

# STUDI KASUS TERHADAP PELAKSANAAN BASEMENT 5 LANTAI DI WILAYAH SURABAYA BARAT

Ho Steven<sup>1</sup>, Erron Gunardi<sup>2</sup>, Paravita Sri Wulandari<sup>3</sup>, Benjamin Lumantarna<sup>4</sup>

**ABSTRAK :** Pembuatan *basement* pada bangunan bertingkat saat ini sangat banyak dilakukan untuk dijadikan lahan parkir. *Basement* yang akan dibuat memiliki kedalaman dan kondisi lapangan yang berbeda-beda, sehingga dibutuhkan metode yang berbeda-beda pula dalam pelaksanaannya.

Skripsi ini menganalisa tentang metode pelaksanaan dalam pembuatan *basement* 5 lantai di wilayah Surabaya Barat. Metode untuk pelaksanaan *basement* tersebut ada 2, yaitu *bottom-up* dan *top-down*. Lalu dilakukan analisa data berupa studi literatur dari referensi dan data proyek, kemudian dilakukan pengecekan kestabilan dinding penahan tanah yang dipakai menggunakan program PLAXIS. Pemilihan alat-alat berat yang akan digunakan pada proyek juga disesuaikan dengan metode yang dipilih. Dari hasil studi literatur dan analisa menggunakan program PLAXIS, metode *bottom-up* harus melakukan pemasangan *ground anchor* untuk membantu kestabilan dinding penahan tanah. Tetapi dengan dilakukannya pemasangan *ground anchor*, hal tersebut bisa membahayakan bangunan sekitar proyek. Oleh karena itu metode *top-down* merupakan metode yang tepat untuk diaplikasikan dalam pelaksanaan *basement*, karena *top-down* memenuhi syarat kestabilan dinding penahan tanah dan aman dalam pelaksanaannya.

**KATA KUNCI:** *top-down*, *bottom-up*, *basement*, metode pelaksanaan, dinding penahan tanah, PLAXIS 2D, Surabaya barat.

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan bangunan bertingkat akhir-akhir ini seringkali menggunakan *basement* yang umumnya digunakan sebagai tempat parkir. Faktor yang menentukan dalam pelaksanaan *basement* merupakan metode konstruksi. Metode konstruksi adalah bagian yang sangat penting dalam proyek konstruksi untuk mendapatkan tujuan dari proyek, yaitu biaya, kualitas dan waktu. Aspek teknologi, sangat berperan dalam suatu proyek konstruksi. Umumnya, aplikasi teknologi banyak diterapkan dalam metode-metode pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Penggunaan metode yang tepat, praktis, cepat, dan aman, sangat membantu dalam penyelesaian pekerjaan pada suatu proyek konstruksi sehingga target waktu, biaya dan mutu sebagaimana ditetapkan akan dapat tercapai.

Lalu proyek yang akan ditinjau dan dibahas berupa *basement* lima lantai. Terdapat 2 macam metode pelaksanaan yang dapat diaplikasikan ke proyek tersebut, yaitu metode *bottom-up* dan *top-down*. Tetapi dari kedua metode pelaksanaan tersebut harus dipilih metode yang paling tepat dalam pelaksanaannya. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan galian yaitu kestabilan dari galian yang dipengaruhi oleh tekanan tanah, kedalaman galian *basement*, jenis tanah, kondisi disekitar galian, jenis dinding penahan yang dipakai, dan lain-lain.

---

<sup>1</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, ho\_steven@rocketmail.com.

<sup>2</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, errongunardi@gmail.com.

<sup>3</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, paravita@peter.petra.ac.id.

<sup>4</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, bluman@petra.ac.id.

## 2. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menentukan metode yang tepat untuk pelaksanaan *basement* lima lantai di wilayah kota Surabaya dan mengatasi masalah-masalah yang dihadapi pada pelaksanaan galian *basement*. Manfaat penelitian ini diharapkan dapat memberi wawasan tentang metode pelaksanaan *basement* lima lantai yang tepat, sesuai dengan kondisi di sekitar proyek yang diteliti.

## 3. LANDASAN TEORI

### 3.1. Metode Pelaksanaan Konstruksi Sistem *Bottom-Up*

Pada sistem ini, struktur *basement* dilakukan setelah seluruh pekerjaan galian telah mencapai galian elevasi rencana (sistem konvensional). Pelat *basement* paling bawah dicor terlebih dahulu sehingga menjadi *raft foundation* dengan menggunakan metode papan catur, kemudian *basement* diselesaikan dari bawah keatas, dengan menggunakan *scaffolding*. Kolom, balok dan slab dicor ditempat (*cast in place*). Pada sistem ini galian tanah dapat berupa *open cut* dan struktur dinding penahan tanahnya bisa sementara maupun permanen dengan perkuatan *ground anchor* (Kajewski, 1994).

Secara keseluruhan kegiatan-kegiatan yang dilakukan pada pelaksanaan konstruksi *basement* dengan metode *bottom-up* adalah sebagai berikut:

1. Mobilisasi peralatan.
2. Pelaksanaan pondasi tiang.
3. Pelaksanaan dinding penahan tanah.
4. Penggalian dan pembuangan tanah.
5. *Dewatering*.
6. Poer pondasi.
7. *Waterproofing*.
8. *Tie beam* dan pondasi rakit.
9. Dinding *basement* dan struktur bertahap keatas.
10. Lantai *basement* bertahap keatas.

### 3.2. Metode Pelaksanaan Konstruksi Sistem *Top-Down*

Pada metode konstruksi *top-down*, struktur *basement* dilaksanakan bersamaan dengan pekerjaan galian *basement*, urutan pekerjaan balok dan pelat lantainya dimulai dari atas ke bawah, dan selama proses pengerjaannya, struktur pelat dan balok tersebut didukung oleh tiang baja yang disebut *king post* (yang dipasang bersamaan dengan *bored pile*). Sedang dinding *basement* dicor lebih dulu dengan sistem *diaphragm wall*.

Pada prinsipnya metode *top-down* dapat disebut sebagai cara membangun terbalik, yaitu membangun dari atas ke bawah. Secara teknis, metode ini sudah bukan menjadi masalah lagi di Indonesia, tetapi mengingat bahwa metode *top-down* merupakan metode yang baru digunakan akhir-akhir ini, maka permasalahan yang timbul adalah kapan digunakan metode ini serta bagaimana teknik manajemennya agar tercapai tujuan utama proyek tersebut (Asiyanto, 2008; Howe, 1993).

Berikut ini tahapan dalam pelaksanaan metode konstruksi *top-down*:

1. Penggalian dan pengecoran *diaphragm wall*.
2. Pengecoran *bored pile* dan pemasangan *king post*.
3. Lantai *basement* satu, dicor di atas tanah dengan lantai kerja.
4. Galian *basement* satu, dilaksanakan setelah lantai *basement* satu cukup *strength*-nya menggunakan *excavator* kecil. Disediakan lubang lantai dan *ramp* sementara untuk pembuangan tanah galian.
5. Lantai *basement* dua, dicor diatas tanah dengan lantai kerja.
6. Galian *basement* dua, dilaksanakan seperti galian *basement* satu, begitu seterusnya.
7. Terakhir mengecor *raft foundation*.
8. *King post* dicor, sebagai kolom struktur.
9. Bila diperlukan, pelaksanaan *basement*, dapat dimulai struktur atas, sesuai dengan kemampuan dari *king post* yang ada (sistem *up & down*).

### **3.3. Kekurangan dan Kelebihan Metode Pelaksanaan Konstruksi Sistem *Bottom-Up* dan Sistem *Top-Down***

#### **3.3.1. Metode Konstruksi *Bottom-Up***

Kekurangan metode konstruksi *bottom-up* ini diantaranya adalah (Asiyanto, 2008):

- a) Transportasi vertikal membutuhkan lahan yang luasnya sebanding dengan kedalamannya.
- b) Pelaksanaan dewatering perlu lebih intensif.
- c) Penggunaan konstruksi sementara sangat banyak.
- d) Hampir dapat dipastikan diperlukan *ground anchor*.
- e) *Waste material* tiang pancang pada saat penggalian.
- f) Tidak memungkinkan pelaksanaan dengan super struktural secara efisien.

Sedangkan kelebihan metode konstruksi *bottom-up* ini diantaranya sebagai berikut (Asiyanto, 2008):

- a) Sumber daya manusia yang terlatih sudah banyak memadai.
- b) Peralatan yang digunakan adalah peralatan yang umum digunakan misalnya: *backhoe*, *shovel loader* dan lainnya, tidak diperlukan peralatan khusus.
- c) Tidak memerlukan teknologi yang tinggi.
- d) Teknik pengendalian pelaksanaan konstruksi sudah dikuasai karena sudah banyak proyek bangunan *basement* yang sudah dikerjakan sehingga pengalaman dan contoh cukup mendukung (*project documentation*).

#### **3.3.2. Metode Konstruksi *Top-Down***

Kekurangan metode konstruksi *top-down* ini diantaranya adalah (Asiyanto, 2008):

- a) Diperlukan peralatan berat yang khusus.
- b) Diperlukan ketelitian dan ketepatan lebih.
- c) Sumber daya manusia terbatas.
- d) Diperlukan pengetahuan spesifik untuk mengendalikan proyek.

Sedangkan kelebihan metode konstruksi *top-down* ini diantaranya sebagai berikut (Asiyanto, 2008):

- a) Relatif tidak mengganggu lingkungan.
- b) Jadwal pelaksanaan dapat dipercepat.
- c) Memungkinkan pekerjaan simultan.
- d) Area lahan proyek lebih luas.
- e) Resiko teknis lebih kecil.
- f) Mutu dinding penahan tanah dapat lebih dikontrol.

### **3.4. Alat-alat Berat**

Dengan perkembangan ilmu pengetahuan, dan telah adanya alat-alat berat yang dapat digunakan dalam pembuatan konstruksi, sehingga dapat tercapai mutu jalan yang lebih sempurna dengan waktu penyelesaian yang relatif lebih singkat. Untuk mempergunakan alat tersebut sesuai dengan fungsinya dengan waktu penyelesaian yang lebih singkat, maka ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain sebagai berikut (Rostiyanti, 2008):

1. Jenis alat yang diperlukan ditentukan berdasarkan pekerjaan yang akan dilaksanakan.
2. Jumlah / banyak alat yang diperlukan ditentukan berdasarkan volume pekerjaan dan waktu penyelesaiannya (berapa lama waktu pekerjaan itu diselesaikan).
3. Merek yang sejenis : menyediakan alat-alat berat yang merknya sejenis (hasil produksi yang sejenis), untuk mempermudah penyediaan perlengkapan (*spare part*) dan tenaga ahli untuk memperbaiki bila terjadi kerusakan pada alat tersebut.
4. Tujuan dari penggunaan alat berat yaitu untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan dan mendapatkan mutu kerja yang lebih sempurna.

Untuk mempercepat penyelesaian pekerjaan, maka kita perlu mengetahui beberapa hal sebagai berikut:

1. Alat apa yang lebih tepat digunakan untuk sesuatu pekerjaan.
2. Kapasitas dari alat tersebut.
3. Komposisi dan kondisi alat tersebut, jika kurang sempurna / kurang lengkap komposisinya tentu tidak akan menghasilkan seperti yang diharapkan.

Alat-alat berat yang digunakan pada metode pelaksanaan *basement* umumnya yaitu (Asiyanto, 2008):

1. *Excavator*
2. *Dump truck*
3. *Loader*
4. *Bulldozer*
5. *Grab type equipment*

### **3.5. Dinding Penahan Tanah**

#### **3.5.1. *Secant Pile***

Dinding penahan tanah ini merupakan *pile* yang disusun berdempetan sedemikian rupa untuk mendapatkan daya tahan terhadap tekanan tanah lateral. Disebut dengan istilah *secant pile* karena memang *pile* ini saling bersinggungan satu sama lainnya (Whramby, 2007).

#### **3.5.2. *Sheet Pile***

*Sheet Pile* adalah dinding vertikal relatif tipis yang berfungsi untuk menahan tanah dan menahan masuknya air ke dalam lubang galian. Dinding penahan tanah ini biasanya digunakan pada bangunan-bangunan di pelabuhan misalnya dinding dermaga dan dok kapal, pada tebing jalan raya atau tebing sungai, penahan tebing galian misalnya pada pembuatan pondasi langsung atau pondasi menerus, dan pembuatan *basement* (Brooks, 2010).

#### **3.5.3. *Diaphragm Wall***

*Diaphragm wall* adalah suatu konstruksi penahan tanah yang terbuat dari beton bertulang. *Diaphragm wall* memiliki keuntungan dan kekurangan dalam pelaksanaannya, sehingga pertimbangan untuk menggunakan dinding penahan tanah ini harus disesuaikan dengan lokasi dan kondisi proyek yang ada (Gambin & Chiffolleau, 1991).

### **3.6. *Raft Foundation***

Pondasi rakit (*raft foundation*) adalah pelat beton yang berbentuk rakit melebar keseluruhan bagian dasar bangunan, yang digunakan untuk meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah dasar atau batu-batuan di bawahnya (Hemsley, 2000).

## **4. METODOLOGI PENELITIAN**

### **4.1. Kerangka Penelitian**

Penelitian ini akan dilakukan melalui beberapa tahapan :

- Pengumpulan data diperoleh dari referensi dan data proyek yang akan digunakan untuk menentukan metode pelaksanaan *basement* yang tepat.
- Setelah pengumpulan data selesai dilakukan maka data tersebut diolah dan dianalisa untuk kemudian diambil kesimpulan.

### **4.2. Proses Pengumpulan Bahan**

Pengumpulan bahan melalui:

- Studi literatur diperoleh dari jurnal, tesis, buku penunjang dan internet
- Data proyek yang digunakan merupakan hasil sondir dan boring, diperoleh melalui proyek konstruksi.

#### 4.3. Proses Pembahasan

Bahan-bahan yang telah diperoleh dari studi literatur digunakan untuk proses pembahasan. Kemudian dilakukan perencanaan metode yang ada terhadap kondisi situasi proyek. Untuk membantu menentukan metode pelaksanaan, program PLAXIS digunakan untuk pengecekan dinding penahan tanah terhadap lokasi proyek berdasarkan tahapan tiap masing-masing metode. Dari hasil pengecekan menggunakan PLAXIS dan referensi yang ada, dapat dipilih metode mana yang paling tepat untuk dilakukan dalam pengerjaan proyek *basement* lima lantai tersebut.

### 5. ANALISA DATA

Data-data yang diperoleh akan digunakan untuk menganalisa pelaksanaan *basement* dengan metode *bottom-up* dan *top-down*.

#### 5.1. Metode Pelaksanaan *Bottom-Up*

Berikut adalah urutan metode pelaksanaan *bottom-up*:

- Pembersihan lahan dan pembuatan pagar sementara proyek. Persiapan alat berat untuk pengerjaan proyek, mendatangkan alat-alat berat seperti *mobile crane*, *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan lain-lain.
- Pelaksanaan dinding penahan tanah. Dinding penahan tanah untuk pelaksanaan proyek ini berupa *diaphragm wall* dikarenakan kedalaman dinding penahan tanah yang dibutuhkan sedalam 30 meter. Dinding penahan tanah *diaphragm wall* lebih cocok digunakan dibandingkan *secant pile*.
- Penggalian tanah *diaphragm wall* sedalam 30 meter. Pertama dibuat *guide wall* untuk *setting* posisi pemasangan *diaphragm wall*.
- Lalu digunakan *grabber* yang mengangkat dan memindahkan tanah untuk membentuk *panel*, lalu dimasukkan lumpur bentonite untuk mendukung dinding tanah galian.
- *Mobile crane* digunakan untuk mengangkat tulangan *diaphragm wall* dan dimasukkan ke *panel*. Kemudian *panel-panel* tersebut dicor beton.
- Proses tersebut diulangi untuk tanah yang ada di antara *panel* hingga keseluruhan *panel* terhubung menjadi *diaphragm wall*.
- Setelah dinding penahan tanah jadi, dilakukan penggalian dan pembuangan tanah. Pekerjaan galian dilakukan hingga mencapai elevasi rencana. Pembuangan tanah galian dilakukan dengan menggunakan *dump truck*.
- Dengan menggunakan program PLAXIS, dihitung panjang *ground anchor* yang dibutuhkan untuk pengerjaan proyek, dan didapat *ground anchor* dengan panjang 12 meter yang cocok untuk dipasang karena *displacement* yang akan dihasilkan dari *ground anchor* tersebut sangat kecil.
- Tetapi *ground anchor* yang akan dipasang tersebut dapat merusak pondasi bangunan-bangunan di sekeliling proyek sehingga dapat mengganggu dan membahayakan.

#### 5.2. Metode Pelaksanaan *Top-Down*

Berikut adalah urutan metode pelaksanaan *top-down*:

- Pembersihan lahan dan pembuatan pagar sementara proyek. Persiapan alat berat untuk pengerjaan proyek, mendatangkan alat-alat berat seperti *grabber*, *mobile crane*, *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan lain-lain.
- Sebelum dimulai dengan kegiatan penggalian tanah, pembersihan lahan proyek dilakukan seperti yang telah dijelaskan di metode pelaksanaan *bottom-up* dengan menggunakan *bulldozer*.
- Penggalian tanah *diaphragm wall* sedalam 30 meter. Pertama dibuat *guide wall* untuk *setting* posisi pemasangan *diaphragm wall*.
- Lalu digunakan *grabber* yang mengangkat dan memindahkan tanah untuk membentuk *panel*, lalu dimasukkan lumpur bentonite untuk mendukung dinding tanah galian.
- *Mobile crane* digunakan untuk mengangkat tulangan *diaphragm wall* dan dimasukkan ke *panel*. Kemudian *panel-panel* tersebut dicor beton.
- Proses tersebut diulangi untuk tanah yang ada di antara *panel* hingga keseluruhan *panel* terhubung menjadi *diaphragm wall*.

- Setelah pengerjaan *diaphragm wall* selesai, dilanjutkan dengan pengecoran *bored pile* dan pemasangan *king post*.
- Lantai dasar dicor di atas tanah dengan lantai kerja.
- Dilakukan penggalian lantai satu *basement* pada zona 1 setelah lantai dasar telah cukup kekuatannya.
- Setelah itu dilakukan pekerjaan pembuatan plat lantai untuk lantai satu *basement*, dicor diatas tanah disertai juga pembuatan lantai kerjanya.
- Kemudian dilanjutkan dengan penggalian dua lantai *basement*, yaitu lantai dua dan lantai tiga.
- Setelah penggalian selesai, dilakukan pekerjaan pembuatan plat lantai untuk lantai dua dan tiga *basement*, dicor diatas tanah disertai juga pembuatan lantai kerjanya.
- Kemudian dilanjutkan dengan penggalian dua lantai *basement*, yaitu lantai empat dan lantai lima.
- Setelah galian selesai dilanjutkan dengan pembuatan dan pengecoran *raft foundation*.
- Kemudian tiang *king post* dicor beton dan bila diperlukan dapat ditambah penulangannya. Lalu dilakukan pelepasan strut dan lubang-lubang lantai *basement* yang ada ditutup.

### 5.3. Perhitungan Kestabilan *Diaphragm Wall* dengan Program PLAXIS

Dengan menggunakan program PLAXIS akan dicek kestabilan dinding penahan tanah *diaphragm wall* terhadap kondisi tanah di lokasi proyek. Pengecekan yang dilakukan mengenai *displacement* tanah, *total stress* dan *safety factor* untuk tiap tahapan pelaksanaan. Adapun tahapan pelaksanaan seperti berikut:

- Tahap awal (*initial condition*) = Kondisi awal dimana *diaphragm wall* telah selesai dibuat dan akan dilakukan pekerjaan galian.
- Tahap 1 = Pelaksanaan galian *basement* lantai satu.
- Tahap 2 = Pelaksanaan galian *basement* lantai dua dan tiga.
- Tahap 3 = Pelaksanaan galian *basement* lantai empat, lima dan 2 meter untuk *raft foundation*.
- Tahap 4 = Pembuatan *raft foundation*.

### 5.4. Alat-alat Berat

Setelah metode pelaksanaan telah ditentukan yaitu metode *top-down*, maka spesifikasi alat-alat berat yang akan digunakan dapat ditentukan berdasarkan kondisi dari metode yang dipilih.

- *Grabber*  
*Grabber* yang digunakan Model DWG40 Caterpillar 330C (Caterpillar Inc., 2013).
- *Mobile Crane*  
*Mobile Crane* yang digunakan Kobelco Model 7055-3F (Bigge, 2014).
- *Excavator*  
*Excavator* yang digunakan Komatsu Model PC0R-8 (Ritchie Specs, 2007).
- *Dump Truck*  
*Dump Truck* yang dipilih adalah Mitsubishi FE 73 HD (Mitsubishi Co., 2014).
- *Bulldozer*  
*Bulldozer* yang digunakan dari Komatsu model SA6D170B (Ritchie Specs, 2007).
- *Wheel Loader*  
*Wheel loader* yang digunakan buatan Caterpillar Model C15 ACERT (Ritchie Specs, 2007).

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1. Kesimpulan

Dari pembahasan yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Berdasarkan referensi dan hasil analisa PLAXIS, metode pelaksanaan *top-down* adalah metode yang tepat untuk diaplikasikan ke pengerjaan proyek tersebut, dikarenakan metode *top-down* yang lebih sesuai dan bisa dilaksanakan dibandingkan dengan metode *bottom-up* yang membutuhkan bantuan pemasangan *ground anchor* dalam pelaksanaannya, yang akan berdampak pada bangunan disekitar proyek.
- Berdasarkan hasil analisa menggunakan metode *top-down*, pada tahap 1 dilakukan penggalian sedalam 4,2 meter dan menghasilkan defleksi dinding penahan tanah sebesar 1 cm. Hasil ini aman

karena memenuhi syarat defleksi 0,5% dari 4,2 meter (2,1 cm). Pada tahap 2 dilakukan penggalian sedalam 6,4 meter dan menghasilkan defleksi dinding penahan tanah sebesar 3 cm. Hasil ini aman karena memenuhi syarat defleksi 0,5% dari 10,6 meter (5,3 cm). Pada tahap 3 dilakukan penggalian sedalam 8,4 meter dan menghasilkan defleksi dinding penahan tanah sebesar 7 cm. Hasil ini aman karena memenuhi syarat defleksi 0,5% dari 19 meter (9,5 cm). Pada tahap 4 dilakukan pengecoran *raft foundation* dengan tebal 2 meter diatas permukaan tanah. Defleksi dinding penahan tanah yang dihasilkan sebesar 5,5 cm. Hasil ini aman karena memenuhi syarat defleksi 0,5% dari 17 meter (8,5 cm). Karena setiap tahapan memenuhi syarat, maka metode *top-down* dapat digunakan untuk pelaksanaan proyek ini.

- Berdasarkan denah lokasi proyek, dalam pelaksanaan proyek *top-down* ini memungkinkan untuk dibuatnya lubang bukaan sementara untuk menurunkan alat berat ke bawah, sehingga lebih memudahkan pelaksanaan pengerjaan proyek.
- Menentukan alat-alat berat yang akan digunakan pada proyek berdasarkan pada metode pelaksanaan yang dipilih, contohnya *max cutting height excavator* yang digunakan harus disesuaikan dengan kedalaman galian dua lantai *basement*.

## 6.2. Saran

Proyek yang diteliti merupakan proyek dengan *basement* lima lantai yang dikelilingi bangunan disekitarnya sehingga diharuskan menggunakan metode *top-down*, tetapi dalam menentukan metode pelaksanaan galian *basement*, perlu diperhatikan jumlah lantai *basement* yang akan digali, karena jumlah lantai *basement* proyek yang sedikit (kurang dari tiga) memungkinkan untuk pelaksanaan metode galian *bottom-up* tanpa menggunakan bantuan *ground anchor*.

## 7. DAFTAR REFERENSI

- Asiyanto. (2008). *Metode Konstruksi Gedung Bertingkat*. UI Press, Jakarta.
- Bigge. (2014). *Hydraulic Crawler Crane*. [http://www.bigge.com/crane-charts/crawler-crane-charts/Kobelco-7055-3F\\_spec.pdf](http://www.bigge.com/crane-charts/crawler-crane-charts/Kobelco-7055-3F_spec.pdf)
- Brooks, H. (2010). *Basics of Retaining Wall Design*, 8th Edition. HBA Publications, Inc.
- Caterpillar Inc., <http://indonesia.cat.com/cda/layout?m=37840&x=48>, Indonesia (2013)
- Gambin, M & Chiffolleau, Y. (1991). Diaphragm Walling. Makalah Seminar 1 hari *The Application of New Techniques to Solve Deep Basement and Foundation Problems*. Tarumanegara University-IGEA, Jakarta.
- Hemsley, J. A. (2000). *Design Application of Raft Foundations*. Thomas Telford Ltd, London.
- Howe, J. (1993). Introduction to Top-Down Construction. Makalah Seminar Satu Hari *Top-Down Construction*, Jakarta.
- Kajewski, S. (1994). *Construction Techniques and Methodology*. Makalah QUT untuk Short Course Pasca Sarjana Teknik Sipil, Jakarta.
- Mitsubishi Co., <http://www.dealermitsubishijakarta.com/mobil-mitsubishi-fuso-colt-diesel-fe-73-hd-110-ps-spesifikasi-harga-jakarta.html>, Indonesia (2014)
- Ritchie Specs. (2007). *Komatsu PC40R-8*. <http://www.ritchiespecs.com/specification?type=Construction+Equipment&category=Mini+Excavator&make=Komatsu&model=PC40R-8&modelid=93031#ixzz325kh6mK9>
- Ritchie Specs. (2007). *Caterpillar 980H Wheel Loader*. <http://www.ritchiespecs.com/specification?type=Construction+Equipment&category=Wheel+Loader&make=Caterpillar&model=980H&modelid=91151>
- Ritchie Specs. (2007). *Komatsu D375A-1 Crawler Tractor*. <http://www.ritchiespecs.com/specification?type=Construction+Equipment&category=Crawler+Tractor&make=Komatsu&model=D375A-1&modelid=91025#ixzz31QMYfiHF>
- Rostiyanti, S. F. (2008). *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi*.
- Whramby, N. (2007). *Diaphragm & Secant Pile Walls*. Brian Perry Civil, New Zealand.