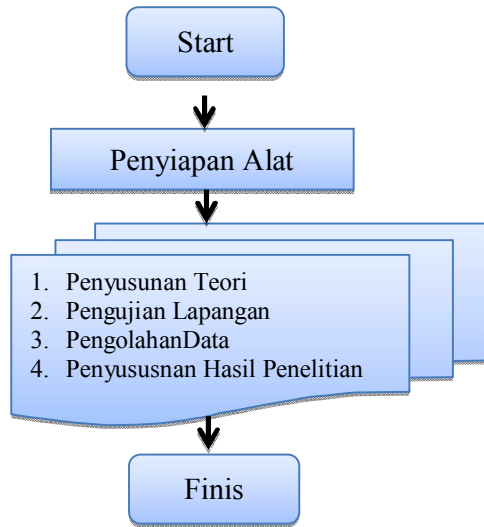
Pengambilan sampling seperti yang disajikan dalam bagan alur penelitian ujiCPT berikut ini.

### 3. PEMBAHASAN

#### Kapasitas Dukung Ijin Pondasi Telapak

Tipe pondasi telapak dipilih bila memenuhi kriteria ratio  $D_f/B \leq 1,5$ ;  $D_f$  = Kedalaman target telapak pondasi

dan  $B$  = Lebar pondasi arah melintang. Bangunan terminal direncanakan lantai 2 dan kedalaman tanah keras kategori dangkal. Nilai  $q_c$  yang diambil sebesar 1,5 kali lebar pondasi dibawah dasar telapak.



Hasil uji CPT diambil hitungan lokasi Bandara Sultan Babullah Kota Ternate dengan kedalaman tanah keras ( $D$ ) = 3,60 m nilai  $q_c = 220$  kg/cm<sup>2</sup>. Mengacu pada persamaan Schmertmann (1978) rincian hasil perhitungan dapat dilihat dalam Tabel 3 berikut.

Kedalaman, D (m)	Tahanan konus, $q_c$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Tipe telapak pondasi	Rencana, B (m)	Hasil hitungan, $q_u$ (kg/cm <sup>2</sup> )	Rasio $D_f/B$
Tanah non kohesif					

s.d 2,40	130	Mema njang	1,75	16,4 74	1,2 6
		Bujur sangka r	1,75	28,0 51	1,2 6
Tanah kohesi f					
	130	Mema njang	1,75	38,4 0	1,2 6
		Bujur sangka r	1,75	48,2 0	1,2 6
Tanah non kohesif					
s.d 3,60	220	Mema njang	1,75	24,2 8	2,0 6
		Bujur sangka r	1,75	41,5 6	2,0 6
Tanah kohesi f					
	220	Mema njang	1,75	63,6 0	2,0 6
		Bujur sangka r	1,75	78,8 0	2,0 6

Kapasitas dukung ijin pondasi,  $q_{ult} = q_u / SF$

**Kapasitas Dukung Ijin Pondasi Dalam**

Tipe pondasi dalam dipilih bila memenuhi kriteria ratio  $D_f / B > 1,5$ ;  $D_f$ = Kedalaman pondasi, kedalaman tanah keras jauh berada dibawah permukaan tanah. Nilai  $q_c$  sesuai persamaan (8) diatas. Hasil sehingga dapat memberikan kapasitas dukung yang maksimal dan penurunan pondasi yang relatif kecil.

Mengacu pada persamaan Schmertmann (1978) diatas dengan

rincian hasil perhitungan seperti yang disajikan pada Tabel 4 berikut.

**Tabel 4. Hasil Hitungan Kapasitas Dukung Tiang dengan Data CPT Lapangan**

Lokasi	Kedalaman rencana pondasi, L dan lebar B (m)	Nilai $q_{c1}$ (kg/cm <sup>2</sup> )		Nilai $q_{c2}$ (kg/cm <sup>2</sup> )		Nilai $q_{bu}$ (kg/cm <sup>2</sup> )
		L + 0,7 B (m)	L + 4B (m)	L - 8B (m)		
Pasar Gamalama	8,50 (0,40)	225 (7,28)	22 5 (8,6)	20 (3,8)	122,5	
Sofifi	8,50 (0,40)	200 (8,78)	22 5 (10,1)	50 (5,3)	125,0	
Galala	10,00 (0,40)	130 (10,28)	13 0 (11,6)	35 (6,8)	85,0	
Lolobata	17,00 (0,40)	150 (17,28)	15 0 (18,6)	35 (13,8)	92,5	
Mandawong	5,00 (0,40)	225 (5,28)	22 5 (6,6)	50 (1,8)	137,5	

Nilai  $q_{bu}$  diatas pada setiap lokasi pemeriksaan belum termasuk  $q_s$  sesuai persamaan (8) diatas dan nilai berat pile per meter ( $W_p$ ) diperkurangkan, sehingga dapat diperoleh kapasitas dukung tiang ( $q_u$ ). Selanjutnya nilai



kapasitas dukung ijin pondasi tiang ( $q_{all}$ ) dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (8) diatas dengan mengambil nilai SF sesuai jenis konstruksi yang direncanakan.

#### 4. KESIMPULAN

1. Kapasitas dukung tanah dapat diperoleh dengan menggunakan data uji CPT/sondir sebagai acuan untuk mendesain pondasi dangkal dan pondasi dalam (tiang pancang) dan lainnya.
2. Hasil hitungan kapasitas dukung pondasi ( $q_u$ ) lokasi Bandara Sultan

Babullah Kota Ternate dengan mengacu pada persamaan Schmertmann (1978) masing-masing lajur memanjang dan bujur sangkar sebesar  $16,474 \text{ kg/cm}^2$  dan  $28,051 \text{ kg/cm}^2$ .

Hasil hitungan data pemeriksaan CPT untuk  $q_{c1}$  mengacu pada  $L + 0,7B$  sampai  $L + 4B$  dan  $q_{c2}$  dengan  $L$  sampai  $L - 8B$  yang variasi nilai  $q_{bu}$  dipengaruhi oleh kedalaman tanah keras/panjang tiang pancang rencana

#### DAFTAR PUSTAKA

- Cheung K., 1998. *Design of Deep Foundation. US Army Corps og Engineers.* Washington.
- Coduto, D.P., 1994. *Foundation Design Principles and Practices.* Prentice Hall International Inc. New Jarsey. USA.
- Das, B.M., 1999. *Principles of Foundation Engineering.* 4th Edition. PWS Publishing. California. USA.
- Hardiyatmo, H.C., 2002. *Teknik Pondasi II.* Edisi Pertama. Gadjah Mada University Press. Jurusan Sipil Fakultas Teknik UGM. Yogyakarta.