

**EVALUASI STRUKTUR BAWAH PADA PROYEK PEMBANGUNAN RUMAH  
SUSUN PASPAMPRES JAKARTA PUSAT**

Oleh :

Samuali Hulu <sup>1)</sup>

Ivan Ewaldo Laian <sup>2)</sup>

Masriani Endayanti <sup>3)</sup>

Janner Napitupulu <sup>4)</sup>

Universitas Darma Agung, Medan <sup>1,2,3,4)</sup>

E-mail:

[Samuelihulu1999@gmail.com](mailto:Samuelihulu1999@gmail.com) <sup>1)</sup>

[ewaldoivanlaian@gmail.com](mailto:ewaldoivanlaian@gmail.com) <sup>2)</sup>

[endayanti@gmail.com](mailto:endayanti@gmail.com) <sup>3)</sup>

[Janermh@gmail.com](mailto:Janermh@gmail.com) <sup>4)</sup>

**History Jurnal Ilmiah Teknik Sipil:**

Received : 25 November 2021

Revised : 10 Desember 2021

Accepted: 23 Januari 2022

Published: 25 Februari 2022

**Publisher:** LPPM Universitas Darma Agung

**Licensed:** This work is licensed under

<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0>



**ABSTARCT**

*Bored pile foundation is a deep foundation that functions to carry and hold the load working on it and then distribute it to the hard soil layer. Bored pile begins with a hole in the soil first to the required depth. Then the installation of iron reinforcement is followed by concrete casting. The purpose of this final project is to calculate the carrying capacity of the bored pile foundation ( $Q_{ult}$ ) with the Mayerhoff Method based on CPT (Cone Penetration Test) data, calculate the carrying capacity of the pile group ( $Q_{gu}$ ), calculate the structural load borne by the foundation and calculate the dimensions and reinforcement of the Tie Beams. Based on the calculation of the carrying capacity of the single pile foundation at the point (S-01) with a depth of 12 m, the ultimate bearing capacity ( $Q_{ult}$ ) of single piles is 731.82 tons and the allowable carrying capacity ( $Q_{ga}$ ) is 181.10 tons. Based on the bearing capacity of the pile group foundation, the ultimate bearing capacity value of the pile group ( $Q_{gu}$ ), namely (PC-6) = 3152,680 Tons, and the value of the permit bearing capacity of the pile group ( $Q_{ga}$ ), namely (PC-6) = 780,178 Tons.*

**Keywords :** *Bored Pile, Pile bearing capacity, Tie Beam*

**ABSTRAK**

*Pondasi bored pile adalah pondasi yang tergolong dalam yang berfungsi untuk memikul dan menahan beban yang bekerja di atasnya dan kemudian menyalurkannya ke lapisan tanah keras. Bored pile dimulai dengan melubangi tanah terlebih dahulu sampai kedalaman yang dibutuhkan. Kemudian pemasangan tulangan besi dilanjutkan dengan pengecoran beton. Tujuan dari tugas akhir ini untuk menghitung daya dukung pondasi tiang bored pile ( $Q_{ult}$ ) dengan Metode Mayerhoff berdasarkan data CPT (Cone Penetration Test), menghitung daya dukung kelompok tiang ( $Q_{gu}$ ), menghitung beban struktur yang dipikul oleh pondasi dan menghitung dimensi dan penulangan Tie Beam. Berdasarkan hasil perhitungan daya dukung pondasi tiang tunggal pada titik (S-01) dengan kedalaman 12 m didapat nilai daya dukung ultimit ( $Q_{ult}$ ) tiang pancang tunggal sebesar 731,82 Ton dan daya dukung ijin ( $Q_{ga}$ ) sebesar 181,10 Ton. Berdasarkan daya dukung pondasi tiang kelompok, diperoleh nilai daya dukung*

ultimit kelompok tiang ( $Q_{gu}$ ), yaitu ( $PC-6$ ) = 3152,680 Ton, serta nilai daya dukung ijin kelompok tiang ( $Q_{ga}$ ), yaitu ( $PC-6$ ) = 780,178 Ton.

**Kata kunci : Bored Pile, Daya dukung tiang, Tie Beam**

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Struktur bawah adalah seluruh bagian struktur gedung atau bangunan yang berada dibawah permukaan tanah. Struktur bawah mempunyai peranan yang sangat penting bagi sebuah sistem struktur. Struktur bawah memikul beban-beban dari struktur di atasnya sehingga struktur bawah tidak boleh runtuh terlebih dahulu dari struktur atas. Pondasi adalah struktur bawah dari suatu konstruksi baik itu gedung, jembatan, jalan raya, dinding penahan tanah, menara, tanggul dan sebagainya. Pondasi berfungsi menahan beban vertikal dan horizontal akibat bangunan di atasnya.

Secara umum pondasi dapat dibagi dalam dua jenis, yaitu pondasi dangkal dan pondasi dalam. Pemilihan jenis pondasi ini dilihat dari beban yang akan dipikul yang berasal dari struktur atas, yaitu beban ringan atau beban berat dan juga dilihat dari jenis tanahnya. Pondasi dalam yang sering digunakan untuk suatu konstruksi adalah pondasi tiang pancang dan pondasi *bored pile*. Kedua pondasi ini memiliki keunggulannya masing-masing yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan di dalam perencanaan dan pelaksanaan suatu konstruksi.

gaya lateral. Selain itu tiang pancang ini juga dapat membantu mengurangi tekanan pada bangunan atas, dan juga dapat menyesuaikan beban bangunan serta kontur dari tanah yang ada disekeliling bangunan.

perkotaan seperti Jakarta Pusat yang jumlah penduduknya terus meningkat setiap tahunnya. Oleh karena itu, pemerintah bertanggung jawab menyediakan dan memberikan kemudahan perolehan rumah bagi masyarakat melalui penyelenggaraan perumahan dan kawasan

Suatu bangunan gedung beton bertulang yang berlantai banyak sangat rawan terhadap keruntuhan jika tidak direncanakan dengan baik. Oleh karena itu, diperlukan suatu perencanaan struktur yang tepat dan teliti agar dapat memenuhi kriteria kekuatan (*strength*), kenyamanan (*serviceability*), keselamatan (*safety*), dan umur rencana bangunan (*durability*). Beban-beban yang bekerja pada struktur seperti beban mati (*dead load*), beban hidup (*live load*), beban gempa (*earthquake*), dan beban angin (*wind load*) menjadi bahan perhitungan awal dalam perencanaan struktur untuk mendapatkan besar dan arah gaya-gaya yang bekerja pada setiap komponen struktur, kemudian dapat dilakukan analisis struktur untuk mengetahui besarnya kapasitas penampang dan tulangan yang dibutuhkan oleh masing-masing struktur.

Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Paspampres Jakarta Pusat, pondasi yang digunakan adalah pondasi *bored pile*. Pondasi *bored pile* adalah salah jenis pondasi yang digunakan untuk menahan beban konstruksi dari permukaan tanah ke dalam tanah melalui lapisan tanah. Pondasi ini memiliki kemampuan untuk mengirim gaya vertikal serta

Pembangunan rumah susun merupakan salah satu alternatif pemecahan masalah kebutuhan perumahan dan permukiman terutama didaerah

tempat permukiman. Tempat tinggal mempunyai peran strategis dalam pembentukan watak dan kepribadian bangsa, serta sebagai salah satu upaya membangun manusia Indonesia seutuhnya, berjiwa berbudaya, mandiri dan produktif.

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan diatas maka disusunlah tugas akhir ini yang berjudul :**“Evaluasi Struktur Bawah Pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Paspampres Jakarta Pusat”**, yang

### 1.2 Rumusan Masalah

Dengan memperlihatkan latar belakang sebagaimana disajikan di atas, maka permasalahan yang diperlukan untuk kajian adalah :

1. Menghitung daya dukung tiang *bored pile* pada proyek Pembangunan Rumah Susun Paspampres Jakarta Pusat dari data Cone Penetration Test.
2. Menghitung efisiensi kelompok tiang *bored pile* berdasarkan *Metode Converse – Labarre*.
3. Menghitung beban struktur yang dipikul oleh pondasi.
4. Menghitung dimensi dan penulangan Tie Beam.

### 1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari pembahasan ini adalah :

1. Memperoleh daya dukung tanah berdasarkan data Cone Penetration Test
2. Mendapat hasil efisiensi kelompok pondasi tiang pancang pada proyek Pembangunan Rumah Susun Paspampres Jakarta Pusat.

dukung tanahnya. Namun apabila kekuatan tanah dilampaui, maka penurunan yang berlebihan atau keruntuhan dari tanah akan terjadi. Oleh karena itu, sebelum

terdiri dari 11 lantai dengan menggunakan pondasi bored pile. Pondasi ini berdiameter 80 cm dan dibuat sampai kedalaman 30 meter.

3. Mengetahui beban struktur yang dipikul oleh pondasi.
4. Mengetahui dimensi dan penulangan Tie Beam.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanah

Tanah merupakan material yang terdiri dari agregat (butiran) mineral-mineral padat yang tidak tersementasi (terikat secara kimia) satu sama lain dan dari bahan-bahan organik yang telah melapuk yang berpartikel padat disertai dengan zat cair dan gas yang mengisi ruang-ruang kosong diantara partikel-partikel padat tersebut.

Suatu konstruksi atau bangunan dapat berdiri dengan kokoh bila ditunjang dengan daya dukung tanah yang memenuhi syarat keamanan. Beban dari suatu konstruksi akan diteruskan ke tanah melalui pondasi bangunan. Apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan daya dukung tanah maka tanah tersebut aman terhadap daya

membangun suatu konstruksi perlu direncanakan suatu pondasi disertai dengan evaluasi daya dukung tanah dasar pondasinya.

Nama Golongan	Ukuran Butiran (mm)			
	Kerikil	Pasir	Lanau	Lempung
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	>2	2 - 0,06	0,06 - 0,002	<0,002
U.S. Department of Agriculture (USDA)	>2	2 - 0,05	0,05 - 0,002	<0,002
America Association of State Higway and Transportation Official (AASHTO)	76,2 – 2	2 - 0,075	0,075 - 0,002	<0,002
Unifield Soil Classification System (U.S. Army Corps of Engineers, U.S. Bureau of Reclamation)	76,2 - 4,75	4,75 - 0,075	Halus (yaitu lanau dan lempung) <0,0075	

Tanah berfungsi sebagai pendukung pondasi dari bangunan. Ukuran dan

partikel tanah sangat beragam dan bervariasi. Tanah umumnya digolongkan

ke dalam macam pokok yaitu kerikil (*gravel*), pasir (*sand*), lanau (*silt*), dan

lempung (*clay*).

## 2.2 Pondasi

Pondasi adalah konstruksi yang paling terpenting pada suatu bangunan. Karena pondasi berfungsi sebagai penahan seluruh beban yang di akibatkan oleh beban struktur sendiri ataupun beban gaya yang berasal dari luar. Pondasi merupakan bagian dari struktur yang berfungsi meneruskan beban menuju lapisan tanah pendukung di bawahnya. Dalam struktur apapun, beban yang terjadi baik yang di sebabkan oleh berat sendiri ataupun akibat beban rencana harus di salurkan ke dalam suatu lapisan pendukung dalam hal ini adalah tanah yang ada di bawah struktur tersebut.

Bentuk pondasi ditentukan oleh berat bangunan dan keadaan tanah di sekitar bangunan, sedangkan kedalaman pondasi ditentukan oleh letak tanah padat yang mendukung pondasi. Dalam perencanaan suatu pondasi, pondasi dikatakan aman apabila beban yang diteruskan oleh pondasi ke tanah tidak melampaui kekuatan tanah tersebut. Apabila kekuatan tanah melampaui maka pondasi akan mengalami keruntuhan sehingga menyebabkan kerusakan pada konstruksi yang berada di atas pondasi tersebut.

## 3. METODE PELAKSANAAN

### 3.1 Pondasi Bored Pile

Pondasi bored pile adalah pondasi yang dipasang dengan cara mengebor tanah dengan diameter tertentu hingga mencapai kedalaman yang sudah ditentukan, kemudian tulangan baja yang dirakit dimasukkan ke dalam lubang bor tersebut dan dilanjutkan dengan pengisian agregat material beton ke dalam lubang.

#### A. Pengeboran Tiang Bored Pile

Pada pekerjaan bored pile perencanaan dan sistem kerja atau cara kerja dan alat yang dipakai yaitu pelaksanaan pekerjaan bored pile.

### 1. Tahap Persiapan

Sebelum melaksanakan pekerjaan bored pile, terlebih dahulu dilakukan tahapan persiapan. Persiapan yang dimaksud adalah persiapan peralatan beserta alat-alat berat dan persiapan bahan atau material yang akan dipakai.

### 2. Tahap Pelaksanaan

Pondasi bored pile adalah jenis pondasi dalam yang berbentuk tabung, berfungsi meneruskan beban struktur bangunan diatasnya dari permukaan tanah sampai lapisan tanah keras dibawahnya. Pondasi bored pile memiliki fungsi yang sama dengan pondasi tiang pancang atau pondasi dalam lainnya. Pondasi ini sangat cocok apabila digunakan pada tempat-tempat yang padat oleh bangunan-bangunan, karena tidak terlalu bising dan getarannya tidak menimbulkan dampak negatif terhadap bangunan disekelilingnya. Namun pembuatan pondasi tiang bored pile ini memerlukan peralatan yang besar, sehingga hanya digunakan pada proyek-proyek yang besar saja.

Adapun tahap pelaksanaan pekerjaan bored pile ini meliputi, pengukuran, pengeboran, penulangan dan pengecoran.

#### a. Pekerjaan Pengukuran

Pekerjaan pengukuran ini ditunjukkan untuk menentukan elevasi pengeboran atau penentuan ukuran bored pile. Acuan dalam pekerjaan pengukuran ini adalah gambar rencana atau *show drawing* dan Rencana Kerja dan Syarat-Syarat (RKS).

Pekerjaan ini dilakukan oleh tim surveyor dibantu dengan alat survey. Adapun tahapan pengukuran yaitu sebagai berikut :

1. Mempersiapkan alat survey yang dipakai dan gambar kerja.
2. Setting alat total stasion sampai benar-benar datar, hal itu dapat dilihat dari tabung nivo dan bouble yang terletak ditengah-tengah lingkaran.
3. Masukkan titik koordinat bored pile

- pada alat total stasion yang sudah tertera dari gambar kerja.
4. Letakkan prisma sebagai alat acuan titik koordinat bored pile.
  5. Kemudian bidik prisma dan baca hasil bacaan dari alat total stasion sampai titik bored pile sesuai dengan yang direncanakan pada gambar kerja.
  6. Kemudian tancapkan kayu sebagai patok acuan bored pile.

#### **b. Pekerjaan Pengeboran**

Hal yang perlu diperhatikan dalam pekerjaan pengeboran bored pile salah satunya adalah jenis tanah, level muka air tanah dan kondisi area pengeboran. Adapun tahapan pekerjaan pengeboran adalah sebagai berikut :

##### **a. Persiapan Pengeboran**

Setelah penentuan titik bor, pelaksana dan operator mesin bor melakukan pemeriksaan pada tanah sekitar titik bor untuk kemudian dipasang landasan (plat) untuk tempat berpijak mesin bor. Landasan (plat) juga berfungsi untuk meratakan tanah dan elevasi tanah yang beragam. Sedangkan pada RCD, plat dipasang sebelum alat diletakkan diatas daerah yang akan dibor. Kemudian dilakukan pemindahan mesin bor dan perlengkapan bor seperti *Auger Bucket*, *Cleaning Bucket* dan yang lainnya ke tempat yang telah direncanakan. Setelah itu dilakukan penyesuaian posisi mesin bor agar posisinya horizontal. Untuk mengetahui posisi horizontal tersebut biasanya digunakan waterpass pada bagian *Body Crane* dekat mesin bor.

##### **b. Pengeboran Awal**

Pada tahap pengeboran awal seharusnya mata bor yang digunakan adalah auger dan pengeboran lebih dalam dilanjut dengan *Drilling Bucket*. Namun dengan pertimbangan waktu pergantian *Helical Auger* dengan *Auger Bucket* membutuhkan waktu yang cukup lama, sehingga digunakan langsung *Drilling Bucket* saja dari awal pengeboran. Pengeboran awal ini dilakukan hingga kedalaman 2 meter dan harus dilakukan dengan teliti dan hati-hati.

Lubang yang dibor tidak boleh miring agar didapatkan hasil lubang bor yang sesuai rencana. Operator menggunakan titik bantu yang telah dipersiapkan sebelumnya untuk mengetahui posisi mesin bor sendiri, sehingga ketika badan mesin bor berputar untuk membuang tanah hasil pengeboran, mesin bor dapat kembali ke tempat awal.

##### **c. Pengeboran Lanjutan**

Pengeboran lanjutan sesuai perencanaan pada gambar. Setelah *Temporary Casing* dipasang, kemudian pengeboran dilanjutkan hingga kedalam yang sesuai rencana atau pengeboran hingga mencapai tanah keras.

#### **c. Pekerjaan Penulangan**

Pekerjaan penulangan adalah termasuk pekerjaan yang penting dalam pekerjaan bored pile dimana tulangan yang digunakan harus tulangan yang berkualitas. Adapun tahapan penulangan bored pile adalah sebagai berikut :

- a. Persiapan bahan dan pemotongan baja tulangan utama kokoh utama kolom dan tulangan sengkang berdasarkan dimensi yang telah direncanakan sesuai gambar (*Shop Drawing*).
- b. Merakit tulangan utama dan sengkang kolom serta mengatur jarak sengkang kolom. Pada pekerjaan penulangan ini menggunakan material antara lain sebagai berikut :

1. Tulangan utama menggunakan tulangan ulir D16 dengan jumlah tulangan 8 dengan luas penampang 30 cm x 30 cm.
2. Sengkang menggunakan tulangan polos D10, dengan jarak tumpuan 15 cm.
3. Pengikatan tulangan sengkang D10 dan tulangan D16 dengan kawat bedrat.

- c. Setelah perakitan selesai, tulangan dipindahkan ke dekat lubang bor untuk dimasukkan ke dalam lubang bor menggunakan alat berat, misalnya : excavator.

#### **d. Pekerjaan Pengecoran**

Dalam pekerjaan pengecoran ada beberapa hal yang harus diperhatikan seperti slump beton, pipa tremie diameter dalam 220 mm, waktu pengecoran, pencatatan setiap pengecoran, dan pembuatan slump beton. Adapun langkah-langkah pengecoran adalah sebagai berikut :

- a. Menyiapkan rute jalan masuk untuk truck mixer beton hingga lubang bor yang akan dicor dengan mengacu pada gambar situasi lubang yang telah dibuat sebelumnya.
- b. Persiapan alat yang digunakan untuk pengecoran pun harus dilakukan seperti penyiapan pipa tremie. Supaya beton segar dapat mengalir dengan baik pada lubang bor yang akan dicor, juga persiapan baut pengunci agar saat pengangkatan dan penyambungan pipa tremie lebih efisien waktu.
- c. Pemasangan pipa tremie harus dilakukan dengan teliti dan sedemikian rupa agar mencapai kedalaman tanah yang telah direncanakan. Perlu diperhatikan untuk sambungan pipa tremie harus kedap air agar beton yang dicor mengalir dipipadangan baik.
- d. Tahap awal penuangan beton ke dalam tremie dilakukan dengan cepat dengan menarik tuas pada truck mixer sehingga beton ready mix keluar ke dalam corong lintasan. Penuangan beton dilakukan dengan cepat bertujuan agar beton yang pertama masuk dapat mendorong kotoran-kotoran lumpur keluar.
- e. Selama penuangan beton pipa tremie tidak boleh bergeser naik turun kecuali ketika tahap akhir pengecoran.

### 3. Tahap Finishing

Pada tahap finishing adapun pekerjaan yang dilakukan adalah pekerjaan pemotongan kepala tiang bored pile. Pekerjaan ini dilakukan dua puluh delapan hari setelah pengecoran.

Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam pemotongan kepala tiang bored pile adalah :

1. Pemotongan kepala tiang bored pile 10 cm dari lantai kerja. Pemotongan kepala tiang, diperlukan metode yang tepat untuk memotong sesuai dengan persyaratan yang diperlukan seperti :
  - a. Tidak merusak besi tulangan utama bored pile.
  - b. Menghasilkan bidang potong yang rata sesuai dengan elevasi rencana.
  - c. Tidak mengakibatkan retak pada struktur bored pile.
2. Pengupasan beton. Pengupasan pada pekerjaan ini yaitu secara manual.
3. Tulangan dibengkokkan (ditarik ke arah luar) sehingga tidak melekat lagi pada betonnya.
4. Pemotongan dilakukan dengan crane.

### 4. Tahap Perawatan

Tujuan perawatan adalah mempertahankan kondisi pondasi bored pile tetap utuh sampai pada umur yang direncanakan.

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Pendahuluan

Pada bab ini akan membahas mengenai perhitungan daya dukung pondasi tiang bored pile pada proyek Pembangunan Rumah Susun Paspampres Jakarta Pusat dengan dimensi tiang bored pile 0,80 m, menghitung beban struktur yang dipikul oleh pondasi dan menghitung dimensi dan penulangan Tie Beam. Data penyelidikan tanah yang digunakan untuk perhitungan daya dukung pondasi bored pile adalah data DCPT (Dutch Cone Penetration Test).

### 4.2. Menghitung Kapasitas Daya Dukung Pondasi Tiang Tunggal Bored Pile dari Data CPT

Perhitungan daya dukung tiang bored pile perlapisan dari data CPT memakai metode *Mayerhoff*. Perhitungan diambil setiap kedalaman dari permukaan tanah. Perhitungan didapat dari data sondir yang ditentukan pada titik bor (S-01).

Tabel. 4.2. Perhitungan Daya Dukung Bored Pile Diameter 80 cm Berdasarkan Data Sondir (S-01)

Depth (m)	D (m)	CR (kg/cm <sup>2</sup> )	CR (kg/cm <sup>2</sup> )	Tsf (kg/cm)	Qb (Ton)	Qs (Ton)	Qult (Ton)	Qijin (Ton)
1	0,8	9	7,718	23,265	38,775	5,844	44,619	14,094
2	0,8	8	7,695	46,394	38,662	11,654	50,316	15,218
3	0,8	11	7,981	72,174	40,097	18,130	58,227	16,996
4	0,8	3	6,981	84,175	35,073	21,145	56,218	15,920
5	0,8	3	6,788	102,307	34,102	25,699	59,802	16,507
6	0,8	4	7,311	132,223	36,728	33,214	69,943	18,886
7	0,8	11	10,871	235,945	54,617	59,269	113,88	30,060
8	0,8	6	13,254	327,608	66,587	82,295	148,88	38,655
9	0,8	9	20,769	575,974	104,34	144,685	249,02	63,718
10	0,8	12	37,981	1167,79	190,81	293,351	484,16	122,27
11	0,8	25	49,507	1671,43	248,72	419,864	668,58	166,88
12	0,8	20	51,864	1876,05	260,56	471,264	731,82	181,10

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perencanaan pada Proyek Pembangunan Rumah Susun Paspampres Jakarta Pusat, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang tunggal bored pile dari data CPT pada kedalaman 10 m dititik (S-01) dengan menggunakan metode *Mayerhoff* didapat nilai daya dukung ( $Q_{ult}$ ) tiang tunggal sebesar 731,82 Ton dan daya dukung ijin ( $Q_a$ ) sebesar 181,10 Ton.
2. Hasil perhitungan kapasitas daya dukung pondasi tiang kelompok (PC-6) dengan banyak tiang ( $n = 6$ ) dan dihitung dengan menggunakan Metode *Converse-Labbare*. Nilai daya dukung ultimit kelompong tiang ( $Q_{gu}$ ), yaitu (PC-6) adalah = 3152,680 Ton.
3. Nilai daya dukung ijin kelompok tiang ( $Q_{ga}$ ), yaitu (PC-6) adalah = 780,178 Ton.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Bowles, Joseph E., 1992. *Analisis dan Desain Pondasi Jilid 1 Edisi Keempat*, Erlangga, Jakarta.
- Das, Braja M., 1993. *Mekanika Tanah (Prinsip-Prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid* Erlangga, Jakarta.
- DPU. SNI 03-1726-2002. *Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Struktur Bangunan Gedung*. Dinas Pekerjaan Umum : Jakarta.

Hardiyatmo, H. C. 1992. *Mekanika Tanah I*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama.

Nasution, A. 2009. *Analisis dan Desain Struktur Beton Bertulang*. Institut Teknologi Bandung : Bandung.

Sardjono. H.S. 2011. *Analisis dan Perancangan Pondasi II*. Sinar Wijaya : Surabaya.

Sardjono. H.S. 1984. *Pondasi Tiang Pancang Jilid 1*. Sinar Wijaya : Surabaya.