

## EVALUASI PENURUNAN GEDUNG DAN METODE PERBAIKANNYA (STUDI KASUS: KANTOR POS BALIKPAPAN)

Yudi Pranoto<sup>1</sup>, Riza Setiabudi<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Sipil POLNES, Kampus Gunung Lipan Samarinda

E-mail: <sup>1</sup>pranoto\_yudi@yahoo.co.id, <sup>2</sup>riza\_sbk\_70@yahoo.co.id

**Abstrak** -- Kantor Pos Pusat Balikpapan berlantai 3, dibangun tahun 1994 dan diresmikan penggunaannya tahun 1995. Seiring dengan berjalannya waktu gedung tersebut mengalami penurunan (konsolidasi) sehingga mengalami kerusakan baik struktural maupun arsitektural. Oleh karena itu, diperlukan analisa struktur untuk menentukan metode yang tepat untuk dilakukan perbaikan pada gedung tersebut. Penelitian ini diawali dengan pengumpulan data sekunder, rekapitulasi kondisi gedung, pengujian NDT (Non Destructive Test) dan DT (Destructive Test) serta pengujian laboratorium. Pengujian NDT terdiri dari pengujian hammer test dan rebar detector, sedangkan pengujian DT sondir dan boring. Pengujian di laboratorium sendiri adalah pengujian tanah. Dari hasil pengujian yang dilakukan tersebut kemudian dilakukan analisis untuk menentukan metode perbaikan pada gedung tersebut. Dari hasil analisa dapat disimpulkan bahwa Penyebab utama penurunan gedung disebabkan karena tidak adanya pondasi dalam. Struktur utama gedung tersebut masih mampu menahan beban yang ada. Gedung kantor pos balikpapan harus segera dilakukan perkuatan pada pondasi gedung tersebut, Metode perbaikan dilakukan dengan memasang borepile disekitar gedung tersebut kemudian menyatukan dengan gedung utama.

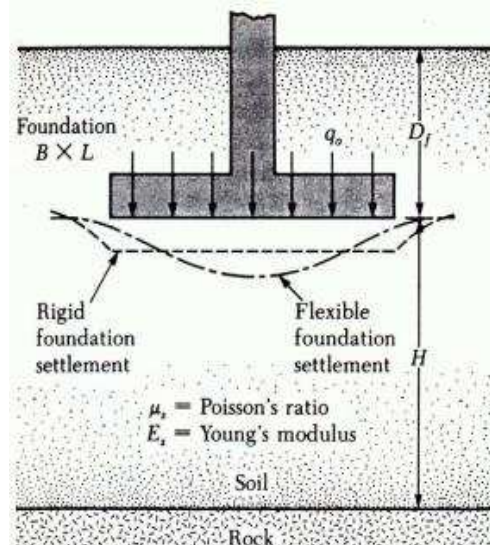
**Kata kunci:** Metode Perbaikan; Non Destructive Test; Destructive Test, Kantor Pos Balikpapan

### 1. PENDAHULUAN

Kuat dan aman merupakan syarat mutlak berdirinya suatu konstruksi. Semua konstruksi yang direncanakan akan ditopang oleh tanah. Meneruskan beban struktur yang ada di atas muka tanah dan gaya – gaya lain yang bekerja ke tanah pendukung bangunan, merupakan fungsi utama dari struktur bangunan yang biasanya disebut pondasi. Menurut Bowles (1983) pondasi dapat didefinisikan sebagai bagian bawah bangunan tanah dan daerah tanah dan/ atau batuan yang berdekatan yang akan di pengaruhi oleh kedua elemen bagian bangunan bawah tanah dan beban – bebannya. Untuk itu jenis tanah dengan segala sifat teknis tanah merupakan faktor penting yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan suatu pondasi agar tidak terjadi kegagalan konstruksi pada suatu bangunan. Salah satu kegagalan konstruksi yang sangat sering terjadi adalah penurunan tanah yang disebabkan karena proses konsolidasi. Konsolidasi adalah proses berkurangnya volume atau berkurangnya rongga pori dari tanah jenuh berpermeabilitas rendah akibat pembebanan, dimana prosesnya dipengaruhi oleh kecepatan terperasnya air keluar dari rongga tanah (Hardiyatmo, 2007).

Kegagalan konstruksi tersebut di atas yang terjadi pada Bangunan Kantor Pos pusat Balikpapan. Bangunan Kantor Pos pusat Balikpapan yang terdiri dari dua segmen, yaitu segmen 1 dan 2. Segmen/section 1 adalah bangunan yang mengalami penurunan sedangkan segmen 2 adalah bangunan induk. Penurunan yang terjadi pada bangunan

tersebut merupakan penurunan setempat (*differential settlement*).



Gambar 1. Pola Penurunan Segera pada Pondasi

### 2. LANDASAN TEORI

#### 2.1 Penurunan Tanah

Jika suatu lapisan tanah dibebani, maka tanah akan mengalami regangan atau penurunan (*settlement*), atau boleh dikatakan tanah yang mengalami tegangan akan mengalami regangan dalam tanah tersebut. Pada tanah berbutir halus yang berada dibawah muka air tanah terjadi penurunan konsolidasi (*consolidation settlement*). Penurunan yang terjadi memerlukan

waktu yang lama. Penurunan tanah merupakan peristiwa termampatnya suatu lapisan tanah, dapat dikarenakan karena beban luar atau pemompaan air. Jenis penurunan ada beberapa:

**a) Penurunan Segera (*Immediate Settlement*);  $S_e$**

- Merupakan penurunan yang terjadi seketika pada saat pembebanan terjadi atau dalam jangka waktu yang pendek
- Terjadi karena sifat elastisitas tanah
- Pada tanah lempung umumnya sangat kecil jika dibandingkan dengan penurunan konsolidasi sehingga seringkali diabaikan.

**b) Penurunan Konsolidasi;  $S_c$**

Saat tanah lunak ompresif (lempung) menerima beban maka sebagian besar beban dipikul oleh air tanah sehingga timbul tegangan air pori berlebih. Konsolidasi adalah proses terdispasinya tegangan air pori berlebih ini seiring dengan berjalannya waktu.

Penurunan konsolidasi dapat berupa *normal consolidation* ataupun *over consolidation*. *Normal consolidation* adalah tanah dasar dalam kondisi alamiah (belum mengalami pembebanan sebelumnya) sedangkan *over consolidation* adalah tanah dasar sudah pernah dibebani/terkena beban sebelumnya.

- *Normal consolidation*

$$P_c = P_o \text{ atau } \frac{P_c}{P_o} = 1$$

$$S_c = \frac{Cc}{1+e_o} Hc \cdot \log \frac{P_o + \Delta p}{P_o} \quad (1)$$

- *Over consolidation*

$$P_o + \Delta p < P_c$$

$$P_o < P_c < P_o + \Delta p \quad (2)$$

Dimana:

- $e_o$  = angka pori awal yang didapat dari indeks test
- $C_c$  = indeks kompresi, didapat dari percobaan konsolidasi
- $C_s$  = indeks swelling, didapat dari percobaan konsolidasi
- $p_c$  = tegangan prakonsolidasi, didapat dari percobaan konsolidasi
- $p_o = \sum \gamma' \cdot z$
- $\Delta p$  = tegangan akibat beban luar dihitung melalui metode boussinesq, Westergaard atau Newmark

**c) Penurunan Sekunder (Rangak);  $S_s$**

Penurunan sekunder terjadi sesudah penurunan konsolidasi terjadi, didefinisikan sebagai penyesuaian kerangka tanah sesudah tekanan pori yang berlebih menghilang. Penurunan sekunder tergantung pada waktu dan dapat berlangsung dalam waktu yang lama.

$$S_s = \frac{Ca}{1+e_p} Hc \cdot \log \frac{t_p + \Delta t}{t_p} \quad (3)$$

Dimana:

- $e_p$  = angka pori pada saat konsolidasi primer selesai
- $t_p$  = waktu ketika konsolidasi primer selesai
- $\Delta t$  = pertambahan waktu
- $t_2 = t_p + \Delta t$

$$S = S_e + S_c + S_s \quad (4)$$

Beberapa penyebab terjadinya penurunan akibat pembebanan yang bekerja diatas tanah antara lain:

- Kegagalan atau keruntuhan geser akibat terlampauinya kapasitas dukung tanah,
- Kerusakan atau terjadi defleksi yang besar pada pondasi,
- Distorsi geser (*shear distorsion*) dari tanah pendukungnya,
- Turunnya tanah akibat perubahan angka pori

## 2.2 Penurunan Bangunan

Penurunan bangunan di bagian belakang gedung adalah permasalahan pokok dalam kasus ini. Beberapa kajian teoritis di dalam literatur menyebutkan penurunan pada bangunan dapat terjadi setempat, sebagian atau secara keseluruhan dan dapat diakibatkan oleh beberapa faktor sebagai berikut:

**a) Penurunan yang merata (*Uniform Settlement*)**

Tanah di suatu lokasi mempunyai kepadatan tertentu yang tergantung pada jenis tanah dan kandungan air yang ada di dalam tanah atau air di lingkungannya. Tanah akan berubah kepadatannya bila mengalami pembebanan atau dengan kata lain tanah akan terkonsolidasi. Bila tanah memiliki sifat yang seragam, maka akan menghasilkan penurunan akibat terkonsolidasi dengan besaran yang sama atau seragam. Kondisi ini tidak akan mempengaruhi stabilitas struktur, hanya bila besaran penurunan tidak diperhitungkan akan dapat mempengaruhi penampilan bangunan dari segi arsitektur.

**b) Penurunan yang tidak merata (*Differential Settlement*)**

Penurunan yang tidak merata dapat terjadi bila sifat tanah di bawah bangunan tidak homogen, baik akibat proses pembentukannya secara alamiah ataupun akibat proses galian dan timbunan (*cut and fill*), dan reklamasi. Kondisi ini akan sangat berbahaya bila menggunakan pondasi langsung yang tidak mencapai tanah asli/ tanah keras, atau penggunaan tiang pancang yang hanya memperhitungkan kemampuan lekatannya (*friction tipe*) saja, karena pemancangan tiang

tidak mencapai tanah keras. Tiang dipancang disamping kemampuan lekatannya, kemampuan daya dukung ujung tiang (*end bearing tipe*) juga turut diperhitungkan. Dengan demikian untuk kondisi sifat tanah yang tidak homogen, komponen pondasi harus dipasang hingga mencapai tanah keras, baik pada pondasi langsung maupun tidak langsung. Bila terjadi proses penurunan yang tidak merata, akan timbul tegangan ekstra pada komponen bangunan atas maupun bangunan bawah. Bila tegangan yang timbul melampaui tegangan ijin, maka komponen bangunan mengalami retakan atau patah, tergantung pada besaran tegangan yang dilampaui.

### c) Liquefaksi (*Liquifaction*)

Penurunan bangunan gedung kantor pos Balikpapan hampir pasti tidak berkaitan dengan liquefaksi karena kerusakan gedung tidak disebabkan oleh gempa. Kerusakan liquefaksi merupakan pengaruh ikutan peristiwa gempa sebagaimana gelombang tsunami. Phenomena ini biasanya terjadi bila gempa terjadi dengan besaran intensitas lebih besar dari pada 7 Skala Richter. Liquefaksi adalah peristiwa dimana tanah di bawah bangunan berubah menjadi bubur akibat terlampaunya tegangan air tanah ketika gempa terjadi. Tanah yang mengalami liquefaksi biasanya adalah tanah berpasir dengan gradasi butiran yang halus dan seragam.

## 2.3 Kerusakan Komponen Tiang Pancang

Kerusakan pada komponen tiang pancang dapat dimulai pada saat pelaksanaan. Kerusakan tiang pancang paling sulit diketahui karena tertanam dalam tanah sehingga tidak dapat terlihat secara kasat mata. Bangunan yang didirikan di atas tanah lunak memerlukan tiang yang panjangnya lebih dari satu buah tiang untuk satu titik pemancangan sehingga memerlukan penyambungan antar tiang. Kualitas sambungan yang tidak baik, dapat mengakibatkan rusaknya tiang. Konstruksi kepala tiang dan mutu beton yang kurang memenuhi persyaratan dapat mengakibatkan retakan pada tiang. Kondisi ini sering ditemui pada komponen tiang yang dicetak di lapangan (*cast insitu*). Akibat gempa, sering mengakibatkan patahnya tiang akibat kegagalan dalam menerima gaya geser dan momen pada kepala tiang. Kerusakan lebih diperburuk lagi akibat beban tumpukan (*punching*) dari getaran gempa dalam arah vertikal, sehingga memperbesar pengaruh gaya aksial (gaya gravitasi) yang diterima oleh tiang.

Pengaruh gempa memberikan fenomena yang menarik, bila bangunan berdiri di atas tanah lepas (*loose land*) dengan gradasi butiran dan

besaran (*magnitude*) gempa tertentu. Pada kondisi ini tanah akan mencair / mendidih (*boiled*) akibat tekanan air pori yang tinggi sehingga tanah kehilangan sifat aslinya dan kehilangan daya dukungnya. Akibatnya daya lekatan dan daya dukung tanah menjadi hilang. Bila sifat tanah adalah homogeny, bangunan akan mengalami ambles, dan bila tidak seragam akan mengalami guling. Pada kondisi ini biasanya komponen bangunan atas tidak mengalami kerusakan yang berarti, namun bangunan tidak dapat lagi dipergunakan.

Fenomena gempa lain yang menarik adalah bila gempa dengan besaran tertentu dan pusat gempa terjadi di laut, biasanya akan mengakibatkan timbulnya gelombang besar (*tidal wave/ tsunami*). Tsunami akan menimbulkan gerusan setempat (*local scouring*) pada tanah di sekitar bangunan dan merusak pondasi. Kerusakan pada tiang sering terjadi akibat kesalahan dalam proses pemotongan sisa ujung tiang dengan cara yang tidak memenuhi persyaratan.

### a) Kerusakan tiang pancang baja

Bahan baja sangat rentan terhadap korosi, terutama bila terpengaruh larutan yang reaktif, seperti air laut dan bahan cairan buangan industri yang mengandung bahan kimia. Selain itu kondisi lingkungan laut atau pegunungan yang mengandung udara garam atau belerang juga merupakan penyebab terjadinya korosi. Korosi sebenarnya dapat dicegah bila bahan baja terlindung dari pengaruh oksigen. Komponen baja pada bangunan bawah, biasanya adalah tiang pancang, baik yang menggunakan tiang baja atau tiang beton bertulang, serta komponen sloop.

Untuk memberikan perlindungan komponen baja pada bangunan bawah dapat dilakukan dengan menggunakan bahan yang tahan karat atau diberi perlindungan yang dapat diperbaharui seperti perlindungan katoda (*catodic protection*)

### b) Kerusakan tiang pancang beton

Kerusakan pada tiang pancang dapat dimulai pada saat pelaksanaan antara lain akibat kualitas beton yang digunakan kurang baik atau penggunaan drop hammer yang kurang tepat. Penyebab lain adalah cara pemotongan yang kurang baik, dimana pemotongan dilakukan secara manual, sehingga dinding tiang yang terlalu tipis tidak mampu menahan beban pukulan yang terjadi. Seharusnya pemotongan dilakukan dengan alat khusus untuk pemotong tiang, menahan beban geser maupun beban aksial yang terlalu besar dapat mengakibatkan tiang pancang mengalami keruntuhan.

### c) Kerusakan pondasi dari bahan beton

Sebagaimana halnya bahan beton, kerusakan

pada pondasi dapat terjadi pada saat pelaksanaan. Kualitas bahan yang rendah, cetakan yang kurang baik, kurang sempurnanya pemadatan dan pemeliharaan, merupakan penyumbang terbesar pengaruh kerusakan yang mungkin terjadi.

Bila massa pondasi terlalu besar, masalah tegangan thermal akibat pelepasan panas hidrasi ketika beton mengeras juga banyak ditemui sebagai penyebab kerusakan pada komponen ini.

## 2.4 Tingkat Kerusakan

Pengklasifikasian tingkat kerusakan bangunan dapat ditentukan dengan cepat berdasarkan penurunan (*settlement*), kemiringan/ inklinasi, dan tingkat kerusakan komponen bangunan seperti yang ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kriteria Peringkat Kerusakan Komponen Struktur Beton dan Beton Pracetak (Sjafei Amri, 2006).

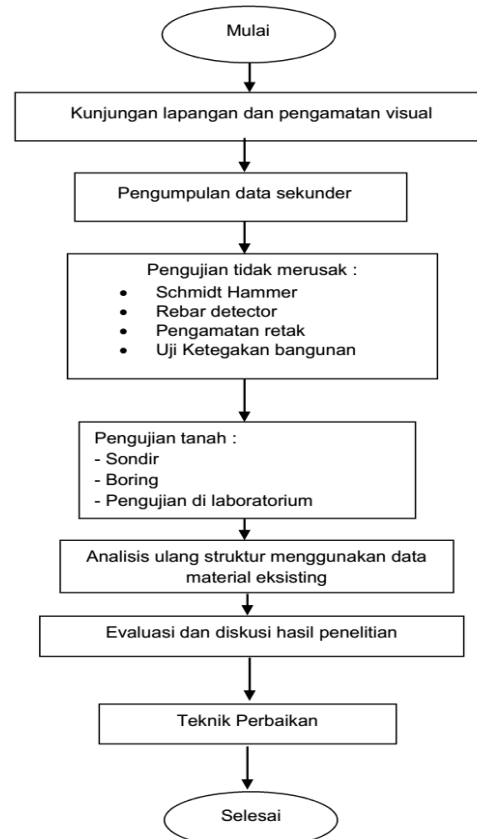
Tingkat	Deskripsi Kerusakan Komponen Struktur
I	Retak rambut di permukaan beton terlihat dari jarak tidak terlalu jauh (lebar retakan < 0.2 mm)
II	Retakan di permukaan beton terlihat dengan mata telanjang (lebar retakan kira-kira 0.2 – 1.0 mm)
III	<ul style="list-style-type: none"> <li>Selimit beton hancur di sebagian tempat</li> <li>Retakan besar meluas (lebar retakan E1 – 2 mm)</li> </ul>
IV	<ul style="list-style-type: none"> <li>Selimit beton hancur dalam jumlah besar dan baja tulangan terlihat</li> <li>Selimit beton meletus (spalling)</li> </ul>
V	<ul style="list-style-type: none"> <li>Baja tulangan tertekuk</li> <li>Beton pada inti penampang hancur</li> <li>Deformasi pada kolom dan dinding terlihat</li> <li>Settlement dan / atau inklinasi pada lantai terlihat</li> </ul>

Tabel 2. Pengklasifikasian Kerusakan (Sjafei Amri, 2006)

No	Uraian	Kecil	Sedang	Berat	Runtuh/ Guling
1	Berdasarkan nilai settlement bangunan	$S < 0,2$ m	$0,2 < S < 1$ m	$1 < S$	-
2	Berdasarkan inklinasi bangunan	$\theta < 1/100$ rad	$1/100 \text{ rad} < \theta < 3/100$	$3/100 \text{ rad} < \theta < 6/100$	$6/100 \text{ rad} < \theta$
3	Berdasarkan kerusakan komponen struktur	$D < 5$	$5 < D < 10$	$10 < D < 50$	$D < 50 < D$

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan-tahapan dari penyelidikan yang telah diuraikan di atas dapat dijelaskan dengan diagram alir pada Gambar 2 di bawah ini.



Gambar 2. Flowchart Penelitian

## 4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Survei Pendahuluan

#### a) Pengumpulan data sekunder

Dalam tahapan ini peneliti mengumpulkan data sekunder terutama gambar as built drawing kondisi eksisting bangunan, tes tanah pada saat gedung belum dibangun dan data lain seperti hasil uji tekan beton dan tarik baja serta spesifikasi teknis material.

Gambar inilah yang kemudian dipergunakan sebagai acuan untuk analisa perhitungan struktur kondisi gedung. Dari gambar as built drawing diperoleh dimensi baik balok, kolom, plat, pondasi dan lain sebagainya (Tabel 3).

Tabel 3. Rekapitulasi ukuran dari gambar as built drawing dan pengukuran langsung di lapangan

No	Item (Lantai 1, 2 dan 3)	Dimensi (cm)	Keterangan
1	Pondasi	Pondasi Dangkal Ukuran 200 x 200	Tidak ada pondasi dalam
2	Sloof	35 x 50	
3	Balok	40 x 50	
4	Kolom	60 x 60	
5	Plat	12	

### b) Pengujian tidak merusak (*Non destructive test*)

Pengujian non destructive yang dimaksud adalah hammer test dan rebar detector untuk mengetahui kuat tekan beton kondisi gedung sekarang dan penulangan pada balok, kolom dan plat. Dari hasil pengujian didapat kuat tekan rata rata 283,67 kg/cm<sup>2</sup>.

### c) Pengujian tanah

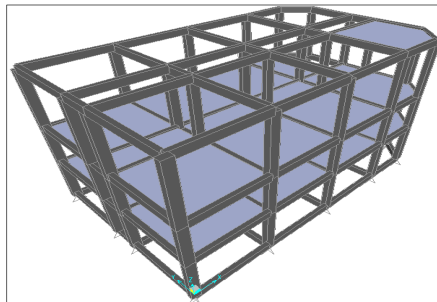
Pengujian yang dilakukan adalah pengujian di lokasi gedung langsung yang terdiri dari sondir dan boring. Kemudian pengujian di laboratorium yang terdiri dari pengujian geser langsung, berat jenis, kadar air, bobot isi dll. Dari hasil sondir dan boring diperoleh data sebagai berikut:

- Tanah merupakan tanah pasir
- Kedalaman tanah keras pada kedalaman 20 meter.

## 4.2 Analisa Struktur kondisi eksisting

### a) Analisis struktur atas

Dari data yang diperoleh baik data sekunder maupun data sekunder kemudian dilakukan analisa terhadap kondisi struktur yang ada. Analisa struktur menggunakan program bantu SAP 2000.



Gambar 3. Pemodelan Gedung menggunakan SAP 2000

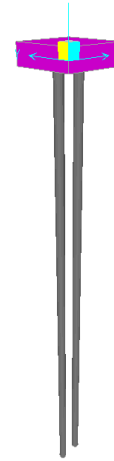
Dari hasil analisa SAP 200 didapatkan bahwa struktur atas masih mampu menahan beban yang ada, baik beban hidup, mati maupun angin.

### b) Analisis struktur bawah

Dari hasil perhitungan pondasi dengan data awal yang ada disimpulkan bahwa pondasi tidak mampu menahan beban yang ada. Hal inilah yang mengakibatkan gedung mengalami penurunan.

### c) Rencana perbaikan

Banyak metode yang dapat dilakukan untuk melakukan perbaikan terhadap gedung yang mengalami penurunan. Namun dalam penelitian ini peneliti akan menggunakan bor pile untuk perbaikan gedung agar gedung tidak mengalami penurunan lebih lanjut.



Gambar 4. Pemodelan Pondasi menggunakan SAP 2000.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan kajian gedung kantor pos balikpapan dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Penyebab utama penurunan gedung disebabkan karena tidak adanya pondasi dalam pada gedung tersebut,
- 2) Gedung kantor pos balikpapan harus segera dilakukan perkuatan pada pondasi gedung tersebut,
- 3) Metode perbaikan dilakukan dengan memasang borepile disekitar gedung tersebut kemudian menyatukan dengan gedung utama.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Bowles J.E, 1979, Foundation Analysis and Design, Fifth Edition. New York: The McGraw – Hill Companies, Inc.
- [2]. Bowles, J.E. (1983), Alih Bahasa Ir.Johan Kelana Putra Edisi Kedua, Sifat-Sifat Fisis Dan Geoteknis Tanah, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [3]. Craig, R.F. (1991), Mekanika Tanah. Diterjemahkan oleh Budi Susilo. Penerbit Erlangga, Jakarta.
- [4]. Das Braja M, 1995, Mekanika Tanah Jilid 2.Surabaya: Penerbit Erlangga.
- [5]. Das Braja M, 1998, Principles of Foundation Engineering. California: PWS Publishing.
- [6]. Hardiyatmo C, Hary, 2007, Teknik Pondasi 1, Yogyakarta: Penerbit Beta Offset.
- [7]. Irsyam. M., Rekayasa Pondasi, Bandung: ITB
- [8]. Marto, A. dan Othman, B. A., (2011), The Potential use of Bambu as Green Material for Soft Clay Reinforcement System. International Conference on Environment Science and Engineering IPCBEE vol.8. IACSIT Press, Singapore, pp. 124-143.
- [9]. Rahardjo, P. P. dan Handoko S.G., 2005,

- Manual Pondasi Tiang, Jilid 3, Bandung:GEC
- [10]. Sardjono, H. S., 1988, Pondasi Tiang Pancang, Jilid 1, Surabaya: Sinar Jaya Wijaya
- [11]. Sardjono, H. S., 1988, Pondasi Tiang Pancang, Jilid 2, Surabaya: Sinar Jaya Wijaya
- [12]. Titi, H. H. dan Farsakh, M. A. Y., 1999, Evaluation of Bearing Capacity of Piles from Cone Penetration Test, Louisiana Transportation Research Center