



TUGAS AKHIR - RC14 1501

**ANALISA PERBANDINGAN METODE *BOTTOM-UP*
DAN METODE *TOP-DOWN* PEKERJAAN
BASEMENT PADA *GEDUNG PARKIR APARTEMEN*
SKYLAND CITY EDUCATION PARK BANDUNG
DARI SEGI BIAYA DAN WAKTU**

FITRI PRAWIDIAWATI
NRP 3112106044

Dosen Pembimbing
CAHYONO BINTANG NURCAHYO, ST., MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - RC14 1501

***COMPARATIVE ANALYSIS OF BOTTOM-UP
METHOD AND TOP-DOWN METHOD OF
BASEMENT CONSTRUCTION IN PARKING
BUILDING OF SKYLAND CITY EDUCATION PARK
APARTMENT BANDUNG IN TERMS OF COST
AND TIME***

FITRI PRAWIDIAWATI
NRP 3112106044

Supervisor
CAHYONO BINTANG NURCAHYO, ST., MT

DEPARTEMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Tenth of November Institute of Technology
Surabaya 2015

**ANALISA PERBANDINGAN METODE *BOTTOM-UP* DAN
METODE *TOP DOWN* PEKERJAAN BASEMENT PADA
GEDUNG PARKIR APARTEMEN SKYLAND CITY
EDUCATION PARK BANDUNG DARI SEGI BIAYA DAN
WAKTU**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Manajemen Konstruksi
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FITRI PRAWIDIAWATI

Nrp. 3112 106 044

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Cahyono Bintang Nurcahyo, ST, MT

**SURABAYA
JANUARI, 2015**

ANALISA PERBANDINGAN METODE *BOTTOM-UP* DAN METODE *TOP-DOWN* PEKERJAAN *BASEMENT* PADA GEDUNG PARKIR APARTEMEN SKYLAND CITY EDUCATION PARK BANDUNG DARI SEGI BIAYA DAN WAKTU

Nama Mahasiswa : Fitri Prawidiawati
NRP : 3112106044
Jurusan : Teknik Sipil
Dosen Pembimbing : Cahyono Bintang N, ST., MT.

Abstrak

Pembangunan basement yang dilakukan secara berurutan dari bawah ke atas yang dikenal dengan metode bottom-up sudah banyak diterapkan dalam pelaksanaan konstruksi basement. Pada metode ini pekerjaan dimulai dari pekerjaan pondasi, pekerjaan galian kemudian diteruskan dengan pembuatan kolom, balok, dan pelat yang menerus sampai ke atap. Seiring berkembangnya teknologi dan inovasi dibidang konstruksi terdapat alternatif metode konstruksi lain yang dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas kerja. Metode yang dapat diterapkan yaitu metode top-down. Pada metode ini pekerjaan basement dimulai dari basement yang teratas dan dilanjutkan lapis demi lapis sampai kedalaman basement yang diinginkan yang bersamaan dengan pekerjaan galian basement. Pekerjaan basement dapat simultan dengan pekerjaan struktur atas, sehingga waktu pelaksanaan dapat lebih singkat. Kedua metode konstruksi tersebut mempunyai perbedaan pada saat pengerjaan dan selama proses konstruksi yang berpengaruh terhadap biaya dan waktu.

Tugas akhir ini adalah membandingkan metode konstruksi bottom-up dan top-down dari segi biaya dan waktu. Proyek yang dijadikan objek penelitian adalah Pembangunan Gedung Parkir Apartemen Skyland City Education Park

Bandung. Untuk kedua metode tersebut dilakukan studi pustaka dan pengumpulan data, analisa metode pelaksanaan, perhitungan kebutuhan material dan alat, analisa produktivitas dan durasi pekerjaan serta analisa perhitungan biaya.

Dengan analisa perbandingan metode bottom-up dan top-down didapatkan hasil, metode bottom-up membutuhkan waktu pelaksanaan selama 313 hari dengan biaya sebesar Rp 20.146.074.654,00 dan metode top-down membutuhkan waktu pelaksanaan selama hari 260 dengan biaya sebesar Rp. 21.342.390.563,00

Kata kunci : Basement, biaya, bottom-up, top-down, waktu

**COMPARATIVE ANALYSIS OF BOTTOM-UP METHOD
AND TOP-DOWN METHOD OF BASEMENT
CONSTRUCTION IN PARKING BUILDING OF
SKYLAND CITY EDUCATION PARK BANDUNG
APARTMENT IN TERMS OF COST AND TIME**

Name : Fitri Prawidiawati
NRP : 3112106044
Department : Teknik Sipil
Supervisor : Cahyono Bintang N, ST., MT.

Abstract

Basement construction is done sequentially from bottom to top, known as bottom-up method has been widely applied in construction basement. In this method, the work starts from the foundation work, excavation work then is continued to construction of column, beams, and plates which are constantly up to the roof. As the development of technology and innovation in the field of construction, there is another alternative construction methods that can be used to improve the quality and quantity of work. The method can be applied, is top-down method. In this method the basement work starts from the top to layer by layer until the desired depth of the basement along with a basement excavation work. Basement construction can work simultaneously with the upper structure construction, so that the execution time can be shorter. Both the two of construction methods have differences in during the construction process that affect the cost and time.

This final task is to compare the bottom-up construction method and top-down construction method in terms of cost and time. Project which is being research object is Construction of Parking Building of Skyland City Education Park Apartment Bandung. For both of these methods is done literature review and data collection, analysis of implementation methods , the calculation of material needs

and tools, analysis of productivity and duration of work and analysis of the cost calculation.

By comparative analysis of bottom-up method and top-down method is obtained results, the bottom-up method requires takes implementation for 313 days at a cost of Rp 20.146.074.654,00 and top-down method takes implementation for 260 days at a cost of Rp. 21.342.390.563,00

Keyword : Basement, bottom-up, cost, time, top-down,

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmaanirrahim.

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT karena dengan rahmat dan izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Analisa Perbandingan Metode *Bottom-Up* dan *Top-Down* pada Pekerjaan *Basement Gedung Parkir Apartemen Skyland City Education Park Bandung* Dari Segi Biaya dan Waktu” dengan baik dan tepat waktu.

Dalam penyelesaian Tugas Akhir ini tidak dapat dipungkiri bahwa penulis sering menemui beberapa kendala dalam pengerjaannya. Namun berkat bimbingan, bantuan, arahan, dan dukungan dari berbagai pihak, akhirnya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua atas doa, kasih sayang, semangat dan dukungannya yang tak terhingga.
2. Cahyono Bintang N., ST., MT selaku dosen pembimbing selama pengerjaan Tugas Akhir ini.
3. Dosen penguji, Trijoko Adi Wahyudi, ST., MT., PhD dan Christiono Utomo, ST., MT., PhD yang telah memberikan koreksi serta masukkan dalam seminar Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Djoko Irawan, MS. selaku dosen wali penulis yang telah banyak memberi bimbingan dan arahan selama penulis menjadi mahasiswa perkuliahan di Lintas Jalur S-1.
5. Seluruh dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas ilmu yang telah diberikan.
6. Seluruh staff dan karyawan Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.
7. Rizky Harja Dwinata atas bantuan dan dukungannya dalam mengerjakan Tugas Akhir

8. Teman-teman seperjuangan dari Polban 2009 yang sudah banyak memberikan semangat, doa dan arahan kepada penulis.
9. Kakak-kakak kelas Lintas Jalur S-1 alumni POLBAN yang sudah banyak memberikan ilmu dan pengalaman serta arahan
10. Rekan-rekan mahasiswa Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipil 2013 atas dukungannya.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, penulis sangat menyadari banyaknya kekurangan serta jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan saran dan kritik yang konstruktif demi penyempurnaan Tugas akhir dan ilmu pengetahuan.

Wassalaamu'alaikum wr., wb.

Surabaya, Januari 2015

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Basement</i>	5
2.2 Metode Pelaksanaan <i>Basement</i>	5
2.2.1 Metode Konstruksi <i>Bottom-Up</i>	6
2.2.2 Metode Konstruksi <i>Top-Down</i>	8
2.2.2.1 <i>King Post</i>	11
2.3 <i>Retaining Wall</i> (Dinding Penahan Tanah)	12
2.3.1 Dinding Diafragma.....	13
2.4 Alat- alat Berat.....	13
2.4.1 <i>Dump Truck</i>	14
2.4.2 <i>Excavator</i>	15
2.4.3 <i>Clamshell</i>	15
2.4.4 <i>Crane</i>	15
2.4.5 <i>Concrete Mixer Truck</i>	16
2.4.6 <i>Buldozer</i>	17
2.5 Produktivitas Alat Berat	17
2.6 Analisa Biaya	17
2.6.1 Volume Pekerjaan	18
2.6.2 Harga Satuan Pekerjaan.....	18

2.6.3	Biaya Langsung.....	19
2.6.4	Biaya Tidak Langsung.....	19
2.7	Analisa Waktu.....	20
2.7.1	Waktu dan Durasi Kegiatan.....	20
2.7.2	Penjadwalan.....	20
2.7.3	Diagram Balok (<i>Bar Chart</i>).....	21
BAB 3 METODOLOGI.....		23
3.1	Langkah-langkah Penelitian.....	23
3.2	Data Penelitian.....	25
3.2.1	Data Primer.....	25
3.2.2	Data Sekunder.....	25
3.3	Analisa Data.....	25
3.3.1	Analisa Metode Pelaksanaan.....	25
3.3.2	Analisa Biaya Pelaksanaan.....	26
3.3.3	Analisa Waktu Pelaksanaan.....	26
3.3.4	Analisa Perbandingan.....	27
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		29
4.1	Data Bangunan.....	29
4.2	Metode Pelaksanaan Pekerjaan Basement.....	30
4.2.1	Metode Konstruksi <i>Bottom-Up</i>	30
4.2.1.1	Pekerjaan Dinding Penahan Tanah.....	30
4.2.1.2	Pekerjaan Pondasi <i>Bored Pile</i>	35
4.2.1.3	Pekerjaan Galian.....	38
4.2.1.4	Pekerjaan Struktur <i>Basement</i>	40
4.2.1.4.1	Pekerjaan <i>Pile Cap</i> dan <i>Sloof</i>	40
4.2.1.4.2	Pekerjaan Pelat Lantai <i>Basement</i>	40
4.2.1.4.3	Pekerjaan Kolom.....	41
4.2.1.4.4	Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai.....	41
4.2.1.4.5	Pekerjaan Stuktur Atas.....	42
4.2.2	Metode Konstruksi <i>Top-Down</i>	42
4.2.2.1	Pekerjaan Dinding Penahan Tanah.....	42
4.2.2.2	Pekerjaan Pondasi <i>Bored Pile</i>	43

4.2.2.3	Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai P1A dan Galian B1B.....	46
4.2.2.4	Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai B1B, Galian B1A dan Pekerjaan Lantai P1B dan P2A.....	48
4.2.2.5	Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai B1A, Galian dan Pekerjaan Pelat Lantai B2B, <i>Pile Cap</i> dan <i>Sloof</i> ...	49
4.2.2.6	Pekerjaan Galian B2A, Pekerjaan Lantai B2A, <i>Pile Cap</i> dan <i>Sloof</i>	50
4.3	Analisa Biaya	55
4.3.1	Perhitungan Volume Metode Konstruksi <i>Bottom-Up</i>	55
4.3.2	Perhitungan Volume Metode Konstruksi <i>Top-Down</i>	68
4.3.3	Analisa Harga Satuan	72
4.3.3.1	Pekerjaan Pembesian	72
4.3.4	Rencana Anggaran Biaya.....	73
4.4	Analisa Waktu.....	73
4.4.1	Waktu Pelaksanaan Metode Konstruksi <i>Bottom up</i>	73
4.4.1.1	Pekerjaan <i>Diaphragm Wall</i>	73
4.4.1.2	Pekerjaan Galian Tanah.....	73
4.4.1.3	Pekerjaan Pondasi <i>Bored Pile</i>	77
4.4.1.4	Pekerjaan Struktur <i>Basement</i>	80
4.4.2	Waktu Pelaksanaan Metode Konstruksi <i>Top Down</i> ...	83
4.4.2.1	Pekerjaan <i>Diaphragm Wall</i>	83
4.4.2.2	Pekerjaan Galian Tanah.....	83
4.4.2.3	Pekerjaan Pondasi <i>Bored Pile</i>	84
4.4.2.4	Pekerjaan Struktur <i>Basement</i>	86
4.5	Penjadwalan	86
4.6	Analisa Perbandingan	87
BAB 5 PENUTUP		89
5.1	Kesimpulan	89
5.2	Saran.....	89
DAFTAR PUSTAKA		91
LAMPIRAN		



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1	Pembagian Area Kerja <i>Diaphragm Wall</i>	30
Tabel 4.2	Volume Galian <i>Diaphragm Wall</i>	56
Tabel 4.3	Kebutuhan Tulangan <i>Diaphragm Wall</i>	58
Tabel 4.4	Perhitungan Kebutuhan Beton dan Tulangan Pondasi <i>Bored Pile</i> Metode <i>Top-Down</i>	69
Tabel 4.5	Volume Galian Metode Konstruksi <i>Top-Down</i>	71
Tabel 4.6	AHS Pekerjaan Pembesian.....	72
Tabel 4.7	Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Metode Konstruksi <i>Bottom-Up</i>	73
Tabel 4.8	Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Metode Konstruksi <i>Top-Down</i>	73
Tabel 4.9	Durasi Pekerjaan Galian <i>Diaphragm Wall</i>	75
Tabel 4.10	Durasi Pekerjaan Pembesian <i>Diaphragm Wall</i>	76
Tabel 4.11	Durasi Pekerjaan Pengecoran <i>Diaphragm Wall</i> ...	77
Tabel 4.12	Durasi Pekerjaan Pondasi Metode <i>Bottom-Up</i>	79
Tabel 4.13	Durasi Pekerjaan Galian Metode <i>Top-Down</i>	84
Tabel 4.14	Durasi Pekerjaan Pondasi Metode <i>Top-Down</i>	85



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pelaksanaan <i>Basement</i> dengan Metode <i>Bottom-Up</i>	7
Gambar 2.2 Pelaksanaan <i>Basement</i> dengan Metode <i>Bottom-Up</i>	10
Gambar 2.3 Pemasangan <i>Bored Pile</i> dan <i>King Post</i>	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir	24
Gambar 4.1 Potongan A-A Gedung Parkir	29
Gambar 4.2 Alur Pengerjaan <i>Diaphragm Wall</i>	30
Gambar 4.3 <i>Guide Wall</i>	31
Gambar 4.4 Penggalian Tanah <i>Diaphragm Wall</i>	32
Gambar 4.5 <i>Panel Stop</i>	34
Gambar 4.6 <i>Water Stop</i>	33
Gambar 4.7 Skema Rencana Galian	33
Gambar 4.8 Pemasangan Tulangan <i>Diaphragm Wall</i>	34
Gambar 4.9 Pengecoran <i>Diaphragm Wall</i>	35
Gambar 4.10 Denah Pondasi.....	36
Gambar 4.11 Pengeboran Pondasi <i>Bored Pile</i>	30
Gambar 4.12 Pengecoran Pondasi <i>Bored Pile</i>	37
Gambar 4.13 Pekerjaan Galian	39
Gambar 4.14 Konstruksi <i>Diaphragm Wall</i>	42
Gambar 4.15 Pengeboran Pondasi <i>Bored Pile</i>	43
Gambar 4.16 <i>King Post</i> dengan Tulangan	44
Gambar 4.17 Pemasangan Tulangan dan <i>King Post</i>	45
Gambar 4.18 Pengecoran Pondasi <i>Bored Pile</i>	46
Gambar 4.19 Pekerjaan Balok & Pelat Lantai P1A dan Galian B1B	47
Gambar 4.20 Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai B1B, Galian B1A dan Pekerjaan Lantai P1B dan P2A.	49
Gambar 4.21 Pekerjaan Balok dan Pelat B1A, Galian B2B dan Pekerjaan Pelat Lantai B2B, <i>Pile Cap</i> dan <i>Sloof</i>	50
Gambar 4.22 Pekerjaan Galian B2A, Pekerjaan Lantai B2B,	

<i>Pile Cap dan Sloof</i>	51
Gambar 4.23 Alur Pembuangan Tanah	52
Gambar 4.24 Zona Penggalian.....	53
Gambar 4.25 Akses Jalan Alat Berat.....	55
Gambar 4.26 Detail Tulangan <i>Diaphragm Wall</i>	56
Gambar 4.27 Denah Kolom Gedung Parkir.....	60
Gambar 4.28 Detail Kolom K1.....	60
Gambar 4.29 Denah Balok B1A	62
Gambar 4.30 Detail Balok B1	63
Gambar 4.31 Denah Lantai B1A.....	66
Gambar 4.32 Detail Pelat Lantai.....	66
Gambar 4.33 Detail <i>King Post</i> dan Kolom.....	70

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan *basement* pada gedung bertingkat menjadi semakin populer saat ini seiring dengan ketersediaan lahan yang terbatas tetapi kebutuhan akan lahan parkir terus meningkat akibat dari jumlah kendaraan yang terus bertambah. *Basement* (struktur bawah tanah) merupakan suatu upaya untuk mengatasi permasalahan tersebut.

Konstruksi *basement* memerlukan kriteria tersendiri dalam desain maupun dalam tahapan pelaksanaan konstruksi. Untuk tahapan pelaksanaan, metode konstruksi yang digunakan memiliki pengaruh yang cukup besar dalam metode pekerjaan struktur secara keseluruhan. Metode pekerjaan *basement* akan menentukan ketepatan jadwal pelaksanaan proyek dikarenakan *basement* merupakan proses pertama dari pembangunan gedung bertingkat serta tingkat kesulitan yang cukup tinggi dalam pelaksanaannya.

Pemilihan metode konstruksi pekerjaan *basement* juga harus dapat mengatasi permasalahan muka air tanah yang sering muncul pada saat proses pelaksanaan. Di samping itu, kondisi lapangan dan tanah di sekitar proyek perlu diperhatikan, agar tidak mengganggu lingkungan dan bangunan yang telah ada sebelumnya.

Metode pelaksanaan yang sering digunakan proyek di lapangan yaitu metode *bottom-up* yang dimulai dari pembuatan pondasi atau penggalian tanah (dengan kedalaman yang direncanakan) untuk kebutuhan pembuatan lantai basement gedung bertingkat. Tahapan dilanjutkan dengan pekerjaan pondasi, seperti pemancangan pondasi tiang (bisa memakai tiang pancang atau *bored pile*) yang diteruskan dengan pembuatan kolom, balok, dan pelat yang menerus sampai atap.

Selain itu seiring dengan perkembangan teknologi dibidang konstruksi metode yang dapat digunakan yaitu dengan metode *top-down*. Metode *top-down* tidak dimulai dari lantai *basement* paling bawah (dasar galian). Tepatnya, titik awal pekerjaan dimulai dari pelat lantai satu (*ground level* atau muka tanah). Pelaksanaan struktur bawah dilakukan dari *basement* yang teratas dan dilanjutkan lapis demi lapis sampai kedalaman *basement* yang diinginkan yang bersamaan dengan pekerjaan galian *basement*. Pekerjaan struktur bawah ini bisa simultan dengan pekerjaan struktur atas. Hal ini menyebabkan waktu pelaksanaan menjadi lebih singkat.

Dalam tugas akhir ini peninjauan dilakukan pada pelaksanaan proyek pembangunan Gedung Parkir *Apartemen Skyland City Education Park* yang terletak di Jatinangor (Bandung) yang direncanakan konstruksi gedung 6 lantai ke atas dan 2 lantai *basement* sampai kedalaman 6 m di bawah muka tanah yang digunakan sebagai lahan parkir. Pihak pengembang menginginkan waktu pelaksanaan dapat diselesaikan secepat mungkin. Selain itu lokasi proyek berdekatan dengan pemukiman, sehingga pelaksanaan tidak boleh mengganggu lingkungan sekitar.

Di dalam pembangunan Gedung Parkir *Apartemen Skyland City Education Park* ini digunakan metode konstruksi *bottom-up*, metode lain yang bisa diterapkan yaitu metode *top-down*.

Kedua metode konstruksi tersebut mempunyai perbedaan pada saat pengerjaan dan selama proses konstruksi. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kedua metode konstruksi dari segi biaya dan waktu pelaksanaan.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas, dapat dirumuskan permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini,yaitu :

1. Berapa biaya yang diperlukan untuk masing-masing metode konstruksi *bottom-up* dan *top-down*?
2. Berapa waktu yang diperlukan untuk masing-masing metode konstruksi *bottom-up* dan *top-down*?

1.3 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menghitung biaya yang diperlukan untuk masing-masing metode konstruksi *bottom-up* dan *top-down*
2. Menghitung waktu yang diperlukan untuk masing-masing metode konstruksi *bottom-up* dan *top-down*

1.4 Batasan Masalah

Mengingat luasnya pembahasan, maka penulis akan membatasi permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini, yaitu meliputi:

1. Pekerjaan yang ditinjau adalah pekerjaan tanah dan pekerjaan struktur
2. Perencanaan metode *bottom-up* diperoleh dari data proyek, sedangkan perencanaan struktur dengan metode *top-down* diperoleh dari tugas akhir Jurusan Teknik Sipil yang berjudul Perencanaan Basement Gedung Parkir Apartemen Skyland City Education Park Jatiningor (Bandung) oleh Rizky Harja Dwinata.

1.5 Manfaat

Dengan adanya tugas akhir ini diharapkan memberikan manfaat untuk menambah wawasan bagi penulis dan pembaca serta sebagai salah satu referensi untuk alternatif metode pelaksanaan pekerjaan *basement* ditinjau dari segi biaya dan waktu.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab, yaitu:

1. **BAB I PENDAHULUAN**, berisikan tentang latar belakang penyusunan Tugas Akhir, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, dan sistematika penulisan.
2. **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**, berisikan penjelasan mengenai metode pelaksanaan basement, metode konstruksi bottom-up dan top-down, king post, retaining wall, diaphragm wall, alat berat dan produktivitas, analisa biaya, dan analisa waktu.
3. **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**, berisikan tentang penjelasan metodologi/alur dalam pengerjaan Tugas Akhir.
4. **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**, berisikan tentang hasil dan pembahasan Tugas Akhir berupa metode pelaksanaan bottom-up dan top-down, perhitungan analisa harga satuan, rencana anggaran biaya metode konstruksi bottom-up dan top-down, analisa waktu dan penjadwalan metode konstruksi bottom-up dan top-down.
5. **BAB VI PENUTUP**, berisikan penjelasan tentang kesimpulan hasil perbandingan metode konstruksi *bottom-up* dan *top-down* dari segi biaya dan waktu, dan saran yang mendukung guna

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Basement

Perluasan ruang pada bangunan biasanya dilakukan secara horizontal (bagian samping, depan atau belakang bangunan) namun karena terbatasnya lahan yang tersedia dan semakin mahalnya harga tanah pembangunan secara vertikal ke atas atau ke bawah menjadi solusinya.

Ruang di bawah tanah ini biasa disebut sebagai *basement*. *Basement* sendiri merupakan bagian dari bangunan gedung. Saat ini pembangunan *basement* semakin populer dilakukan sebagai salah satu solusi meningkatnya kebutuhan lahan parkir akibat dari jumlah kendaraan yang terus meningkat. *Basement* juga dimanfaatkan sebagai ruang utilitas pada gedung bertingkat. Struktur *basement* pada gedung bertingkat (tidak termasuk pondasi tiang) secara garis besar terdiri dari *raft foundation*, kolom, dinding *basement*, balok dan pelat lantai.

2.2 Metode Pelaksanaan Basement

Metode pelaksanaan pada pekerjaan *basement* merupakan metode yang memiliki pengaruh yang cukup besar dalam metode pekerjaan struktur secara keseluruhan. Metode pekerjaan *basement* akan menentukan ketepatan jadwal pelaksanaan struktur. Hal ini disebabkan oleh tingkat kesulitan yang cukup tinggi dalam pelaksanaannya.

Pada pelaksanaan *basement* terdapat permasalahan muka air tanah yang sering menghambat pekerjaan dan perlu penanganan yang teliti mengenai perilaku air bawah tanah pada lokasi proyek agar tidak merugikan lingkungan sekitar. Selain itu, kondisi tanah yang kurang baik yang disertai dengan lahan yang sempit akan memberikan kesulitan yang tinggi dalam pelaksanaan pekerjaan tanah dan pekerjaan lain yang terkait. Adanya bangunan disekitar lokasi pun memberikan andil dalam proses

penentuan metode pelaksanaan. Hal ini disebabkan oleh adanya pengaruh pergerakan tanah sekitar, kebisingan, dan debu yang akan mengganggu lingkungan bangunan tersebut.

Metode konstruksi yang umum digunakan pada struktur *basement* adalah metode *bottom-up* (pekerjaan dimulai dari galian pondasi *basement* menerus sampai ke lantai atas) namun seiring berkembangnya teknologi dan inovasi dibidang konstruksi terdapat metode konstruksi yang lain untuk pekerjaan *basement* yaitu metode *top-down* pada metode ini pekerjaan gedung bersamaan antara pekerjaan lantai *basement* dan pekerjaan lantai atas.

2.2.1 Metode Konstruksi *Bottom-Up*

Pada metode ini, struktur dilaksanakan setelah seluruh pekerjaan galian selesai mencapai elevasi rencana. Pelat *basement* paling bawah dicor terlebih dahulu, kemudian *basement* diselesaikan dari bawah ke atas, dengan menggunakan *scaffolding*. Kolom, balok dan pelat dicor di tempat (*cast in place*).

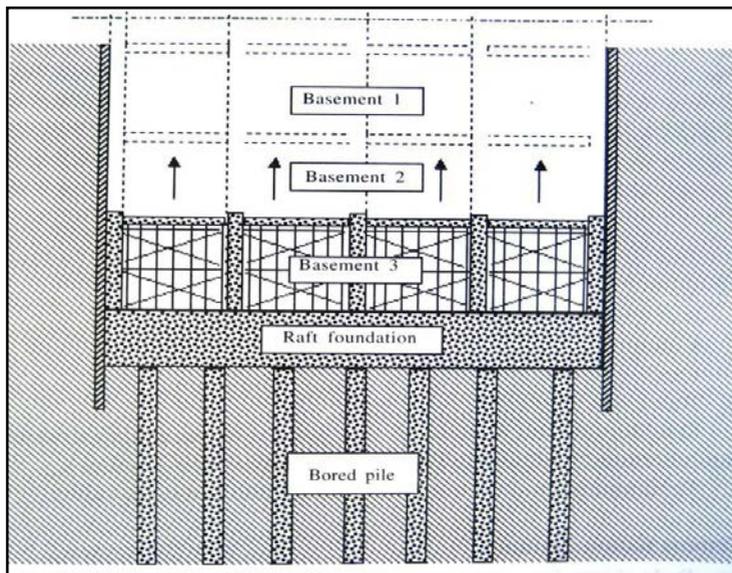
Pada metode ini, galian tanah dapat berupa *open cut* atau dengan sistem dinding penahan tanah yang bisa sementara dan permanen. Sistem dinding penahan tanah dapat dengan kekuatan *strutting*, *ground anchor* atau *free cantilever*. Untuk pekerjaan *dewatering* biasanya menggunakan sistem *predrainage*.

Jadwal pelaksanaan proyek menjadi lebih panjang pada metode *bottom up* karena pekerjaan lainnya baru bisa dimulai setelah pekerjaan galian selesai sampai elevasi yang direncanakan. Secara garis besar urutan kegiatan pekerjaan yang dilakukan pada pelaksanaan konstruksi *basement* dengan metode *bottom-up* ialah 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

Ilustrasi pembangunan *basement* dengan metode *bottom-up* dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Pelaksanaan *Basement* dengan Metode *Bottom-Up*
(Sumber: Brahmantyo, 2012)

Pada metode *bottom-up* ini pun mempunyai kekurangan dan kelebihan. Kekurangan metode konstruksi *Bottom Up* ini diantaranya ialah (Mistra 2012):

- a) Jadwal pelaksanaan pembangunan menjadi panjang karena ada beberapa tahap awal pekerjaan yang tidak dapat dilakukan

sehubungan dengan adanya proses galian tanah karena harus menunggu sampai seluruh pekerjaan galian tanah selesai. Proses galian inilah yang akan membuat jadwal pelaksanaan menjadi bertambah panjang.

- b) Pelaksanaan pekerjaan pelat lantai dan balok *basement* banyak membutuhkan perancah (bekisting). Akibatnya, biaya menjadi lebih mahal dan *waste material* akan banyak.
- c) Proses dewatering sistem akan mengakibatkan turunnya muka air tanah secara drastis. Berlarinya air tanah (*drain*) dapat berakibat turunnya bangunan di sekitar proyek. Oleh karena itu, tidak tertutup kemungkinan adanya penurunan bangunan gedung tinggi di sebelahnya (*settlement*) akibat pengerjaan metode ini. metode ini juga dapat berdampak keringnya sumur milik warga di sekitar lokasi proyek.

Sedangkan kelebihan metode konstruksi *Bottom Up* ini diantaranya ialah sebagai berikut (Mistra 2012) :

- a). Biaya peralatan lebih murah.
- b). Sumber daya manusia yang terlatih sudah banyak memadai.
- c). Peralatan yang digunakan adalah peralatan yang umum digunakan misalnya: Backhoe, Shovel Loader dan lainnya, tidak diperlukan peralatan khusus.
- d). Tidak memerlukan teknologi yang tinggi.
- e). Biaya dinding penahan tanah yang digunakan relatif lebih murah dibanding dengan *diaphragm wall* yang umum digunakan untuk metode *Top down*
- f). Teknik pengendalian pelaksanaan konstruksi sudah dikuasai karena sudah banyak proyek bangunan *basement* yang sudah dikerjakan sehingga pengalaman dan contoh cukup mendukung

2.2.2 Metode Konstruksi *Top-Down*

Pada metode konstruksi *top-down*, pelaksanaan struktur *basement* dilakukan dari *basement* yang teratas dan dilanjutkan lapis demi lapis sampai kedalaman *basement* yang diinginkan yang bersamaan dengan pekerjaan galian *basement*. Urutan penyelesaian balok dan pelat lantai dimulai dari atas ke bawah

dan selama proses pelaksanaan, struktur pelat dan balok tersebut didukung oleh tiang baja yang disebut *king post*. *King post* adalah bagian dari tiang pondasi pada posisi kolom *basement*, yang biasanya terbuat dari profil baja atau dapat juga menggunakan pipa baja. *King post* ini berfungsi untuk mendukung pelat lantai, balok dan kolom sementara, yang nantinya diperkuat agar berfungsi sebagai kolom permanen.

Pada metode ini dibuat dinding penahan tanah yang dikerjakan sebelum ada pekerjaan galian tanah. Dinding penahan tanah yang biasa digunakan berupa dinding diafragma (*diaphragm wall*) yang berfungsi sebagai *cut off dewatering* juga sebagai dinding *basement*. Untuk penggalian *basement* digunakan alat khusus, seperti *excavator* ukuran kecil. Bila struktur *basement* telah selesai, maka tiang *king post* dicor beton dijadikan sebagai kolom permanen. Lubang-lubang galian lantai *basement* yang dipergunakan untuk pegangkutan tanah galian ditutup kembali. Metode ini dapat menghemat biaya proyek karena pekerjaan struktur bersamaan dengan pekerjaan galian, metode ini pun mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kelebihan metode *top down* yaitu sangat stabil/deformasi kecil, pelat berfungsi ganda sebagai gravity sistem dan *strut* (Sukamta 2010).

Urutan kegiatan pekerjaan metode *top-down* yaitu:

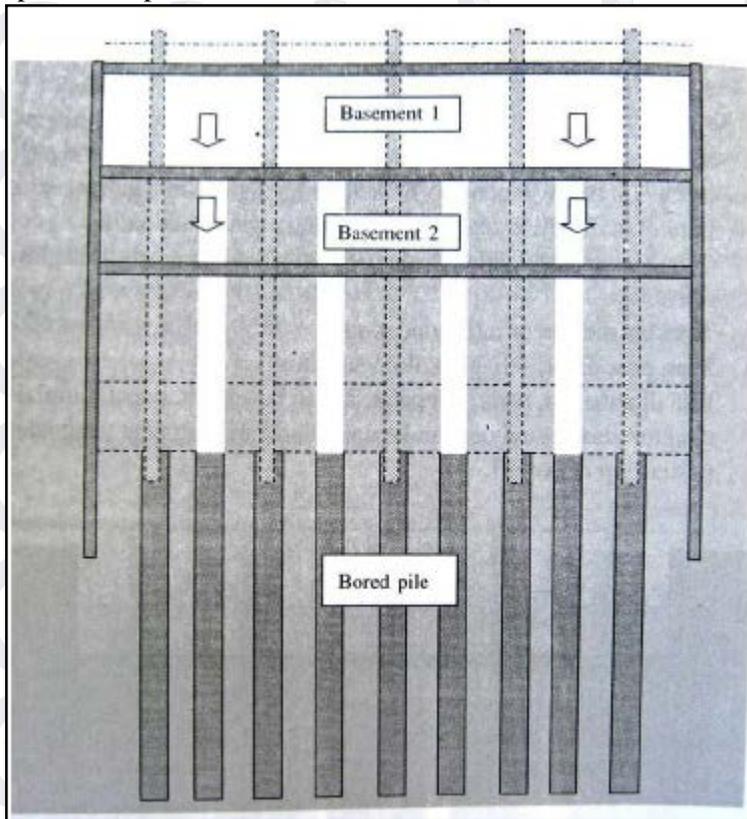
1. Padatahap1: Pembuatan dinding penahan tanah

Pengecoran *bored pile* dan pemasangan *king post*

2. Pada tahap 2 dan seterusnya:

- Lantai *basement* 1 dicor diatas tanah dengan lantai kerja
- Galian *basement* 1 dilaksanakan setelah lantai *basement* 1 cukup kekuatannya menggunakan *excavator* kecil. Disediakan lubang lantai dan *ramp* sementara untuk pembuangan tanah galian.
- Lantai *basement* 2 dicor diatas tanah dengan lantai kerja
- Galian *basement* 2 dilaksanakan seperti galian *basement* 1, begitu seterusnya
- Terakhir mengecor *raft foundation*
- *King post* dicor sebagai kolom struktur

Gambaran pelaksanaan *basement* menggunakan metode *top-down* dapat dilihat pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Pelaksanaan *Basement* dengan Metode *Top-Down*
(Sumber: Brahmantyo, 2012)

Penggunaan metode ini dapat mempercepat waktu pelaksanaan karena pekerjaan struktur bersamaan dengan pekerjaan galian, metode ini pun mempunyai kelebihan dan kekurangan. Menurut Sukamta (2010) kelebihan metode *top down* yaitu sangat stabil/deformasi kecil, pelat berfungsi ganda sebagai gravity sistem dan *strut*. Sedangkan menurut Mistra

(2012). Kekurangan metode konstruksi *Top-Down* diantaranya ialah :

- a) Diperlukan peralatan berat yang khusus.
- b) Diperlukan ketelitian dan ketepatan lebih.
- c) Sumber daya manusia terbatas.
- d) Diperlukan pengetahuan spesifik untuk mengendalikan proyek.
- e) Biaya dinding penahan tanah yang digunakan lebih mahal dibanding dengan *sheet pile* yang umum digunakan untuk metode *Bottom-Up*

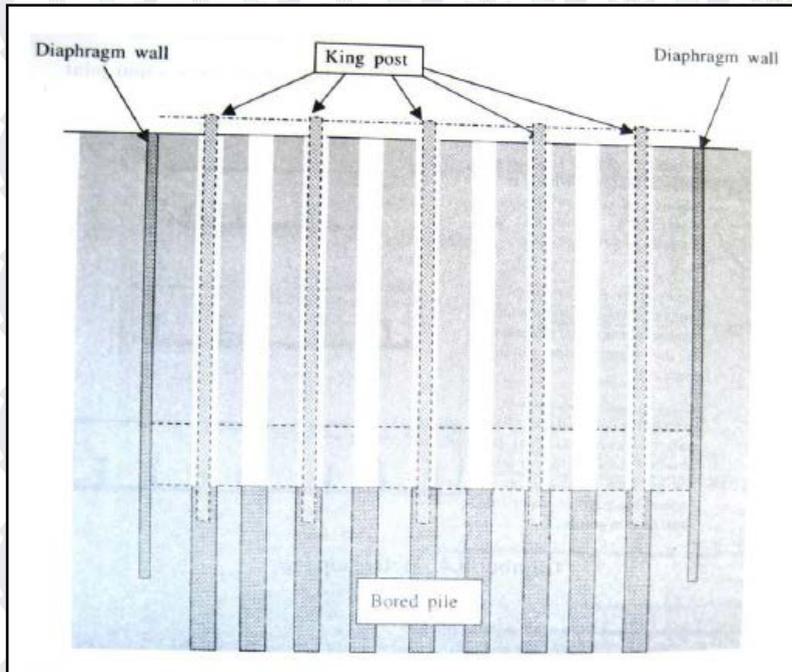
Sedangkan kelebihan metode konstruksi *Top-Down* ini diantaranya ialah sebagai berikut:

- a) Waktu pelaksanaan (*time schedule*) dapat dipersingkat 10-20% dibanding sistem *bottom-up*.
- b) Biaya pelaksanaan pembangunan dapat diperkecil.
- c) Lahan kerja (luas tanah) yang terbatas tidak menjadi halangan terlambatnya proses pekerjaan.
- d) Pekerjaan awal dapat dimulai secara bersamaan tanpa saling menunggu sehingga tidak ada pekerjaan tunda. Artinya, saat proses galian berjalan, pekerjaan struktur juga dapat bergerak bersamaan.
- e) Penurunan gedung (*settlement*) di sebelahnya dapat diperkecil sehingga pekerjaan berjalan lebih aman.
- f) Faktor rusaknya rumah penduduk akibat pengurasan air tanah dapat diminimalkan.

2.2.2.1 King Post

King post merupakan bagian dari tiang pondasi pada posisi segaris dengan kolom *basement*. *King post* terbuat dari besi baja H-beam atau IWF atau bisa juga pipa baja. *King post* berfungsi untuk memegang pelat lantai dan menyalurkan beban yang bekerja pada pelat lantai *basement* ke tiang pondasi di tempat *king post* tertanam sebagai kolom sementara yang pada bagian mencuat dari lantai dasar bisa diteruskan menjadi kolom

permanen sehingga memungkinkan dilaksanakan serentak ke arah atas dan bawah (*top and down*). Ilustrasi pemasangan *king post* seperti pada Gambar 2.3



Gambar 2.3 Pemasangan *Bored Pile* dan *King Post*
(Sumber: Brahmantyo, 2012)

2.3 Retaining Wall (Dinding Penahan Tanah)

Pembangunan *basement* memerlukan proses penggalian pada tanah dasar. Kendala yang sering dijumpai pada proses penggalian tanah ini adalah runtuhnya dinding vertikal tanah disekitar lokasi galian akibat dari perubahan struktur tanah. Hal ini dapat mengakibatkan pergerakan gedung disekitar lokasi galian biasanya terlihat dari adanya retakan tanah disekitar gedung yang akan diikuti dengan miringnya gedung tersebut.

Untuk mengantisipasi hal tersebut dan untuk kelancaran pekerjaan pembangunan, maka dibuatlah dinding penahan tanah atau *retaining wall*. Dinding penahan tanah ini berfungsi untuk menahan tekanan tanah lateral dan dari bahaya kelongsoran. Dinding penahan tanah yang umumnya digunakan pada pekerjaan *basement* dapat berupa *diaphragm wall*, tiang bor menerus, beton pracetak, atau *sheet pile*.

2.3.1 Dinding Diafragma

Dinding *diaphragm* atau dinding sekat adalah sebuah membran buatan dengan ketebalan (sesuai tebal alat penggali bernama grabber) dan kedalaman tertentu. Biasanya lebar atau tebal dinding antara 50-150 cm (Mistra 2012).

Dinding diafragma terbuat dari beton yang di cor di dalam tanah membentuk dinding yang dapat berfungsi sebagai *cut off dewatering* dan struktur penahan tanah pada proses penggalian tanah *basement* (Asiyanto 2006). Penggunaan sistem dinding *diaphragm* sangat ekonomis karena ada banyak faktor menguntungkan bila dibandingkan dengan sistem dinding penahan menerus. Diantaranya pelaksanaannya tidak menimbulkan kebisingan dan sedikit getaran, mengurangi biaya karena dapat berfungsi sebagai *cut off dewatering* dan dinding *basement*.

2.4 Alat-alat Berat

Alat berat mempunyai peranan yang penting dalam pelaksanaan proyek konstruksi, terutama proyek dengan skala yang besar. Tujuan penggunaan alat-alat berat tersebut untuk mempermudah proses pekerjaan sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif lebih singkat.

Alat berat yang umumnya digunakan pada pekerjaan *basement* yaitu alat penggali (*excavator*) seperti *backhoe* atau *clamshell*, *crane* untuk pemindahan vertikal, *truck* atau *loader* untuk alat pengangkut, *bulldozer* untuk meratakan tanah, *concrete*

mixer truck sebagai pengangkut adukan beton. Alat pemadatan juga sering digunakan untuk pemadatan di sekitar *basement* (Rostiyanti 2008).

2.4.1 *Dump Truck*

Dump Truck adalah alat yang digunakan untuk mengangkut/memindahkan material seperti tanah, pasir, batuan pada proyek konstruksi (Rostiyanti 2008). Pemilihan jenis *dump truck* tergantung pada kondisi lapangan, volume material, waktu dan biaya. *Dump truck* yang dipakai pada proyek konstruksi umumnya digolongkan menjadi 3 yaitu :

1. *Side Dump Truck* (Penumpahan ke samping)
2. *Rear Dump Truck* (Penumpahan ke belakang)
3. *Rear and Side Dump Truck* (Penumpahan ke belakang dan ke samping).

Kapasitas dari bak penampung *truck* terdiri dari *struck capacity* (kapasitas peres) dan *heaped capacity* (kapasitas munjung). *Struck capacity* adalah kapasitas alat yang muatannya mencapai ketinggian dari bak penampung sedangkan *heaped capacity* adalah kondisi muatan mencapai ketinggian lebih dari ketinggian bak (Rostiyanti 2008). *Dump Truck* dibagi dua golongan menurut muatannya :

1. *On High Way Dump Truck*, muatan $< 20 \text{ m}^3$ (*Dump Truck* Kecil).
2. *Off High Way Dump Truck*, muatan $> 20 \text{ m}^3$ (*Dump Truck* Besar)

Kapasitas *dump truck* tergantung dari waktu yang dibutuhkan untuk memuat material ke dalam *truck* terhadap waktu angkut *truck*. Biasanya kapasitas *truck* yang dipilih adalah empat sampai lima kali kapasitas alat gali yang memasukkan material ke dalam *truck*.

2.4.2 Excavator

Excavator berfungsi untuk menggali tanah atau batuan, seperti pada pekerjaan *basement*. Yang termasuk alat gali (*excavator*) adalah *backhoe*, *frontshovel*, *dragline*, dan *clamshell*. Excavator terdiri dari struktur bawah, struktur atas, dan *bucket*. Struktur bawah alat berupa penggerak roda ban atau *crawler*.

Excavator mempunyai as diantara alat penggerak dan badan mesin sehingga dapat memutar meskipun tidak ada gerakan pada alat penggerak. *Backhoe*, *front shovel* termasuk alat gali sistem hidrolis karena *bucket* digerakkan secara hidrolis. (Rostiyanti 2008).

2.4.3 Clamshell

Seperti halnya *excavator*, *clamshell* berfungsi untuk menggali tanah atau batuan. Cara kerja *clamshell* yaitu menjatuhkan *bucket* pada saat kosong dan mengangkatnya saat berisi muatan secara vertikal, dengan swing seperti pada excavator dan membongkar muatan pada tempat yang dikehendaki dan swing kembali. *Clamshell* merupakan alat gali sistem kabel. Sistem kabel ini dipasangkan pada boom yang berupa rangka baja.

Ada dua macam bucket yang digunakan:

1. *Heavy duty bucket* : dilengkapi dengan gigi yang dapat dilepas, digunakan untuk penggalian
2. *Light duty bucket* : untuk mengangkat bahan ringan, tanpa dilengkapi gigi-gigi

2.4.4 Crane

Crane adalah alat berat untuk pengangkutan vertikal atau alat pengangkat yang biasa digunakan di dalam proyek konstruksi. Cara kerja *crane* adalah dengan mengangkat secara vertikal material yang akan dipindahkan, memindahkan secara horisontal, kemudian menurunkan material di tempat yang diinginkan. *Crane* mempunyai beberapa tipe yang di dalam pengoperasiannya

dipilih sesuai dengan kondisi suatu proyek. Tipe *crane* yang umum dipakai adalah:

- a) *Crane* beroda *crawler*
- b) *Truck crane*
- c) *Truck crane* untuk lokasi terbatas
- d) *Truck crane* untuk segala jenis lokasi
- e) *Tower crane*

2.4.5 Concrete Mixer Truck

Concrete mixer truck digunakan untuk mengaduk beton dan mengangkat beton hasil pengadukan ke lokasi proyek. Cara kerja alat ini adalah pertama memasukkan agregat, semen dan bahan aditif yang telah tercampur dari batching plant ke dalam drum yang terletak di atas truk. Air ditambahkan pada saat pengadukan akan dimulai (Rostiyanti 2008).

Alat ini juga dapat digunakan sebagai agitator truck yang mengangkat hasil adukan dari *mixing plant* ke proyek. Sebagai agitator alat ini memiliki kapasitas lebih besar (berkisar 3 kali lebih besar) dibandingkan alat yang berfungsi sebagai *mixer* saja.

2.4.6 Bulldozer

Bulldozer adalah alat berat bertipe traktor menggunakan track/rantai serta dilengkapi dengan pisau (*blade*) yang terletak di depan. Bulldozer diaplikasikan untuk pekerjaan menggali, mendorong dan menarik material (tanah, pasir, dsb). Kemampuan *bulldozer* ini untuk mendorong tanah ke muka, disamping itu ada yang disebut dengan *angle dozer* yang dapat mendorong tanah atau material ke samping. *Angle* ini dapat membuat sudut 25° terhadap posisi lurus.

Menurut *track-shoe* nya, *bulldozer* dapat dibedakan atas :

- a. *Crawler tractor dozer* (dengan roda kelabang).
- b. *Wheel traktor dozer* (dengan roda ban).
- c. *Swamp bulldozer* (untuk daerah rawa).

Sedangkan berdasarkan penggerak *blade*-nya, bulldozer dibedakan

- a. Pengendalian dengan kabel.
- b. Pengendalian dengan hidrolis

2.5 Produktivitas Alat Berat

Produktivitas atau kapasitas alat adalah besarnya keluaran (*output*) volume pekerjaan tertentu yang dihasilkan alat per-satuan waktu. Untuk memperkirakan produktivitas alat, diperlukan kinerja alat yang diberikan oleh pabrik pembuat alat dan faktor efisiensi alat, operator, kondisi lapangan dan material (Rostiyanti 2008).

Produktivitas alat dihitung berdasarkan volume per-siklus waktu dan jumlah siklus dalam satu jam. Pengertian waktu siklus adalah waktu yang dipakai sebuah mesin (kendaraan) untuk menjalani suatu siklus pekerjaan.

$$Q = q \times N \times E \dots\dots\dots \text{pers. (1)}$$

Dimana :

Q = produksi alat per jam (m^3/jam)

q = produksi alat per siklus (m^3/siklus)

E = efisiensi waktu kerja (waktu kerja efektif/60)

N = jumlah siklus per jam, yaitu :

$$N = \frac{60}{W_s} \dots\dots\dots \text{pers. (2)}$$

W_s = waktu siklus (menit)

Dengan demikian, produktivitas alat dapat dihitung dengan :

$$Q = \frac{q \times 60 \times e}{W_s} \dots\dots\dots \text{pers. (3)}$$

2.6 Analisa Biaya

Sebelum suatu proyek konstruksi dimulai, terlebih dahulu diperkirakan secara cermat biaya yang akan dikeluarkan untuk pengerjaan proyek tersebut yang selanjutnya disebut Rencana Anggaran Biaya. Menurut Ibrahim (2001) rencana anggaran biaya adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan

dan upah, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan atau proyek tersebut.

Rencana anggaran biaya dihitung berdasarkan pada volume tiap jenis pekerjaan dikalikan dengan harga satuan tiap pekerjaan tersebut, dan dihitung untuk seluruh jenis pekerjaan yang dikerjakan pada suatu proyek konstruksi, sehingga dapat diperoleh total dari rencana anggaran biaya keseluruhan. Harga satuan pekerjaan terdiri dari biaya material, biaya upah pekerja, dan biaya peralatan dimana biaya-biaya tersebut termasuk biaya langsung dalam suatu proyek.

2.6.1 Volume Pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan merupakan bagian paling penting dalam tahap perencanaan proyek konstruksi. Perhitungan volume pekerjaan konstruksi merupakan suatu proses pengukuran/perhitungan terhadap kuantitas item-item pekerjaan berdasarkan pada gambar atau aktualisasi pekerjaan di lapangan. Dengan mengetahui jumlah volume pekerjaan maka akan diketahui berapa banyak biaya yang diperlukan dalam pelaksanaan konstruksi tersebut.

2.6.2 Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga, bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan di lokasi dikumpulkan dan dicatat dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah. Harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di setiap daerah berbeda-beda. Jadi dalam menghitung dan menyusun anggaran biaya suatu proyek harus berpedoman pada harga satuan bahan dan upah tenaga kerja di pasaran dan di lokasi pekerjaan. Biasanya pelaksana atau kontraktor membuat harga satuan pekerjaan tersendiri yang disesuaikan dengan harga dipasaran dimana proyek tersebut dilaksanakan.

2.6.3 Biaya Langsung

Menurut Asiyanto (2003) biaya langsung dalam biaya proyek adalah biaya yang dikeluarkan untuk kegiatan yang berhubungan langsung dengan proyek yang bersangkutan yang menghasilkan konstruksi fisik yang bersifat tetap. Biaya langsung ini besarnya dominan terhadap total biaya. Komponen utama dari biaya langsung adalah biaya material, tenaga kerja, dan peralatan.

a) Biaya material

Harga atau bahan material yang digunakan untuk proses pelaksanaan konstruksi, yang sudah memasukan biaya pengepakan, biaya angkutan dan biaya penyimpanan sementara di gudang.

b) Biaya Tenaga kerja

Biaya yang dibayarkan kepada pekerja dalam menyelesaikan suatu jenis pekerjaan sesuai dengan keterampilan dan keahliannya

c) Biaya Peralatan

Biaya yang diperlukan untuk kegiatan sewa, pengangkutan, pemasangan alat, dan biaya operasi dapat juga dimasukkan upah dari operator mesin

2.6.4 Biaya Tidak Langsung

Biaya tidak langsung (*indirect cost*) adalah biaya yang harus dikeluarkan untuk kegiatan yang tidak berkaitan langsung dengan kegiatan proyek, tetapi harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut. Biaya tidak langsung suatu proyek tidak standar tetapi tergantung situasi dan kondisi saat proyek dilaksanakan (Asiyanto 2003). Biaya tidak langsung terdiri dari :

a) Biaya *overhead* umum

Biaya sewa kantor, peralatan kantor, alat tulis, air, listrik dan lainnya.

b) Biaya *overhead* proyek

Biaya seperti telepon yang dipasang di proyek, pengukuran (survey), surat-surat ijin dan lainnya. Jumlah *overhead* dapat berkisar 12%-30%.

c) Profit

Keuntungan yang didapat oleh pelaksana proyek (kontraktor). Secara umum keuntungan yang di oleh kontraktor berkisar 10%-12%, atau tergantung dari keinginan kontraktor.

d) Pajak

2.7. Analisa Waktu

Supaya suatu pekerjaan konstruksi dapat berjalan lancar serta efektif, maka diperlukan pengaturan waktu atau penjadwalan dari kegiatan-kegiatan yang terlibat didalamnya. Sehubungan dengan ini maka pihak pelaksana dari suatu pekerjaan konstruksi membuat suatu jadwal waktu pelaksanaan (*Time Schedule*).

2.7.1 Waktu dan Durasi Kegiatan

Menentukan durasi kegiatan biasanya didasarkan pada volume pekerjaan dan produktivitas pekerja/alat dalam menyelesaikan suatu pekerjaan. Sebagai contoh, produktivitas kelompok pekerja untuk mengerjakan pekerjaan dinding bata adalah 10 m²/hari, sedangkan volume pekerjaan dinding bata 240 m².

Durasi pekerjaan dinding bata = volume pekerjaan/produktivitas
= 240 m²/10 m²/hari = 24 hari

Untuk mendapatkan produktivitas pekerja biasanya didapat dengan cara membagi koefisien pekerja yang terdapat dalam analisa harga satuan dengan volume pekerjaan. Sedangkan untuk mencari produktivitas alat, masing-masing alat mempunyai produktivitas tersendiri sesuai dengan jenis alat berat tersebut seperti bahasan pada sub bab 2.5.

2.7.2 Penjadwalan

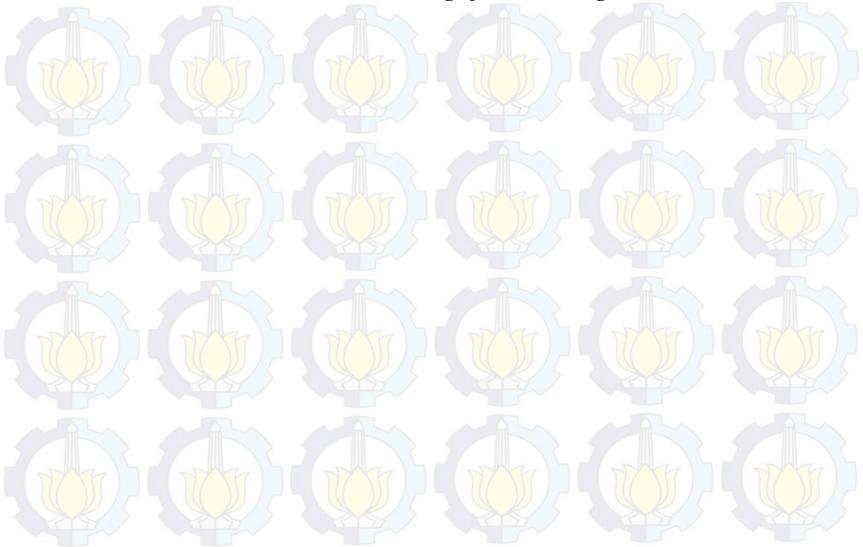
Penjadwalan dalam proyek konstruksi merupakan alat untuk menentukan aktivitas yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek dalam urutan serta kerangka waktu tertentu, yang mana setiap aktivitas harus dilaksanakan agar proyek selesai tepat waktu dengan biaya ekonomis (Irika&Lenggogeni 2013).

Dari penjadwalan kita akan mendapatkan gambaran lamanya pekerjaan yang dapat diselesaikan, serta bagian-bagian pekerjaan yang saling terkait antara satu dan lainnya. Penjadwalan dilakukan dengan menentukan urutan-urutan dimana aktifitas dimulai, ditunda, dan diselesaikan sehingga kebutuhan biaya dan pemakaian sumber daya disesuaikan menurut kebutuhan dan waktu pelaksanaannya. Ada beberapa metode yang biasa digunakan untuk merencanakan penjadwalan pada proyek konstruksi diantaranya *Bar Chart*, dan *Precende Diagram Method* (PDM).

2.7.3 Diagram Balok (*Bar Chart*)

Dalam proyek konstruksi, metode penjadwalan yang sering digunakan adalah *bar chart*. *Bar chart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal dibagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas tersebut disusun berdasarkan urutan pekerjaannya (Irika&Lenggogeni 2013). Penggunaan *Bar chart* lebih jauh digunakan sebagai alat kontrol waktu dan biaya yang ditunjukkan dalam kurva S. Kelemahan *Bar chart* (*Diagram Balok*) ini adalah kurang dapat menjelaskan keterkaitan antara kegiatan yang satu dengan yang lainnya. misalnya kegiatan pondasi terjadi perubahan atau terlambat. Perubahan yang terjadi tersebut tidak terlihat secara langsung mempengaruhi kegiatan lainnya, hal tersebut disebabkan tidak jelasnya hubungan antar kegiatan.

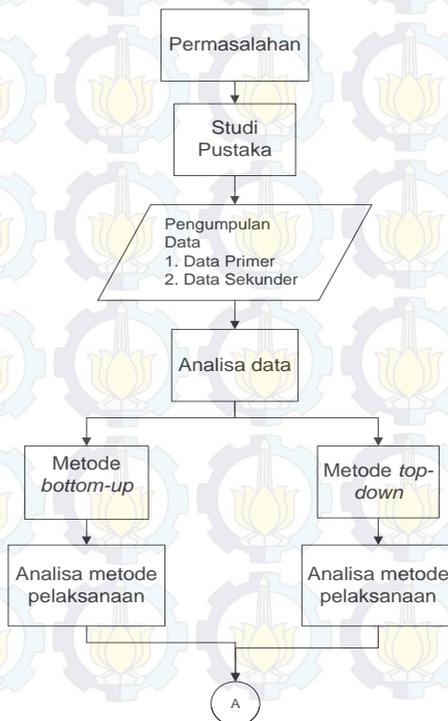
“Halaman ini sengaja dikosongkan”

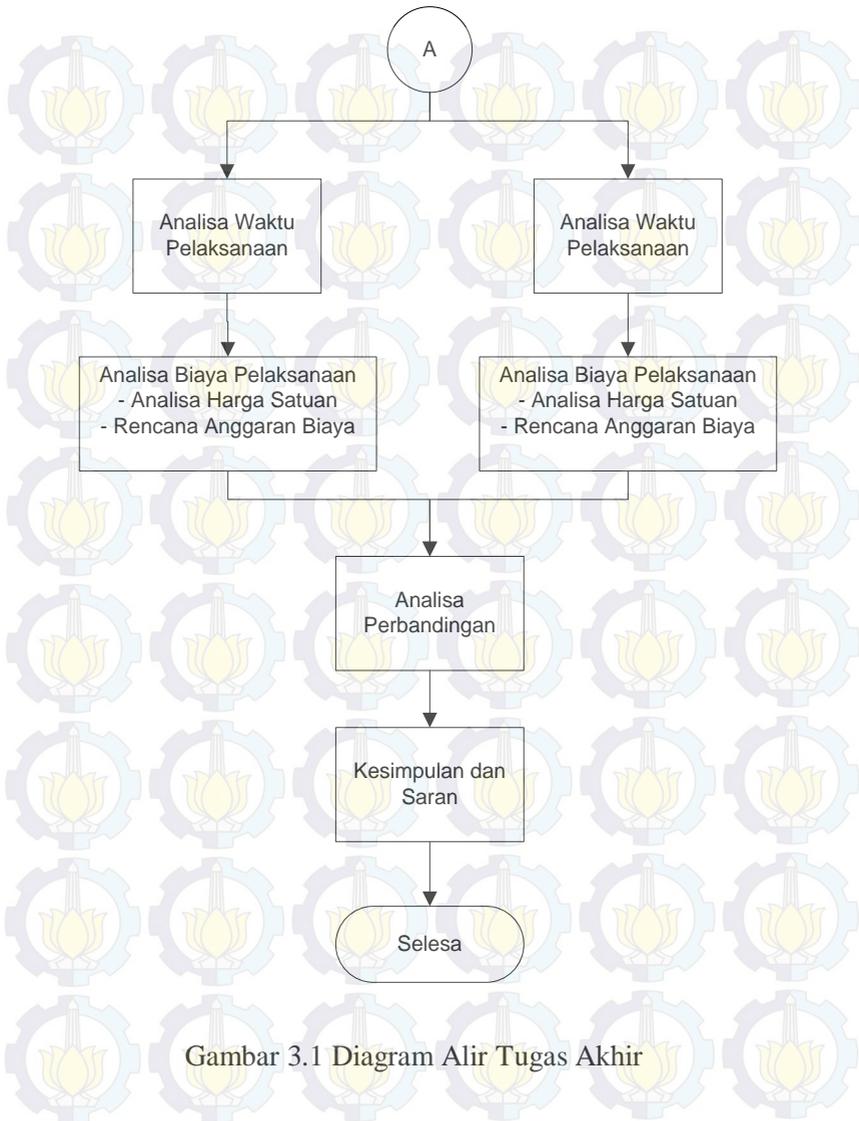


BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Langkah-langkah Penelitian

Dalam bab metodologi penelitian ini, dijelaskan langkah-langkah yang akan dilakukan selama penyusunan Tugas Akhir tentang “Analisa perbandingan metode *bottom-up* dan *top-down* pada pekerjaan *basement Gedung Parkir Apartemen Skyland City Education Park Bandung* dari segi biaya dan waktu” yang dijadikan kerangka acuan selama melaksanakan Tugas Akhir. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1





Gambar 3.1 Diagram Alir Tugas Akhir

3.2 Data Penelitian

Pada penelitian ini diperlukan data yang dijadikan bahan acuan dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan Tugas Akhir. Data yang dibutuhkan dapat diklasifikasikan dalam dua jenis data, yaitu:

3.2.1 Data Primer

Data yang didapat dari hasil peninjauan dan pengamatan langsung di lapangan berupa letak, kondisi lokasi, kondisi bangunan disekitar lokasi.

3.2.2 Data Sekunder

Data pendukung yang dipakai dalam pembuatan dan penyusunan Tugas Akhir baik dari lapangan serta dari literatur-literatur yang ada. Data ini tidak dapat digunakan secara langsung sebagai sumber tetapi harus melalui proses pengolahan data untuk dapat digunakan. Data sekunder yang digunakan dalam penyusunan laporan Tugas Akhir ini yaitu :

- a. Gambar rencana *basement* gedung parkir dengan metode *bottom-up* yang diperoleh dari data proyek dan gambar rencana *basement* dengan metode *top-down* diperoleh dari Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil oleh Rizky Harja Dwinata
- b. Penjadwalan proyek

3.3 Analisa Data

Dalam analisa data dibagi menjadi dua yaitu analisa data untuk metode *bottom-up* dan metode *top-down*, terdapat beberapa tahap yang dilakukan yaitu :

3.3.1 Analisa Metode Pelaksanaan

Menyusun secara garis besar tahapan pelaksanaan pekerjaan *basement* untuk metode *bottom-up* dan metode *top-down* serta menganalisa aktifitas kegiatan setiap pekerjaan. Analisa metode pelaksanaan menjadi dasar untuk menghitung biaya dan waktu pelaksanaan untuk masing-masing metode.

Untuk metode *top-down* karena pekerjaan dimulai dari pelat lantai atas untuk mendukung pelat lantai atas dan balok

selama proses pelaksanaan akan digunakan tiang baja yang disebut *king post*. *King post* ini bagian dari pondasi yang akan menjadi kolom permanen pada *basement*. Direncanakan satu pondasi untuk satu *king post*. Selain itu untuk pada saat pekerjaan galian akan bersamaan dengan pekerjaan *basement* di atasnya.

3.3.2 Analisa Biaya Pelaksanaan

Analisa biaya dibutuhkan untuk mengetahui besarnya biaya yang dibutuhkan pada masing-masing metode dalam pelaksanaan proyek tersebut.

Analisa biaya pelaksanaan pada masing-masing metode dihitung berdasarkan volume setiap pekerjaan, material yang digunakan, dan peralatan yang dipakai.

a. Analisa Harga Satuan.

Analisa Harga Satuan dihitung berdasarkan kebutuhan alat, bahan serta tenaga kerja yang dibutuhkan sesuai dengan ketentuan pada Pedoman Analisa Harga Satuan Bidang Pekerjaan Umum Tahun 2013. Pada proses perhitungan AHS data-data yang dibutuhkan yaitu daftar harga satuan upah pekerja, daftar harga satuan alat, daftar harga satuan bahan/material dan perhitungan koefisien.

b. Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya dihitung berdasarkan pada volume tiap jenis pekerjaan dikalikan dengan harga satuan tiap pekerjaan. Pada RAB terdapat biaya material, upah dan peralatan, dan juga biaya tidak langsung selama proses pelaksanaan proyek.

Perhitungan analisa biaya pada kedua metode pada dasarnya adalah sama, hanya saja karena metode *top-down* dikerjakan dari *basement* paling atas dan terdapat kolom sementara untuk mendukung pelat lantai sehingga volume, material, peralatan akan berbeda.

3.3.3 Analisa Waktu Pelaksanaan

Analisa waktu pelaksanaan setiap kegiatan pekerjaan untuk kedua metode dihitung dengan cara membagi volume tiap pekerjaan dari masing-masing metode dengan nilai tingkat produktivitas pekerja atau alat. Setelah itu, untuk mengetahui durasi pelaksanaan secara keseluruhan pada masing-masing metode konstruksi digunakan metode penjadwalan *Bar Chart* dengan alat bantu *Microsoft Project*. Pada *Microsoft project*, pada *table gant* terdapat beberapa kolom seperti :

- a. Task name : untuk mengisi nama pekerjaan
- b. Duration : untuk mengisi lama pekerjaan
- c. Start : tanggal di mulainya suatu pekerjaan
- d. Finish : tanggal di akhirnya suatu pekerjaan
- e. Prodecessor : hubungan antar pekerjaan

Sama halnya dengan analisa biaya pada analisa waktu karena kedua metode mempunyai perbedaan dalam kegiatan pelaksanaan yang dilakukan sehingga tahapan pekerjaan (*sequencing*) akan berbeda yang berpengaruh terhadap waktu total pelaksanaan dan durasi tiap pekerjaan pun berbeda sesuai dengan volume, peralatan/pekerja yang digunakan.

3.3.4 Analisa Perbandingan

Setelah analisa teknis, biaya dan waktu untuk kedua metode konstruksi didapatkan hasilnya selanjutnya akan dibandingkan berapa biaya, dan waktu yang diperlukan untuk kedua metode berdasarkan hasil analisa metode pelaksanaan.

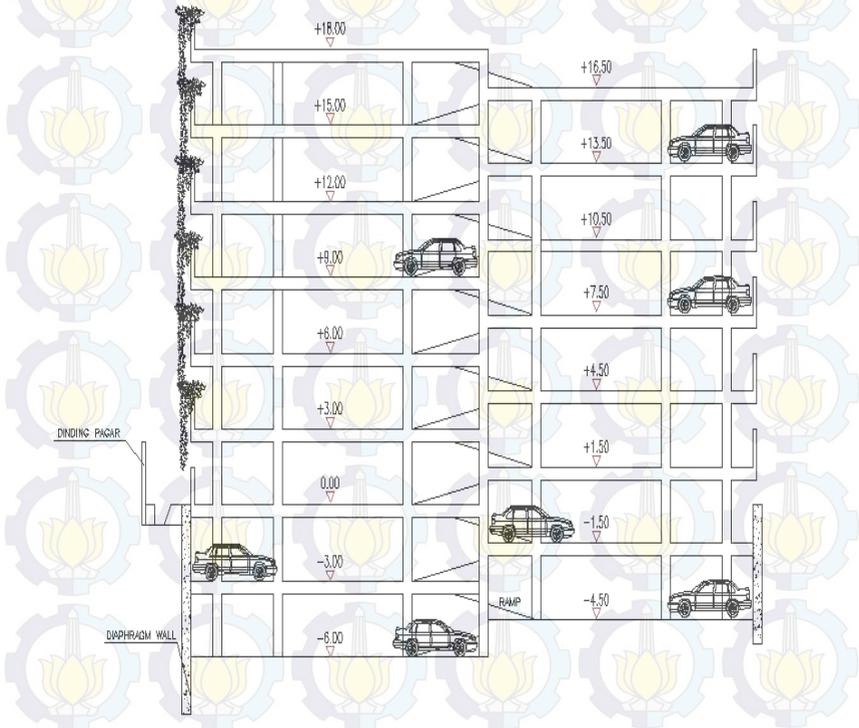


“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Bangunan

Gedung parkir *Apartemen Skyland City Education Park* berlokasi di Jatinangor, Bandung. Gedung parkir ini terdiri dari 2 lantai *basement* dan 6 lantai ke atas dengan tinggi 3 m untuk masing-masing lantai. Luas total bangunan adalah 9559,02 m² dan total tinggi bangunan 24 m (elv -6.00 s/d elv +18.00). Potongan Gambar rencana gedung parkir dapat dilihat pada Gambar 4.1. Metode konstruksi yang dipakai pada proyek ini adalah metode *bottom up*.



Gambar 4.1 Potongan A-A Gedung Parkir

4.2 Metode Pelaksanaan Pekerjaan *Basement*

Penjelasan mengenai masing-masing proses pelaksanaan pekerjaan *basement* menggunakan metode *bottom-up* dan *top-down* akan dijelaskan pada sub bab berikut.

4.2.1 Metode Konstruksi *Bottom-Up*

Metode *bottom-up* dikerjakan mulai dari struktur bawah menerus hingga ke struktur atas. Tahapan pelaksanaan dengan metode *bottom-up* adalah sebagai berikut:

4.2.1.1 Pekerjaan Dinding Penahan Tanah

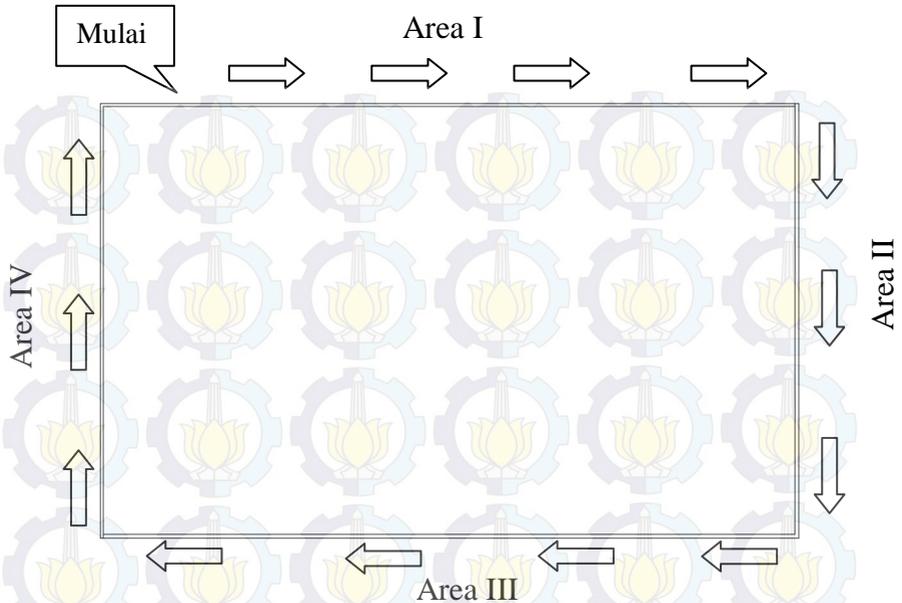
Dinding penahan tanah yang digunakan adalah *diaphragm wall*. *Diaphragm Wall* ini juga berfungsi sebagai *cut off dewatering* dan menjadi dinding *basement* permanen. Data teknis *diaphragm wall* adalah sebagai berikut :

Tebal (t) : 50 cm
 Kedalaman : 16m dan 12 m
 Tebal Panel : 4 m

Untuk memudahkan dalam pengerjaan *diaphragm wall* maka selama proses konstruksi dibagi menjadi 4 area, masing-masing area tersebut terdiri dari beberapa panel yang dibuat menerus, yang akan membentuk *diaphragm wall* seperti pada Tabel 4.1 dan alur pengerjaan seperti pada Gambar 4.2

Tabel 4.1 Pembagian Area Kerja *Diaphragm Wall*

Area	Panjang (m)
I	50,9
II	16,3 (kedalaman 16 m)
	15,0 (kedalaman 12 m)
III	50,9
IV	16,3 (kedalaman 16 m)
	15,0 (kedalaman 12 m)



Gambar 4.2 Alur Pengerjaan *Diaphragm Wall*

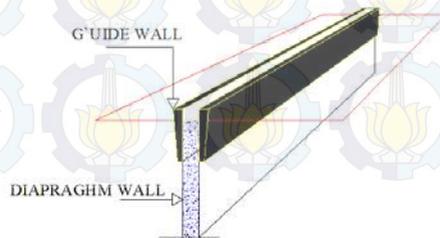
Alat-alat yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan *diaphragm wall* adalah sebagai berikut :

1. *Clamshell*
2. *Crawler Crane*
3. *Pipa tremie*

Urutan pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan Persiapan

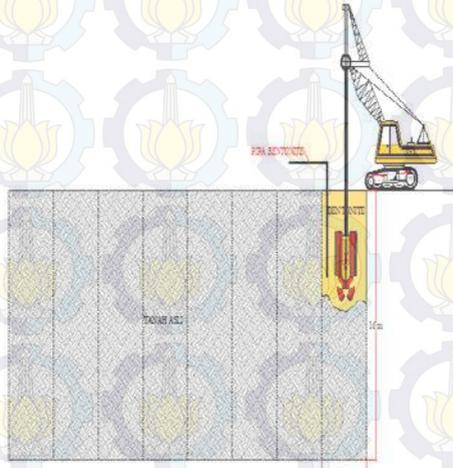
Yaitu pemasangan *guide wall* yang berfungsi untuk menghindari adanya penyimpangan pada saat penggalian seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 *Guide Wall*

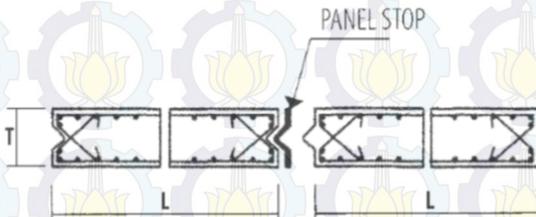
2. Pekerjaan Penggalian

- Penggalian dilakukan setiap panel menggunakan alat berat *clamshell* yang dapat dilihat pada Gambar 4.4

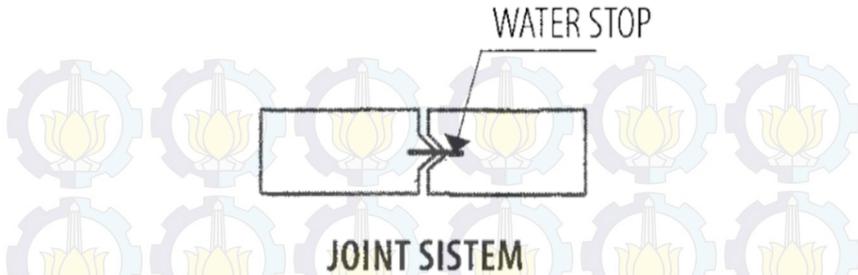


Gambar 4.4 Penggalian Tanah *Diaphragm Wall*

- Terdapat dua tipe panel yaitu panel primer dan panel sekunder. Setelah penggalian selesai dipasang *panel stop* dan yang berfungsi untuk membentuk kedua ujung *diaphragm wall* dan juga dipasang *water stop* agar dinding kedap air, seperti pada Gambar 4.5 dan 4.6. Pemasangan *panel* dan *water stop* ini hanya pada panel primer saja.



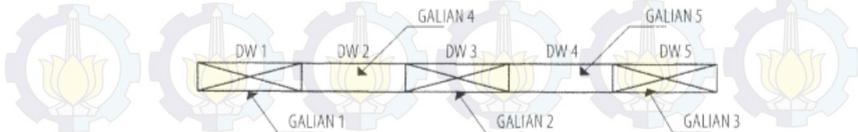
Gambar 4.5 *Panel Stop*
(sumber: Mistra, 2012)



Gambar 4.6 *Water Stop*

(sumber: Mistra 2012)

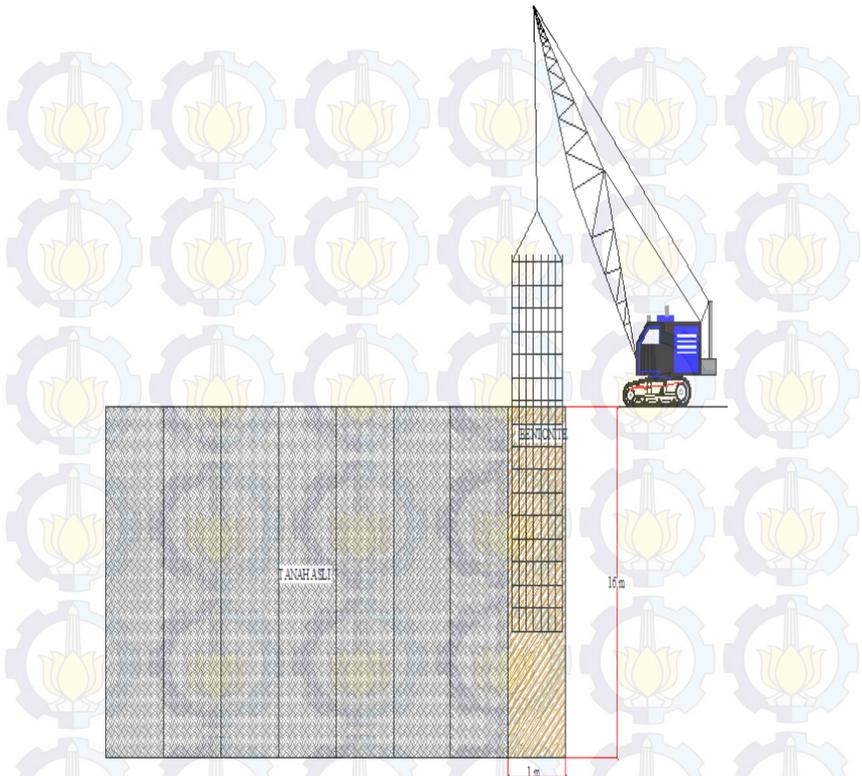
- Selama proses penggalian untuk menjaga stabilitas permukaan tanah dimasukkan bentonite pada lubang panel. Dilakukan juga proses dewatering menggunakan *submersible pump* selama proses penggalian.
- Penggalian panel dilakukan selang-seling untuk menghindari keruntuhan tanah akibat galian. Skema rencana galian dapat dilihat pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Skema Rencana Galian

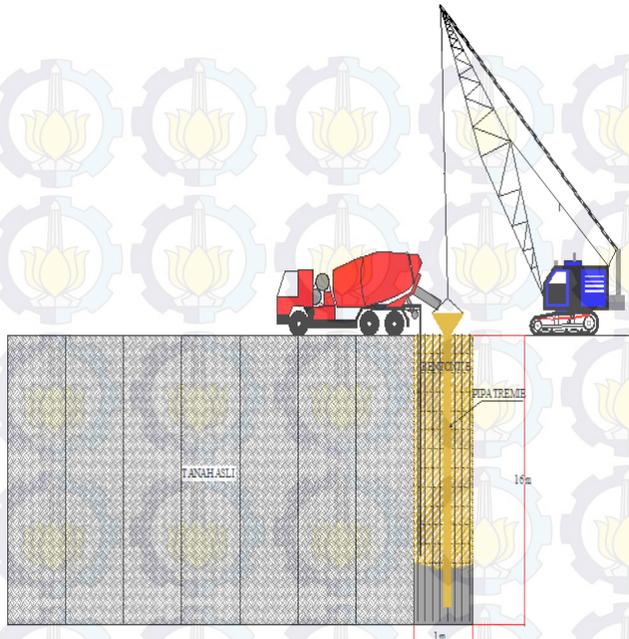
3. Pemasangan Tulangan dan Pengecoran

- Setelah pekerjaan penggalian untuk panel selesai selanjutnya dilakukan pemasangan tulangan menggunakan *crawler crane* yang ditunjukkan pada Gambar 4.8



Gambar 4.8 Pemasangan Tulangan *Diaphragm Wall*

- Proses pengecoran dinding digunakan alat pipa tremi yang dimasukkan ke dalam lubang panel, hal ini dilakukan untuk menjaga tinggi jatuh beton segar kurang dari 1,5 m seperti pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pengecoran *Diaphragm Wall*

4.2.1.2 Pekerjaan Pondasi *Bored Pile*

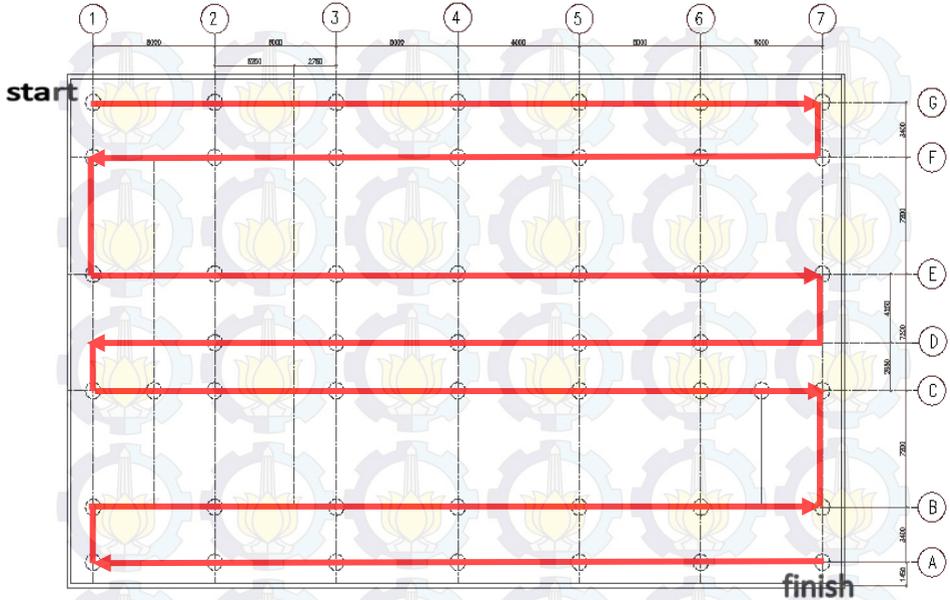
Pada proyek pembangunan gedung parkir *Apartemen Skyland City Education Park* direncanakan menggunakan pondasi *bored pile* \varnothing 1500 mm. Jumlah titik *bored pile* adalah 49 titik.

Pekerjaan pondasi dilaksanakan setelah pekerjaan *diaphragm wall*. Denah pondasi dan alur pengerjaan dapat dilihat pada Gambar 4.10.

Alat-alat yang digunakan dalam pelaksanaan pekerjaan pondasi *bored pile* adalah sebagai berikut :

1. *Auger Bor Machine*
2. *Crawler Crane*
3. *Temporary Casing*

4. Pipa Tremie



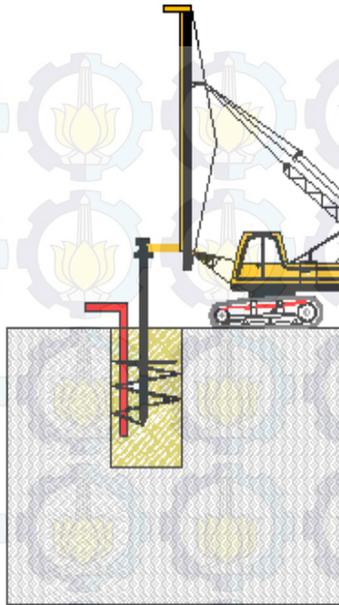
Gambar 4.10 Denah Pondasi

Urutan pengerjaan pondasi *bored pile* adalah sebagai berikut :

- a. Pekerjaan persiapan yaitu penentuan titik *bored pile* oleh suveyor dan perakitan tulangan pondasi
- b. Pengeboran

Pekerjaan pengeboran menggunakan *auger* seperti pada Gambar 4.11, yang dilakukan untuk memudahkan masuknya pipa casing sampai kedalaman 2m. Setelah mencapai kedalaman 2 m dilakukan pemasangan casing untuk menghindari tanah di tepi lubang berguguran.

Pengeboran dilanjutkan menggunakan *bucket* sampai kedalaman rencana dan mengambil tanah hasil pengeboran. Pada saat pengeboran lubang diisi dengan larutan *betonite*.



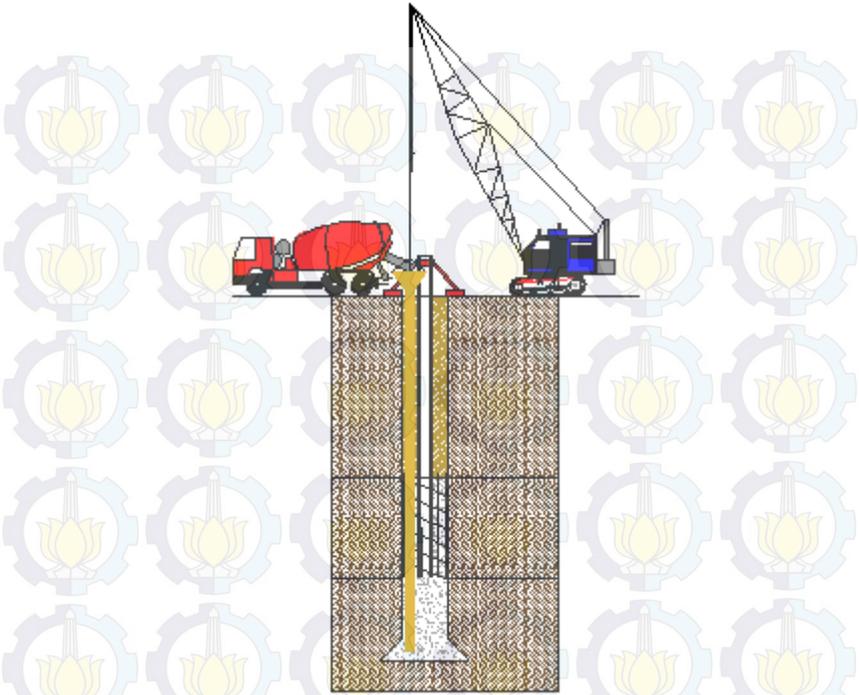
Gambar 4.11 Pengeboran Pondasi *Bored Pile*

c. Pemasangan besi tulangan,

Perakitan besi tulangan dilakukan paralel ketika pekerjaan persiapan pengeboran dilakukan, kemudian dengan bantuan alat *crawler crane* tulangan dimasukkan ke dalam lubang pondasi.

d. Pengecoran sampai ± 1 m diatas *pile cut off level*

Pengecoran beton dibantu dengan pipa tremi yang ditunjukkan pada gambar 4.12, pada ujung pipa terdapat *styrofoam* untuk mencegah lumpur di dasar lubang masuk ke dalam tetapi beton tetap bisa mendorong keluar. Beton yang digunakan memiliki slump yang tinggi sekitar 15-19 cm dengan mutu beton f'c 35 Mpa. Setelah proses pengecoran selesai casing sementara dicabut dengan bantuan *vibrohammer*.



Gambar 4.12 Pengecoran Pondasi *Bored Pile*

4.2.1.3 Pekerjaan Galian

Pekerjaan galian pada proyek dilakukan untuk pembuatan *basement*. Pekerjaan galian dilaksanakan setelah pekerjaan *diaphragm wall* dan *bored pile* selesai dilakukan. Terdapat dua kedalaman galian yang berbeda yaitu 6 m dan 4,5 m..

Pekerjaan galian menggunakan metode *open cut*. Pada metode ini, dilakukan penggalian dari permukaan tanah hingga ke dasar galian dengan sudut lereng galian tertentu.

Pekerjaan galian dikerjakan dengan dua tahapan pekerjaanyaitu :

1. Kedalaman 6 m

- Tahap 1

mulai Elv +0.00 s/d -3.00

- Tahap 2

mulai Elv -3.00 s/d -6.00

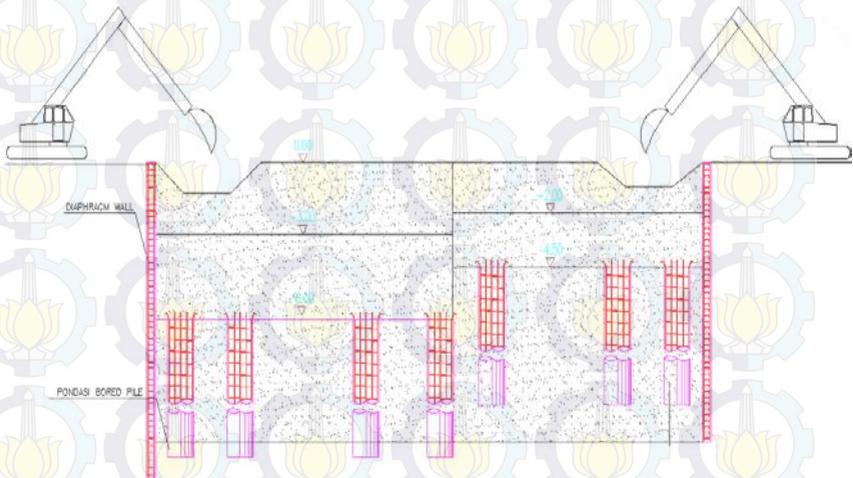
2. Kedalaman 4,5 m

- Tahap 1

mulai Elv +0.00 s/d -2.00

- Tahap 2

mulai Elv +2.00 s/d -4.50



Gambar 4.13 Pekerjaan Galian

Urutan pekerjaan galian tanah :

1. Menentukan lokasi serta kedalaman galian yang direncanakan
2. Melakukan penggalian tanah menggunakan *excavator* sampai
3. Pemindahan tanah hasil galian ke pembuangan dengan *dump truck*, agar tanah tidak berjatuh dari bak *dump truck* di tutup dengan terpal

4.2.1.4 Pekerjaan Struktur *Basement*

4.2.1.4.1 Pekerjaan *Pile Cap* dan *Sloof*

Tahapan pekerjaan *pile cap* dan *sloof* yaitu :

- a. Pemotongan Kepala *Bored Pile*
Pemotongan/perapihan kepala bored pile dikerjakan sesuai dengan elevasi *pile cap* yang direncanakan. Pada *pile* dilakukan pembobokan pada bagian betonnya hingga tersisa tulangan besinya yang kemudian dijadikan sebagai stek pondasi sebagai pengikat dengan *pile cap*.
- b. Penggalian sekitar *bored pile*
- c. Pengecoran lantai kerja K-125 tebal 50 cm, sebagai landasan *pile cap*,
- d. Pasangan Batako untuk bekisting
Digunakan pasangan bata untuk mempercepat proses pelaksanaan karena jika menggunakan bekisting kayu nantinya harus dibongkar kembali yang disusul dengan timbunan kembali.
- e. Pemasangan Tulangan
- f. Pengecoran
Pengecoran menggunakan *concrete pump* sebagai alat bantu pengecoran, selama beton dituangkan dilakukan juga pemadatan menggunakan vibrator.

4.2.1.4.2 Pekerjaan Pelat Lantai *Basement*

Struktur pelat lantai *basement* terbuat dari beton mutu f'c 30 Mpa dengan tebal 150 mm.

Tahapan pekerjaan pelat *basement* yaitu:

1. Pekerjaan lantai kerja pelat *basement*
2. Pembesian
Proses pemasangan tulangan dikerjakan manual oleh tukang langsung diatas lapisan lantai kerja. Tulangan sebelumnya telah dipotong dan dilakukan pembengkokan untuk pembuatan rangka besi dan sengkang yang disesuaikan dengan gambar rencana di bengkel besi.
3. Pengecoran

Pengecoran menggunakan alat bantu *concrete pump*. Pada saat pengecoran dilakukan penggetaran dengan *vibrator* untuk menghasilkan beton yang padat

4.2.1.4.3 Pekerjaan Kolom

Pada pekerjaan kolom terdapat beberapa kegiatan agar sebuah kolom dapat berdiri. Urutan pekerjaan kolom adalah :

a. Pembesian

Tulangan kolom dirakit terlebih dahulu di bengkel besi. Pemasangan tulangan dibantu dengan *tower crane*.

b. Pekerjaan bekisting

c. Pengecoran

Pengecoran dilakukan dengan alat bantu *bucket cor*. Selama proses pengecoran berlangsung dilakukan penggetaran dengan *vibrator* untuk menghasilkan beton yang padat.

4.2.1.4.4 Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai

Pekerjaan balok dan pelat merupakan suatu pekerjaan yang serangkai dimana pelaksanaannya dilakukan secara bersama-sama, mulai dari pembuatan bekisting, penulangan dan pengecoran.

Tahapan pelaksanaan :

1. Penentuan ketinggian bekisting

2. Pemasangan *erection body scaffolding* yang berfungsi untuk menyangga bekisting di atasnya

3. Pemasangan bekisting

4. Pemasangan tulangan

Pemasangan tulang dilakukan oleh pekerja langsung diatas bekisting balok dan pelat yang telah dibuat sebelumnya di bengkel besi telah dilakukan pekerjaan pemotongan dan pembengkokan tulangan.

5. Pengecoran

Pengecoran menggunakan dengan alat bantu *bucket cor*. Pada saat pengecoran dilakukan penggetaran dengan vibrator untuk menghasilkan beton yang padat dan merata.

4.2.1.5 Pekerjaan Struktur Atas

Tahapan pelaksanaan struktur atas proyek Gedung Parkir Apartemen Skyland City Education Park adalah :

- Persiapan alat *tower crane* dan area pelaksanaan
- Pengangkatan material (kayu, besi, *scaffolding*, beksiting kolom dan lain-lain) dari lantai 1 ke lantai berikutnya.
- Pekerjaan Kolom
- Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai

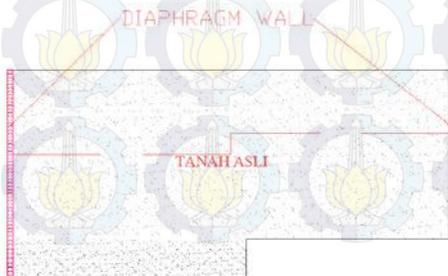
Urutan pekerjaan kolom, balok dan pelat lantai untuk struktur atas adalah sama dengan pekerjaan kolom, balok dan pelat lantai untuk struktur *basement*.

4.2.2 Metode Konstruksi *Top-down*

Pada metode *top-down* pekerjaan struktur *basement* dimulai dari pelat lantai satu (*ground level* atau muka tanah). Pekerjaan struktur *basement* ini simultan dengan pekerjaan struktur atas. Sebagai penunjang pelat lantai (*ground level* atau muka tanah) digunakan *king post* (H-beam). Untuk proyek gedung parkir ini *king post* direncanakan dapat memikul struktur atas hingga tiga lantai. Urutan pelaksanaan metode *top-down* akan dijelaskan pada sub bab berikut.

4.2.2.1 Pekerjaan Dinding Penahan Tanah

Urutan pekerjaan dinding penahan tanah pada metode *top down* adalah sama dengan pekerjaan dinding penahan tanah pada metode *bottom up*. Konstruksi *diaphragm wall* seperti pada Gambar 4.14



Gambar 4.14 Konstruksi *Diaphragm Wall*

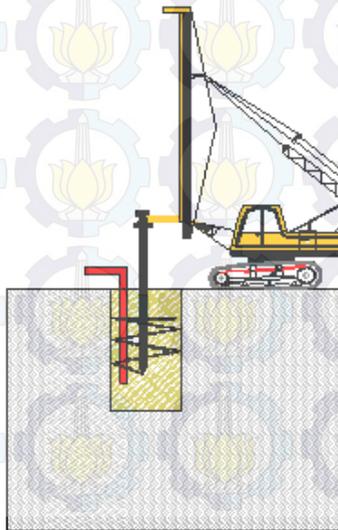
4.2.2.2 Pekerjaan Pondasi *Bored Pile*

Pondasi yang digunakan pada metode *top-down* sama dengan metode *bottom-up* yaitu pondasi *bore pile* Ø 1500 mm. Satu buah pondasi *bored pile* digunakan untuk menumpu satu buah *king post* (H-Beam 400.400.21.21). Jumlah titik *bored pile* adalah 49 titik.

Tahapan pekerjaan adalah sebagai berikut :

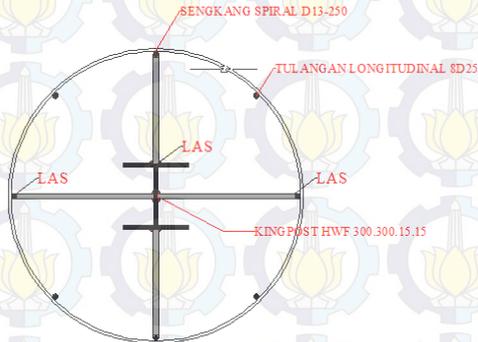
- a. Pekerjaan persiapan yaitu penentuan titik *bored pile* oleh suveyor dan perakitan tulangan pondasi
- b. Pengeboran

Pekerjaan pengeboran menggunakan *auger* seperti pada Gambar 4.15, yang dilakukan untuk memudahkan masuknya pipa casing sampai kedalaman 2m. Setelah mencapai kedalaman 2 m dilakukan pemasangan casing untuk menghindari tanah di tepi lubang berguguran. Pengeboran dilakukan hingga mencapai kedalaman yang diinginkan dari muka tanah. Pada saat pengeboran lubang diisi dengan larutan *betonite* sebagai stabilisator dinding lubang.



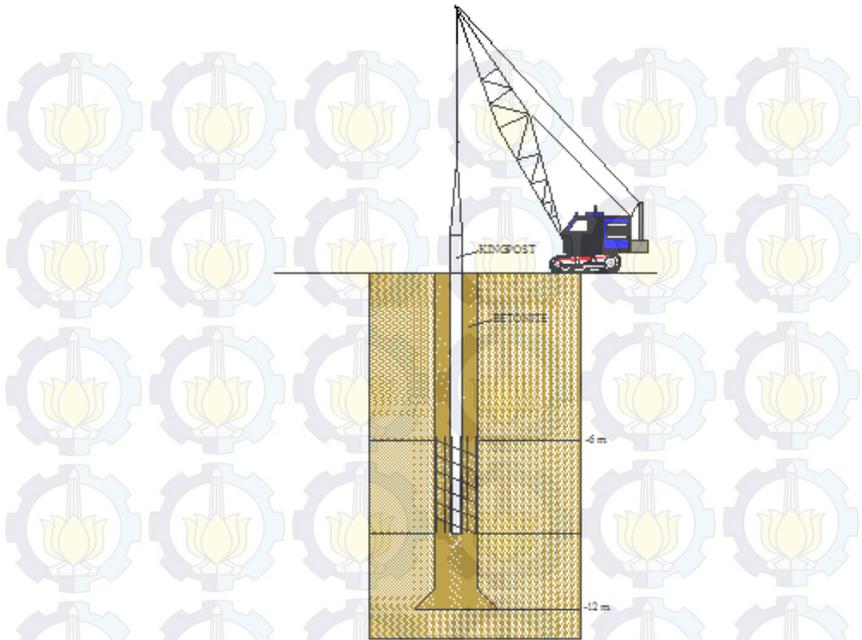
Gambar 4.15 Pengeboran Pondasi *Bored Pile*

- c. Pemasangan besi tulangan dan *king post*,
Untuk memudahkan dalam pemasangan dilapangan *kingpost* dan tulangan *longitudinal* disatukan dengan cara dilas seperti pada Gambar 4.16



Gambar 4.16 *KingPost* dengan Tulangan

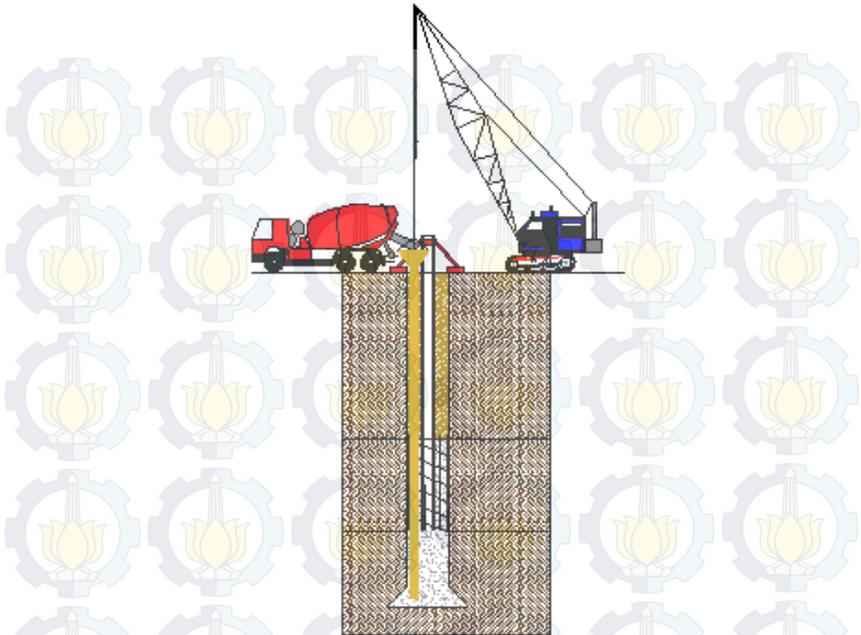
Pembesian yang telah dirangkai dan dilas dengan *kingpost* di bengkel besi dimasukkan kedalam lubang bor menggunakan *service crane*. Dengan dibantu *surveyor*, *kingpost* dicek kevertikalannya ketika diangkat oleh *crane*, lalu dimasukkan ke dalam lubang bor melewati penyangga *kingpost* sementara. *Surveyor* harus memandu proses ini baik dari segi koordinat maupun elevasi *kingpost* secara simultan. Setelah *kingpost* berada ditempatnya, *kingpost* dilas dengan penyangga *kingpost* sementara dan penggantung dilepas.



Gambar 4.17 Pemasangan Tulangan dan King Post

d. Pengecoran

Proses pengecoran beton dibantu dengan *pipa tremi* yang ditunjukkan pada Gambar 4.18, pada ujung pipa terdapat *styrofoam* untuk mencegah lumpur di dasar lubang masuk ke dalam tetapi beton tetap bisa mendorong keluar. Beton yang digunakan memiliki slump yang tinggi sekitar 15-19 cm dengan mutu beton $f'c$ 35 Mpa. Setelah proses pengecoran selesai casing sementara dicabut dengan bantuan *vibro hammer*.



Gambar 4.18Pengecoran Pondasi *Bored Pile*

4.2.2.3Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai P1A dan Galian B1B

Setelah pekerjaan pondasi dan *king post* selesai dilaksanakan kemudian dilakukan pekerjaan balok dan pelat lantai untuk area lantai P1A dan Galian B1B.

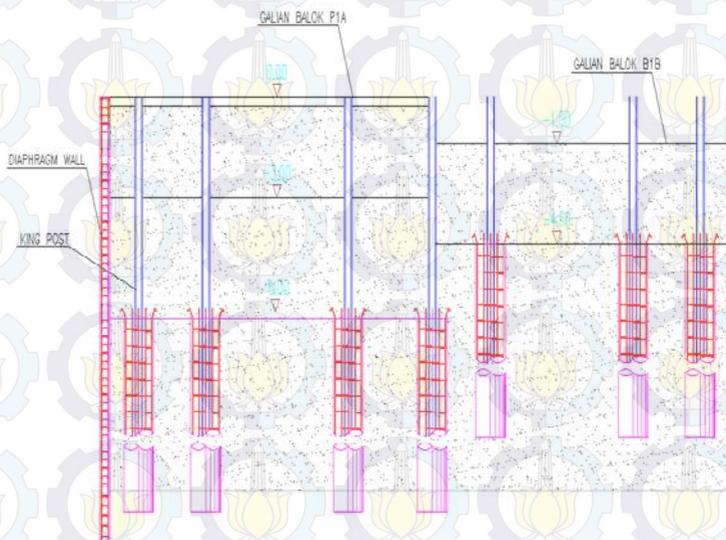
Tahapan pekerjaan balok dan pelat lantai P1A sebagai berikut :

1. Pekerjaan galian untuk balok dan pelat lantai sesuai ketebalan balok yaitu 70 cm maka galian dilaksanakan dari elv ± 0.00 sampai elv -0.70 .
2. Pekerjaan Bekisting
 - a. Pemasangan gelagar, suri-suri, dan bodeman balok
 - b. Pemasangan gelagar dan balok sebagai rangka multipleks pelat lantai
3. Pemasangan tulangan
 - a. Pengelasan angkur tulangan balok terhadap *king post*

- b. Pemasangan stek tulangan utama kolom
 - c. Pemasangan besi tulangan balok
 - d. Pemasangan besi tulangan pelat lantai
4. Pengecoran.

- Tahapan pekerjaan galian B1B sebagai berikut:

Pekerjaan Galian B1B dilaksanakan bersamaan pekerjaan balok dan pelat lantai P1A. Pada awal galian digunakan buldozer sampai alat *excavator* PC-40 dapat masuk di bawah pelat lantai. Agar alat berat dapat masuk di bawah pelat lantai dibuat *void* pada pelat lantai sebagai akses. Untuk memindahkan tanah hasil galian digunakan *excavator long arm*. Galian B1B dilaksanakan sampai elv -1.50.



Gambar 4.19 Pekerjaan Balok & Pelat Lantai P1A dan Galian B1B

4.2.2.4 Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai B1B, Galian B1A dan Pekerjaan Lantai P1B dan P2A.

- Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai B1B

Pekerjaan balok dan pelat lantai B1B dilaksanakan setelah galian B1B selesai. Tahapan pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

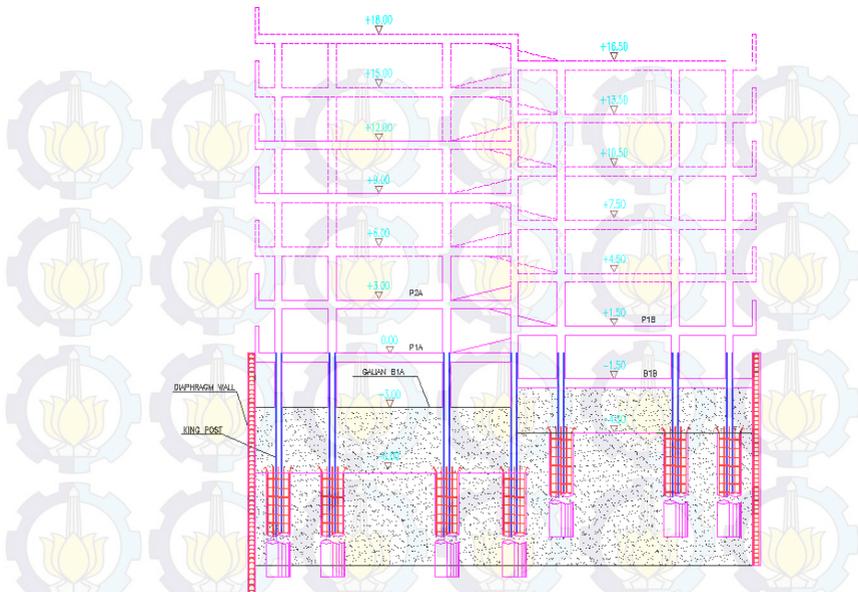
1. Pekerjaan galian dilakukan sesuai ketebalan balok 70cm dari elv -1.50 s/d elv -2.20.
2. Pekerjaan bekisting dan pekerjaan tulangan tahapannya sama dengan pekerjaan balok dan pelat lantai P1A

- Galian B1A

Pekerjaan galian B1A dapat dilakukan 7 hari setelah pekerjaan balok dan pelat lantai P1A selesai. Pekerjaan dilakukan dari elv -0.70 s/d elv 3.00.

- Pekerjaan Lantai P1B dan P2A

Pada saat pekerjaan galian B1A dilaksanakan juga pekerjaan balok, pelat dan kolom untuk Lantai P2A. Untuk pekerjaan lantai P1B dilaksanakan bersamaan dengan pekerjaan balok dan pelat lantai B1B.



Gambar 4.20 Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai B1B, Galian B1A dan Pekerjaan Lantai P1B dan P2A

4.2.2.5 Pekerjaan Balok dan Pelat B1A, Galian B2B dan Pekerjaan Pelat Lantai B2B, *Pile Cap* dan *Sloof*

- Pekerjaan Balok dan Pelat Lantai B1A

Pekerjaan balok dan pelat lantai B1B dilaksanakan setelah galian B1A selesai. Tahapan pelaksanaannya adalah sebagai berikut:

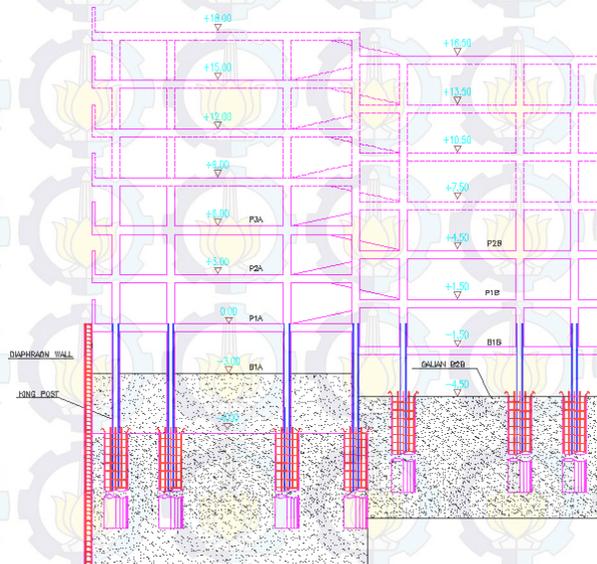
1. Pekerjaan galian dilakukan sesuai ketebalan balok 70cm dari elv -3.00 s/d elv -3.70.
2. Pekerjaan bekisting dan pekerjaan tulangan tahapannya sama dengan pekerjaan balok dan pelat lantai P1A dan B1B

- Galian B2B

Pekerjaan galian B2B dapat dilakukan 7 hari setelah pekerjaan balok dan pelat lantai B1B selesai. Pekerjaan dilakukan dari elv -2.2. s/d elv 4.50.

- **Pekerjaan Pelat Lantai B2B, *Pile Cap* dan *Sloof***

Pekerjaan pelat lantai B2B, *pile cap* dan *sloof* dilakukan setelah pekerjaan galian B2B selesai dikerjakan. Pada saat pekerjaan ini dilaksanakan secara bersamaan pekerjaan lantai P2B dan P3A dikerjakan



Gambar 4.21 Pekerjaan Balok dan Pelat B1A, Galian B2B dan Pekerjaan Pelat Lantai B2B, *Pile Cap* dan *Sloof*

4.2.2.6 Pekerjaan Galian B2A, Pekerjaan Lantai B2A, *Pile Cap* dan *Sloof*

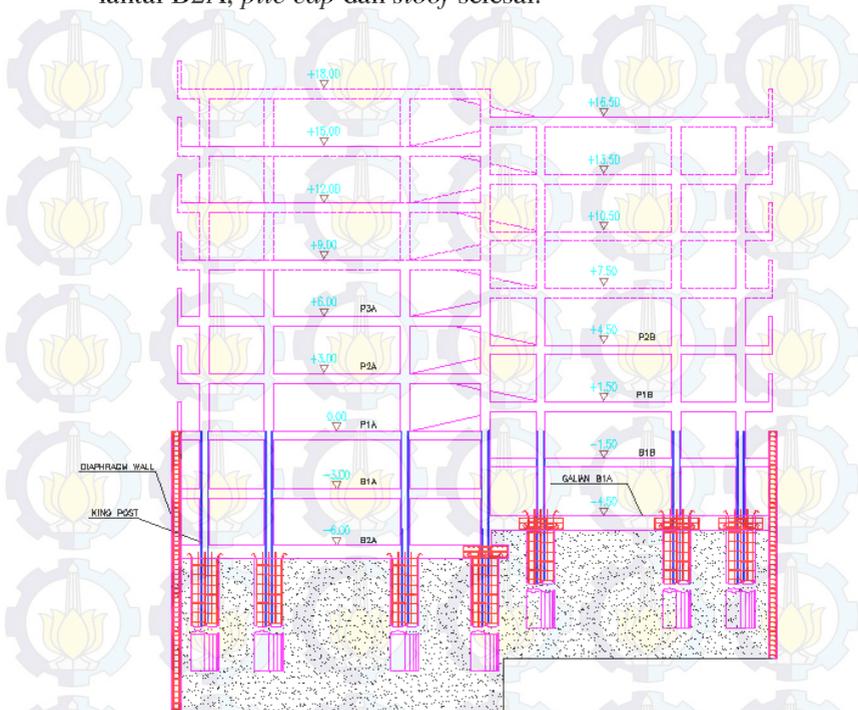
- **Galian B2B**

Pekerjaan galian B2B dapat dilakukan 7 hari setelah pekerjaan balok dan pelat lantai B1A selesai. Pekerjaan dilakukan dari elv -3.2. s/d elv 6.00.

- **Pekerjaan Pelat Lantai B2A, *Pile Cap* dan *Sloof***

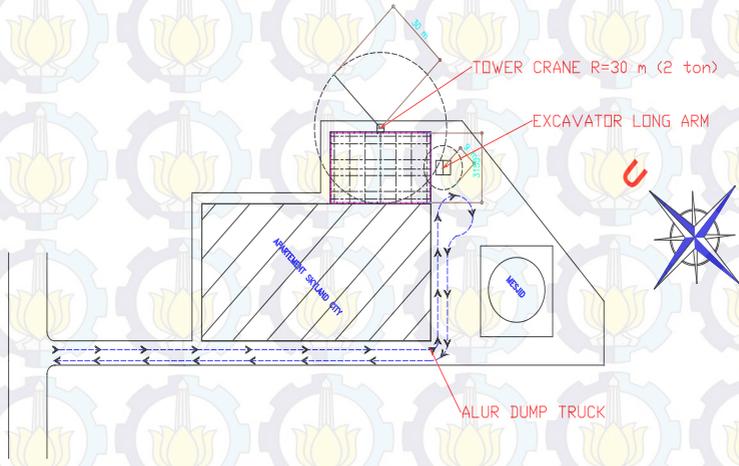
Pekerjaan pelat lantai B2A, *pile cap* dan *sloof* dilakukan setelah pekerjaan galian B2A selesai dikerjakan. Untuk

pekerjaan P4A s/d P6A dilaksanakan setelah pekerjaan pelat lantai B2A, *pile cap* dan *sloof* selesai.

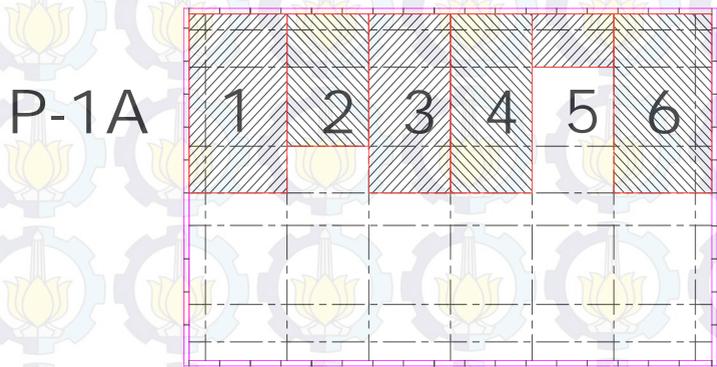


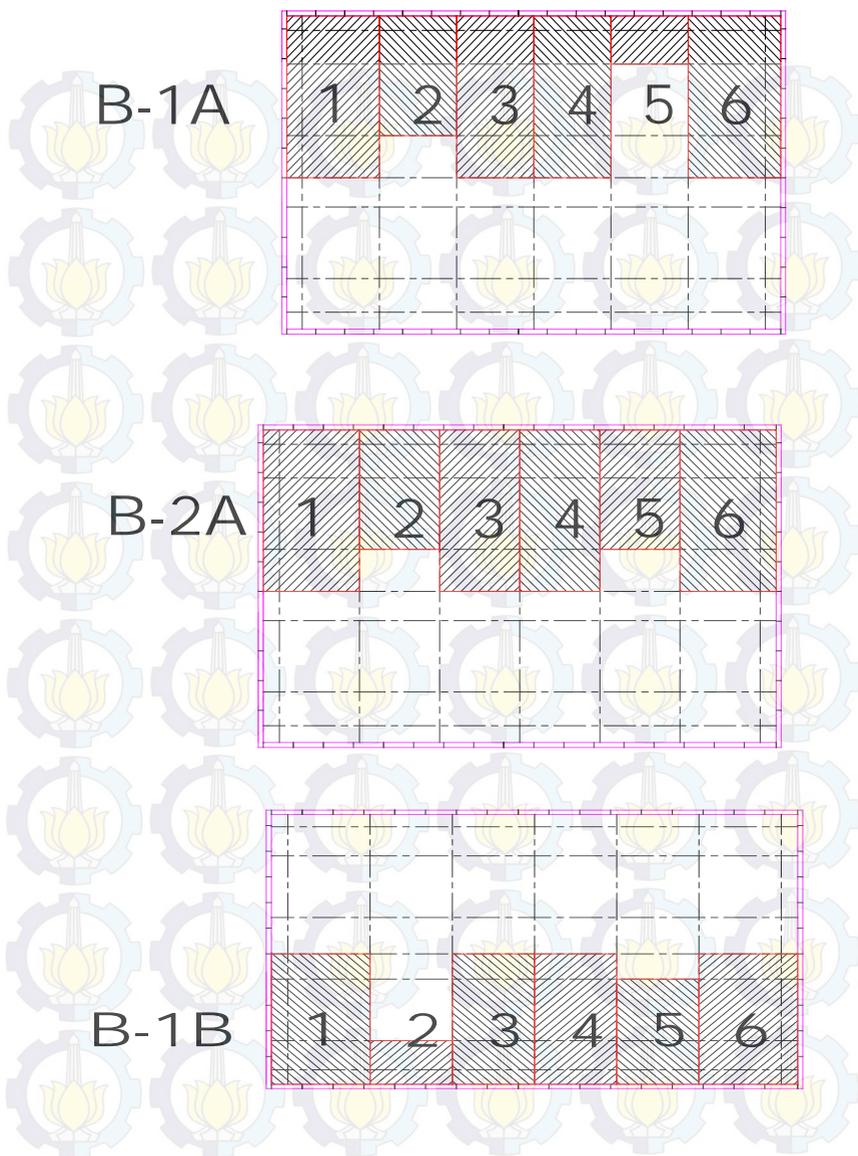
Gambar 4.22 Pekerjaan Galian B2A, Pekerjaan Lantai B2B *pile cap* dan *sloof*.

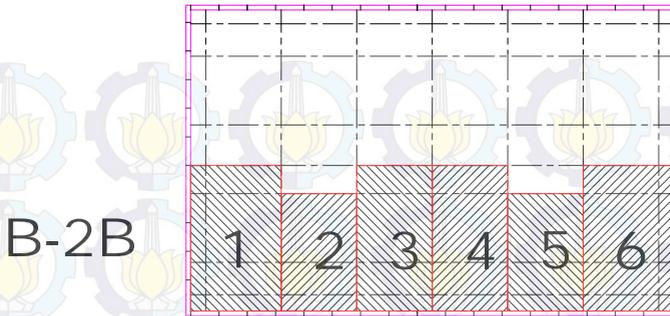
Untuk tahapan penggalian pada metode *top-down* diperlukan ketelitian khusus karena penggalian dilaksanakan dibawah pelat lantai dengan keterbatasan ruang sehingga diperlukan alur penggalian dan akses yang dapat memudahkan dalam pelaksanaan. Detail tahapan penggalian dapat dilihat pada Gambar 4.23-4.24. Pada Gambar 4.23 alur pembuangan tanah hasil galian sedangkan pada Gambar 4.24 merupakan zona/alur penggalian.



Gambar 4.23 Alur Pembuangan Tanah

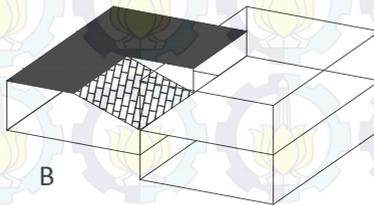




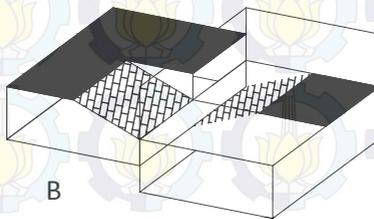


Gambar 4.24 Zona Penggalian

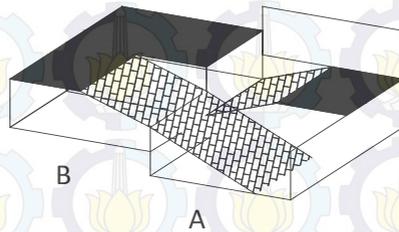
Akses jalan untuk alat berat masuk ke bawah pelat lantai dapat dilihat pada Gambar 4.26. Akses jalan pertama dibuat pada lantai B1B menggunakan *bulldozer* kurang lebih 2 m yaitu setinggi excavator PC-40 untuk masuk ke bawah pelat lantai. Setelah penggalian selesai untuk B1B selesai dibuat akses untuk lantai B1A. Akses untuk lantai B2A berupa akses jalan lanjutan dari lantai B1B dan untuk B2B lanjutan dari B1A.



A



A



Gambar 4.25 Akses Jalan Alat Berat

4.3 Analisa Biaya

Perhitungan biaya didapat setelah dilakukan perhitungan volume per item pekerjaan, koefisien per item pekerjaan dan harga satuan per item pekerjaan. Untuk menghitung hal tersebut dibutuhkan data seperti gambar rencana dari item pekerjaan.

4.3.1 Perhitungan Volume Metode Konstruksi *Bottom-Up*

Perhitungan volume dilakukan pada masing-masing pekerjaan. Hasil perhitungan volume pekerjaan dari seluruh item akan menjadi variabel dalam perhitungan rencana anggaran biaya.

1. Pekerjaan *Diaphragma Wall*

Volume yang akan dihitung pada *diaphragma wall* adalah volume galian, volume tulangan dan volume beton. Data untuk perhitungan volume ini didapat dari data proyek gedung parkir Apartemen *Skyland City Education Park*.

1. Perhitungan Volume Galian

Kedalaman panel (a) = 16 dan 12 m

Tebal Panel (b) = 50 cm

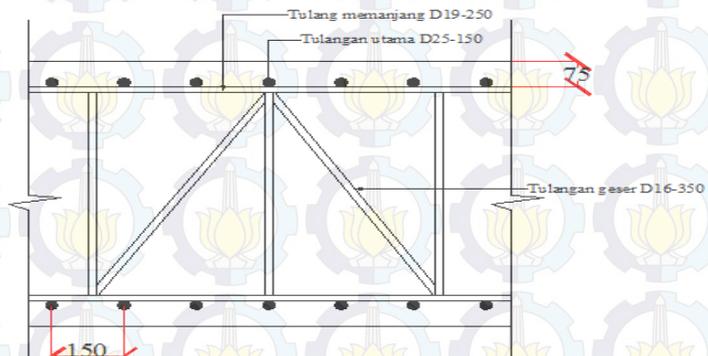
Tabel 4.2 Volume Galian *Diaphragm Wall*

Area	Panjang	Lebar panel	Jumlah panel	volume per panel (m ³)	Volume total (m ³)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)=(3) x (a) x (b)	(6)=(4)x(5)	
I	50,9	4	12	32	384	
		2,9	1	23,2	23,2	
II	16,3	4	4	32	128	
		15	4	3	24	72
		3	1	18	18	
III	50,9	4	12	32	320	
		2,9	1	23,2	23,2	
IV	16,3	4	4	32	128	
		15	4	3	24	72
		3	1	18	18	
					1186,4	

2. Perhitungan Beton

Volume pengecoran = volume pembuangan tanah hasil galian
= volume total penggalian lubang panel

3. Perhitungan Penulangan

Gambar 4.26 Detail Tulangan *Diaphragm Wall*

Pada Gambar 4.26 tulangan untuk *Diaphragm Wall* terdiri dari:

Tulangan Utama = D 25 – 150 mm

Tulangan Memanjang = D19 – 250 mm

Tulangan Geser = D16 – 350 mm

Tebal selimut beton = 75 mm

Kebutuhan tulangan per meter persegi

a) Tulangan Utama

Panjang tulangan = 4 m, jarak antar tulangan 15 cm

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{3.925}{0.15} + 1 = 27,17 \approx 27$$

$$\text{Luas tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,025^2 = 0,0004909 \text{ m}^2$$

$$\text{Berat Tulangan} = 0,0004909 \text{ m}^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 3,853 \text{ kg/m}$$

Kebutuhan Tulangan 1 panel (h = 16 m ; t = 0,5 m ; l = 4 m)

$$= 27 \times 16 \text{ m} \times 2 \text{ sisi} \times 3,853 = 3328.992 \text{ m}$$

b) Tulangan Memanjang

Panjang tulangan = 4 m, jarak antar tulangan 25 cm

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{3.925}{0.25} + 1 = 15,7 \approx 16$$

$$\text{Luas tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,0192 = 0,000283 \text{ m}^2$$

$$\text{Berat Tulangan} = 0,000283 \text{ m}^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 2,225 \text{ kg/m}$$

Kebutuhan tulangan (h = 12 m; t = 0,5 m; l = 1 m)

$$= 16 \times 16 \text{ m} \times 2 \text{ sisi} \times 2,225 = 1139.2 \text{ kg}$$

c) Tulangan geser

$$\text{Luas tulangan} = \frac{1}{4} \times \pi \times 0,0162 = 0,000201 \text{ m}^2$$

$$\text{Berat Tulangan} = 0,000201 \text{ m}^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 1,578 \text{ kg/m}$$

$$\text{Jumlah tulangan} = \frac{15.925}{0.35} + 1 = 22,75 \approx 23$$

$$\text{L tulangan geser} = (2 \times (4 - 0,075) + (2 \times (4 - 0,075)))$$

$$+ (2 \times 6 \times 0,016) = 15,89 \text{ m}$$

Tulangan yang dibutuhkan:

$$= 46 \times 15,89 \text{ m} \times 1,578 \text{ kg/m} = 1153,42 \text{ kg}$$

Jadi, total tulangan yang dibutuhkan 1 panel (h=16 m: t =0,5m

l= 4m) adalah :

$$= 3328.99 + 1139,2 + 1153,42 = 5621.61 \text{ kg}$$

Tabel 4.3 Kebutuhan Tulangan *Diaphragm Wall*

Area	No Panel	Lebar panel	Jumlah panel	volume per panel	Volume total
				(kg)	(kg)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)=(4)x(5)
I	1-12	4	12	5621.61	67459.32
	13	2.9	1	4145.5	4145.5
II	14-17	4	4	5621.61	22486.44
	18-20	4	3	4378.03	13134.09
III	21	3	1	3292.79	3292.79
	22-31	4	10	5621.61	56216.1
	32	2.9	1	4145.5	4145.5
IV	33-36	4	4	5621.61	22486.44
	37-39	4	3	4378.03	13134.09
	40	3	1	3292.79	3292.79

2. Pekerjaan Pondasi *Bored Pile*

Volume yang akan dihitung pada pondasi *bored pile* adalah volume beton dan volume tulangan menggunakan acuan per satuan m'.

1. Volume Beton

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pondasi} &= 1,5 \text{ m} \\
 \text{Volume beton per m'} &= \frac{1}{4} \times \pi d^2 \times 1 \text{ m} \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 1,5^2 \times 1 \\
 &= 1,8 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

2. Perhitungan Penulangan

Perhitungan penulangan pondasi dihitung 1% dari luas pondasi.

$$\begin{aligned}
 \text{Diameter pondasi} &= 1,5 \text{ m} \\
 \text{Luas pondasi} &= \frac{1}{4} \times \pi d^2 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 1,5^2 \\
 &= 1,8 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan tulangan} &= 1\% \times \text{luas pondasi} \times \text{berat tulangan} \\
 &= 1\% \times 1,8 \text{ m}^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 141,3 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Jadi kebutuhan beton dan tulangan per m' adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Beton} &= 1,8 \text{ m}^3 \\
 \text{Tulangan} &= 141,3 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

3. Pekerjaan Galian

Volume pekerjaan galian *basement* adalah sebagai berikut :

- Kedalaman 6 m

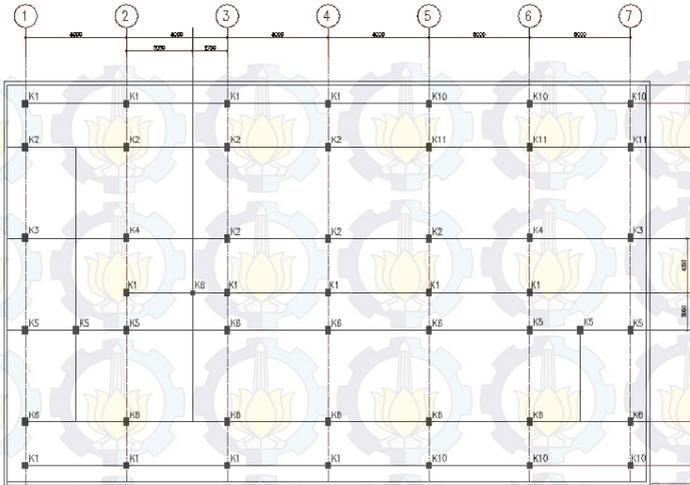
$$\begin{aligned}
 \text{Luas Area} &= 829,67 \text{ m}^2 \\
 \text{Elevasi Galian} &= +0.00 \text{ s/d } -6.00 \\
 \text{Volume Galian} &= 829,67 \times 6 \\
 &= 4978,02 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- Kedalaman 4,5 m

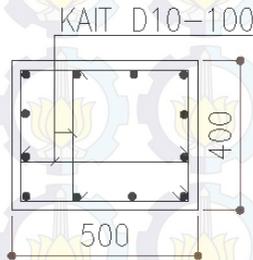
$$\begin{aligned}
 \text{Luas Area} &= 763,5 \text{ m}^2 \\
 \text{Elevasi Galian} &= +0.00 \text{ s/d } -4.50 \\
 \text{Volume Galian} &= 763,50 \times 4,5 = 3435,75 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

4. Pekerjaan Kolom

Volume yang akan dihitung pada kolom adalah volume tulangan, volume bekisting dan volume beton. Perhitungan ini berdasarkan gambar perencanaan struktur yang didapat dari data proyek gedung parkir. Denah dan detail kolom seperti pada Gambar 4.27 dan 4.28. Untuk contoh perhitungan adalah kolom K1.



Gambar 4.27 Denah Kolom Gedung Parkir



Gambar 4.28 Detail Kolom K1

Dimensi kolom : $h = 50 \text{ cm}$, $b = 40 \text{ cm}$

Tebal selimut beton : 5 cm

Tebal pelat lantai : 15 cm

Penulangan kolom : tulangan utama = $12D22$
 sengkang = $\emptyset 10-100$

Kait sengkang : $6D$

1. Volume Tulangan

$$\begin{aligned} \text{Berat tulangan } \emptyset 22 &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,022^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 2,985 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tulangan} &= \text{berat tul.} \times L_{\text{kolom}} \times \Sigma_{\text{tulangan}} \\ &= 2,985 \times 3 \times 12 = 107,46 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total tul.} &= \text{vol.tulangan} \times \Sigma_{\text{kolom}} \\ &= 107,46 \times 13 = 1396,98 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L \text{ sengkang} &= (2 \times (0,5-0,05) + (2 \times (0,4-0,05)) \\ &\quad + (2 \times 6 \times 0,010)) \\ &= 1,72 \text{ m} \end{aligned}$$

Σ sengkang :

$$\text{Tumpuan} = 2 \times \frac{\frac{1}{4} \times L_{\text{kolom}}}{\text{jarak sengkang}} + 1$$

$$= 2 \times \frac{\frac{1}{4} \times 2,85}{0,10} + 1 = 16$$

$$\text{Lapangan} = \frac{\frac{1}{2} \times L_{\text{kolom}}}{\text{jarak sengkang}} + 1$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \times 2,85}{0,20} + 1 = 8$$

Sehingga jumlah sengkang = 8 + 4 = 12 buah

$$\begin{aligned} \text{Berat tulangan } \varnothing 10 &= \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \\ &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,010^2 \times 7850 \text{ kg/m}^3 \\ &= 0,617 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume sengkang} &= \text{berat tul.} \times L_{\text{sengkang}} \times \Sigma \\ &= 0,617 \times 1,72 \times 24 \\ &= 25,469 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total sengkang} &= \text{vol 1 sengkang} \times \text{jumlah kolom} \\ &= 331,107 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total tulangan} &= \text{vol.tul.utama} + \text{vol.sengkang} \\ &= 1396,98 \text{ kg} + 331,107 \text{ kg} \\ &= 1728,087 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Volume Bekisting

$$\text{Dimensi kolom} : h = 70 \text{ cm, } b = 70 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bekisting 1 kolom} &= [(2 \times b) + 2 \times h] \\ &= [(2 \times 0,7 + (2 \times 0,7))] \times 2,85 \\ &= 5,13 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\text{Volume bekisting K1} = \text{volume bekisting 1 kolom} \times \Sigma_{\text{kolom}}$$

$$= 5,13 \text{ m}^2 \times 13 = 66,69 \text{ m}^2$$

3. Volume Beton

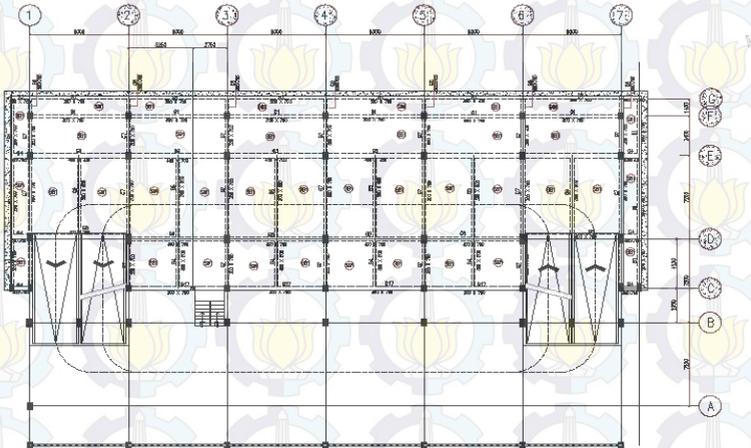
$$\begin{aligned} \text{Luas penampang kolom} &= b \times h \\ &= 70 \times 70 = 4900 \text{ cm}^2 = 0,49 \text{ m}^2 \\ L_{\text{kolom}} &= \text{tinggi kolom} - \text{tebal slab} \\ &= 3,0 - 0,15 = 2,85 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume kolom} &= A_{\text{kolom}} \times L_{\text{kolom}} \\ &= 0,49 \times 2,85 \text{ m} = 0,57 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

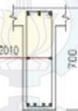
$$\begin{aligned} \text{Volume total K1} &= \text{volume kolom} \times \Sigma \text{ kolom} \\ &= 0,57 \times 13 = 7,41 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

5. Pekerjaan Balok

Volume yang dihitung pada balok adalah bekisting, volume tulangan, volume bekisting, dan volume beton. Sama halnya seperti perhitungan volume kolom data gambar perencanaan diperoleh dari data proyek gedung parkir. Sebagai contoh perhitungan adalah balok B1A untuk struktur *basement* pada Gambar 4.29 dan Gambar 4.30.



Gambar 4.29 Denah Balok B1A

TYPE	TB1			
	BALOK	TUMP	LAP	TUMP
LANTAI				
LANTAI B1A & LANTAI B1B				
UKURAN BALOK	250 X 700			
TULANGAN ATAS	4D16	3D16	4D16	
TULANGAN BAWAH	3D16	4D16	3D16	
SENGKANG	D10-150	D10-200	D10-150	

Gambar 4.30 Detail Balok B1

Dimensi balok : $b = 25 \text{ cm}$, $h = 70 \text{ cm}$

L_{balok} : $8 \text{ m} - 0,05 \text{ m} = 7,95 \text{ m}$

Tebal selimut beton : $0,05 \text{ m}$

1. Volume tulangan

tulangan utama :

- menerus atas = 3D16
- menerus bawah = 3D16
- tumpuan kiri = 1D16
- tumpuan kanan = 1D16
- lapangan bawah = 1D16
- tengah = 2D10

Panjang tulangan menerus atas :

$$= L_{\text{balok}} + 2 \times 18 \times 0,016 + 2 \times 12 \times 0,016$$

$$= 7,95 + 0,58 + 0,38 = 8,91 \text{ m}$$

Panjang tulangan menerus bawah :

$$= L_{\text{balok}} + 2 \times 18 \times 0,016 + 2 \times 12 \times 0,016$$

$$= 7,95 + 0,58 + 0,38 = 8,91 \text{ m}$$

Panjang tulangan tumpuan kiri atas

$$= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + 15D + 2 \times 12D$$

$$= \frac{1}{4} 7,95 + 15 \times 0,016 + 2 \times 12 \times 0,016$$

$$= 2,61 \text{ m}$$

Panjang tulangan tumpuan kanan atas

$$= \frac{1}{4} L_{\text{balok}} + 15D + 2 \times 12D$$

$$= \frac{1}{4} 7,95 + 15 \times 0,016 + 2 \times 12 \times 0,016$$

$$= 2,61 \text{ m}$$

Panjang tulangan lapangan

$$= \frac{1}{2} L_{\text{balok}} + 20D + 2 \times 12 D$$

$$= \frac{1}{2} \times 7,95 + 20 \times 0,016 + 2 \times 12 \times 0,016$$

$$= 4,68 \text{ m}$$

Panjang tulangan 1 balok

$$= [(8,91 \times 3) + (8,91 \times 3) + (2,61 \times 1) + (2,61 \times 1)$$

$$+ (4,68 \times 1)] = 63,36 \text{ m}$$

Volume total tulangan = berat tul. x panjang tul. x Σ balok

$$= 1,579 \times 63,36 \times 6 = 600,29 \text{ kg}$$

Tulangan tengah

Panjang tulangan tengah :

$$= (L_{\text{balok}} + 2 \times 12 \times 0,016) \times \Sigma \text{tul.}$$

$$= (7,95 + 0,24) \times 2 = 16,38 \text{ m}$$

Volume total tulangan = berat tul. x panjang tul. x Σ balok

$$= 0,617 \times 16,38 \times 6 = 60,64 \text{ kg}$$

Tulangan sengkang : Tumpuan

$$= \emptyset 10-150$$

Lapangan

$$= \emptyset 10-200$$

Panjang kait : 6D

Panjang tulangan sengkang

$$= [(0,25-0,05) \times 2] + [(0,70-0,05) \times 2] + 12D + 2 \times 6D$$

$$= 1,70 + 0,24 + 0,12 = 2,06 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah sengkang : tumpuan} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{panjang balok}}{\text{jarak sengkang}} + 1$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \times 8,0}{0,15} + 1 = 27,67 \approx 28 \text{ buah}$$

$$\text{lapangan} = \frac{\frac{1}{2} \times \text{panjang balok}}{\text{jarak sengkang}} + 1$$

$$= \frac{\frac{1}{2} \times 8,0}{0,20} + 1 = 21 \text{ buah}$$

Jumlah sengkang total = 28 + 21 = 49 buah

Panjang sengkang dalam 1 balok = 2,06 x 49 = 100,94 m

Volume total tulangan

= berat tul. x panjang tul.sengkang x Σ balok

$$= 0,617 \times 100,94 \times 6 = 373,68 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume total tulangan} &= 600,29 \text{ kg} + 373,68 \text{ kg} + 60,64 \text{ kg} \\ &= 1034,61 \text{ kg} \end{aligned}$$

2. Volume Bekisting

$$\begin{aligned} \text{Volume bekisting 1 balok} &= [(2 \times h \times L) + (L \times b)] \\ &= [(2 \times 0,7 \times 8) + (8 \times 0,25)] \\ &= 13,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bekisting B1} &= \text{volume bekisting 1 balok} \\ &\times \Sigma \text{balok} \\ &= 13,2 \text{ m}^2 \times 6 = 79,2 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

3. Volume Beton

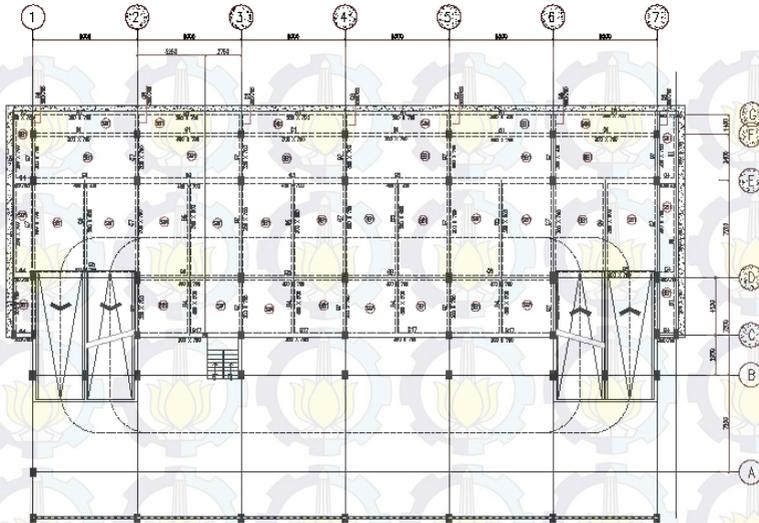
$$\begin{aligned} \text{Luas penampang balok} &= b \times h \\ &= 25 \times 70 = 1750 \text{ cm}^2 = 0,175 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume balok} &= A \text{ balok} \times L \text{ balok} \\ &= 0,175 \times 8 \text{ m} = 1,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

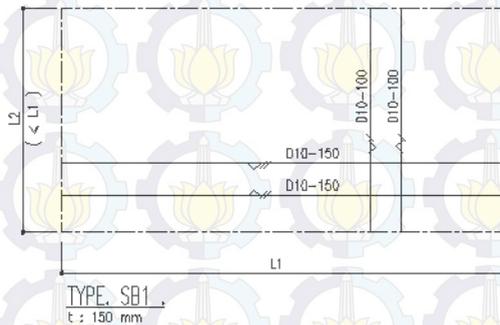
$$\begin{aligned} \text{Volume total B1} &= \text{volume balok} \times \Sigma \text{balok} \\ &= 1,4 \times 6 = 8,4 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

6. Pekerjaan Pelat

Volume yang dihitung pada pelat lantai adalah bekisting, tulangan dan beton. Perhitungan volume pelat lantai menggunakan acuan jumlah volume beton dan volume tulangan pelat lantai per satuan meter persegi. Sebagai contoh perhitungan adalah pelat lantai B1A yang dapat dilihat pada Gambar 4.31. Gambar perencanaan didapat dari data proyek gedung parkir.



Gambar 4.31 Denah Lantai B1A



Gambar 4.32 Detail Pelat Lantai

$$P = 50,9 \text{ m}$$

$$L = 16,3 \text{ m}$$

$$\text{Luas Void} = 68 \text{ m}^2$$

$$\text{Luas Balok} = 150,355 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Bidang Lantai} &= (P \times L) - \text{Luas Void} - \text{Luas Balok} \\ &= (50,9 \times 16,3) - 68 - 150,355 = 611 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

1. Volume bekisiting

$$= \{ [(50,9 \times 2) + (16,3 \times 2)] \times 0,15 \} + 611$$

$$= 781 \text{ m}^2$$

2. Volume Tulangan

Arah x : tulangan atas = Ø10-150

: tulangan bawah = Ø10-150

Arah y : tulangan atas = Ø10-100

: tulangan bawah = Ø10-100

Kait : $12D = 12 \times 0,01 = 0,24 \text{ m}$ Selimut beton : $50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$

$$\text{As tulangan } \varnothing 10 = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 10^2$$

$$= 0.00007854 \text{ m}^2$$

Volume tulangan per meter persegi

Arah x : **Tulangan Atas**

Panjang tulangan = 1 m, jarak antar tulangan 15 cm

$$\text{Jumlah tulangan/m}^2 = \frac{0,950}{0,15} + 1 = 7,33 \approx 7 \text{ buah}$$

$$\text{Volume} = 0.00007854 \times (\text{panjang} + \text{kait}) \times 7$$

$$= 0.00007854 \times (0,95 + 0,24) \times 7$$

$$= 0.000654 \text{ m}^3$$

Tulangan Bawah

Panjang tulangan = 1 m, jarak antar tulangan 15 cm

$$\text{Jumlah tulangan/m}^2 = \frac{0,950}{0,15} + 1 = 7,33 \approx 7 \text{ buah}$$

$$\text{Volume} = 0.00007854 \times (\text{panjang} + \text{kait}) \times \Sigma$$

$$= 0.00007854 \times (0,95 + 0,24) \times 7$$

$$= 0.000654 \text{ m}^3$$

Arah y : **Tulangan Atas**

Panjang tulangan = 1 m, jarak antar tulangan 10 cm

$$\text{Jumlah tulangan/m}^2 = \frac{0,950}{0,10} + 1 = 10,5 \approx 11 \text{ buah}$$

$$\text{Volume} = 0.00007854 \times (\text{panjang} + \text{kait}) \times \Sigma$$

$$= 0.00007854 \times (0.95 + 0,24) \times 11$$

$$= 0.001028 \text{ m}^3$$

Tulangan Bawah

Panjang tulangan = 1 m, jarak antar tulangan 15 cm

$$\text{Jumlah tulangan/m}^2 = \frac{0,950}{0.10} + 1 = 10,5 \approx 11 \text{ buah}$$

$$\text{Volume} = 0.00007854 \times (\text{panjang} + \text{kait}) \times \Sigma$$

$$= 0.00007854 \times (0.95 + 0,24) \times 11$$

$$= 0.001028 \text{ m}^3$$

$$\text{Volume total tulangan} = \text{vol.tul per m}^2 \times \text{luas lantai}$$

$$= 0.003364 \times 611 = 2.06 \text{ m}^3$$

$$\text{Berat tulangan} = 2,06 \text{ m}^3 \times 7850 \text{ kg/m}^3 = 16134,92 \text{ kg}$$

3. Volume Beton

Volume pelat lantai per meter persegi dengan tebal 15 cm

$$\text{Volume} = \text{luas pelat lantai} \times \text{tebal pelat lantai}$$

$$= 1 \text{ m} \times 1 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$$

$$= 0,15 \text{ m}^3$$

$$\text{Luas lantai B1A} = 611 \text{ m}^2$$

$$\text{Volume pelat lantai B1B} = 0,15 \times 611 = 91,70 \text{ m}^3$$

4.3.2 Perhitungan Volume Metode Konstruksi *Top-Down*

Pada konstruksi metode *top down* terdapat beberapa item pekerjaan yang sama seperti pada metode konstruksi *bottom up* sehingga tidak dihitung lagi volume pekerjaan. Item pekerjaan yang sama yaitu:

1. Pekerjaan *Diaphragma Wall*
2. Pekerjaan Balok, Pelat Lantai Struktur Basement dan Atas

Item pekerjaan yang dihitung pada metode *top-down* yaitu :

1. Pekerjaan *Bored Pile* dan *King Post*
2. Pekerjaan Galian
3. Pekerjaan Pelat Lantai Dasar *Basement*
4. Pekerjaan Kolom

Data teknis dan gambar perencanaan untuk metode *top-down* didapat dari hasil Tugas Akhir Perencanaan *Basement* Gedung

Parkir Apartemen Skyland City Eduaction Park (Rizky Harja Dwinata).

1. Pekerjaan *Bored Pile* dan *King Post*

Pada pekerjaan *bored pile* untuk metode konstruksi *top-down* perhitungan tulangan hanya sampai kedalaman 4,5 m. Dari perhitungan kebutuhan beton dan tulangan pada metode konstruksi *bottom-up* di dapat :

Kebutuhan beton dan tulangan per m' adalah :

Beton = $1,8 \text{ m}^3$ (a)

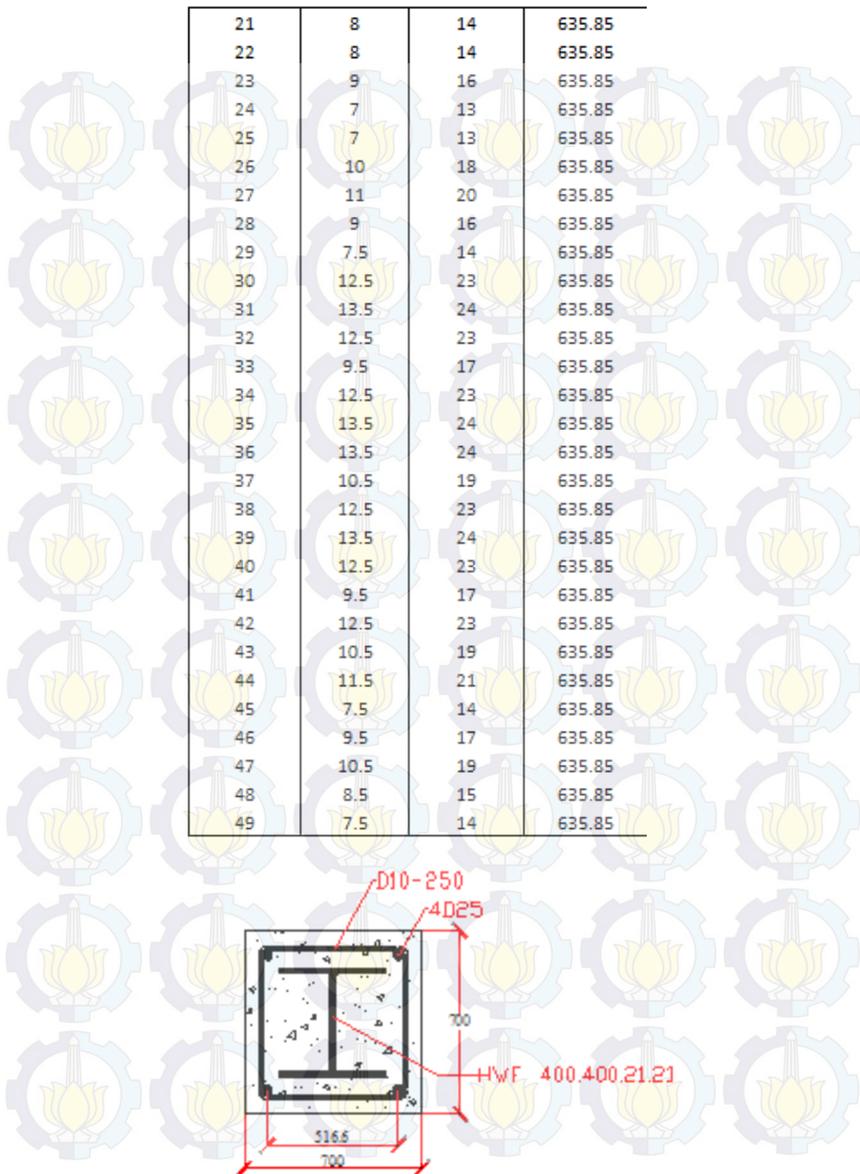
Tulangan = 141,3 kg(b)

Panjang Tulangan = 4,5 m (c)

Sehingga kebutuhan tulangan dan beton seperti pada Tabel 4.4

Tabel 4.4 Perhitungan Kebutuhan Beton dan Tulangan Pondasi *Bored Pile* Metode Konstruksi *Top-Down*

No Pondasi	Kedalaman	Volume Cor	Volume Tulangan
	(m)	(m ³)	(kg)
(1)	(2)	(3)=(2) x (a)	(4)=(b) x (c)
1	12	22	635.85
2	8	14	635.85
3	7	13	635.85
4	7	13	635.85
5	12	22	635.85
6	9	16	635.85
7	7	13	635.85
8	14	25	635.85
9	10	18	635.85
10	8	14	635.85
11	15	27	635.85
12	10	18	635.85
13	8	14	635.85
14	14	25	635.85
15	10	18	635.85
16	8	14	635.85
17	9	16	635.85
18	7	13	635.85
19	8	14	635.85
20	7	13	635.85



Gambar 4.33 Detail King Post dan Kolom

Perhitungan Volume *King Post*

IWF $400 \times 400 \times 21 \times 21$

Berat Profil = 197 kg/m (Tabel profil konstruksi baja)

Panjang *King Post* = 10,5 m

Berat 1 *King Post* = 197 kg/m \times 10,5 m = 2068,5 kg

Total kebutuhan *King Post* :

= Jumlah *King Post* \times Berat 1 *King Post*

= 49 titik \times 2068,5 kg = 101356,5 kg

2. Pekerjaan Galian

Tabel 4.5 Volume Galian Metode Konstruksi *Top-Down*

Uraian	Luas	Kedalaman	Volume
	m ²	m	m ³
(1)	(2)	(3)	(4)=(2) \times (3)
Galian Balok & Pelat P1A	150,35	0.7	105.245
Galian <i>Basement</i> B1B	763.5	1.5	1145.25
Galian Balok & Pelat B1B	149.73	0.7	104.811
Galian <i>Basement</i> B2B	763.5	1.5	1145.25
Galian Balok & Pelat B1A	150.35	0.7	105.245
Galian <i>Basement</i> B1A	829.67	3.0	2489.01
Galian <i>Basement</i> B2A	829.67	3.0	2489.01

3. Pekerjaan Kolom

Pada metode *top-down* berdasarkan perencanaan struktur Tugas Akhir ukuran kolom menjadi 700 x 700 mm dengan Tulangan utama 4D25 dan sengkang Ø13-250 hal dikarenakan terdapat *king post* yang nantinya menjadi kolom permanen. Perhitungan volume untuk bekisting, tulangan, dan beton sama seperti perhitungan volume kolom pada metode *bottom-up* pada sub bab 4.3.1.

4. Pelat Lantai Dasar *Basement*

Pada pelat lantai berdasarkan perencanaan struktur tebal pelat yaitu 50 cm dengan gambar detail seperti Gambar 4.31. Hal ini dikarenakan pada pelat lantai dasar *basement* harus kuat untuk

menahan gaya *uplift*. Perhitungan volume bekisting, tulangan, dan beton sama seperti pada perhitungan pelat lantai sub bab 4.3.1.

4.3.3 Analisa Harga Satuan

Analisa Harga Satuan dihitung berdasarkan kebutuhan alat, bahan serta tenaga kerja yang dibutuhkan. Pada proses perhitungan AHS data-data yang dibutuhkan yaitu daftar harga satuan upah pekerja, daftar harga satuan alat, daftar harga satuan bahan/material dan perhitungan koefisien. Untuk contoh perhitungan analisa harga satuan adalah pekerjaan pembesian. Perhitungan analisa harga satuan untuk pekerjaan lainnya dapat dilihat pada lampiran.

4.3.3.1 Pekerjaan Pembesian

a. Perhitungan Koefisien (kg)

- Upah

Uraian	Kode	Koefisien	Satuan	Keterangan
Produktivitas	Qt	285	kg/org/hari	
Jam Kerja Efektif	Tk	8	jam/hari	
Kebutuhan Tenaga				
- Mandor	M	1.00		1 mandor = 10 pekerja
- Pekerja	P	4.00		1 tukang besi = 4 pekerja
- Tukang besi	T	1.00		1 kepala tukang = 5 tukang besi
- Kepala Tukang	KT	1.00		
Koefisien Tenaga/m ³				
Mandor =				
(Tk x M) : Qt		0.001	hari	
Pekerja =				
(Tk x P) : Qt		0.014	hari	
Tukang Besi				
(Tk x T) : Qt		0.0035	hari	
Kepala Tukang				
(Tk x KT) : Qt		0.0007	hari	

Tabel 4.4 AHS Pekerjaan Pembesian

No	Uraian	satuan	Koefisien	Harga Satuan	jumlah harga
A	Upah				
1	Pekerja	org/hr	0.0140	Rp 60.000,00	Rp 701,75
2	Tukang Besi	org/hr	0.0035	Rp 60.000,00	Rp 210,53
3	Kepala Tukang	org/hr	0.0007	Rp 75.000,00	Rp 52,43
4	Mandor	org/hr	0.0001	Rp 85.000,00	Rp 5,96
				Jumlah Upah	Rp 970,88
B	Bahan				
1	Besi Beton Ulir	kg	1.050	Rp 10.000,00	Rp 10.500,00
2	Kawat beton	kg	0.015	Rp 16.000,00	Rp 240,00
				Jumlah Harga Bahan	Rp 10.740,00
C	Alat				
1					
				Jumlah Harga Alat	Rp -
				Total	Rp 11.710,88

4.3.4 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

RAB dihitung dengan cara mengalikan volume total item pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan. RAB untuk kedua metode secara lengkap dapat dilihat pada lampiran. Pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6 ditampilkan rekapitulasi RAB untuk kedua metode

Tabel 4.5 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Metode Konstruksi *Bottom-Up*

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA	Rp.
I	BIAYA MATERIAL	Rp	15.534.649.216.61
II	BIAYA UPAH	Rp	1.185.708.500.97
III	BIAYA PERALATAN	Rp	1.751.716.936.50
IV	BIAYA TIDAK LANGSUNG	Rp	1.674.000.000.00
	Total	Rp	20.146.074.654.08

Tabel 4.6 Rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya Metode Konstruksi *Top-Down*

NO	URAIAN PEKERJAAN	JUMLAH HARGA	Rp.
I	BIAYA MATERIAL	Rp	16.960.722.955.00
II	BIAYA UPAH	Rp	1.523.990.087.06
III	BIAYA PERALATAN	Rp	1.640.377.521.38
IV	BIAYA TIDAK LANGSUNG	Rp	1.217.300.000.00
	Total	Rp	21.342.390.563.43

4.4 Analisa Waktu

Untuk menghitung waktu pelaksanaan perlu diketahui produktivitas dari alat yang digunakan, produktivitas pekerja serta kebutuhan pekerja per item pekerjaan.

4.4.1 Waktu Pelaksanaan Metode Konstruksi *Bottom-Up*

4.4.1.1 Pekerjaan *Diaphragma Wall*

1. Penggalan

Pada pekerjaan ini digunakan alat berat *clamshell*. Dengan spesifikasi alat

Type : SCX300

Manufactured : Hitachi Sumitomo

Bucket capacity	: 0,8 m ³
Boom Lenght	: 10-19 m
Travel speed	: 1,8 km/h
Swing speed	: 4 rpm

A. Produktivitas

Perhitungan produksi *clamshell* adalah sebagai berikut :

Kapasitas bucket (q_1) : 0,8 m³

Faktor bucket (F_b) : 0,8

Kapasitas per siklus (q) : $q_1 \times K = 0,8 \times 0,8$

Faktor efisiensi kerja (E) : 0,75

Cycle time : 48 detik

Kapasitas prod/jam = $Q = \frac{(qx \ 60 \ xE \ x \ Fa)}{Ws}$

$$= \frac{0,64 \times 3600 \times 0,75 \times 0,83}{48}$$

$$= 30 \text{ m}^3$$

B. Durasi

Produktivitas alat gali *clamshell* (a) = 30 m³/jam

Pemasangan *panel stop* dan *water stop* (b) = 2 jam

Waktu kerja efektif (c) = 8 jam

Tabel 4.9 Durasi Pekerjaan Galian *Diaphragm Wall*

No Panel	Volume per panel	Durasi	Durasi total	Durasi total
	m ³	jam	jam	hari
(1)	(3)	(4)=(3)/(a)	(5)=(4)+(b)	(6)=(5)/(c)
1	32	1.07	4.07	1
2	32	1.07	3.20	1
3	32	1.07	4.07	1
4	32	1.07	1.07	1
5	32	1.07	4.07	1
6	32	1.07	1.07	1
7	32	1.07	4.07	1
8	32	1.07	1.07	1
9	32	1.07	4.07	1
10	32	1.07	1.07	1
11	32	1.07	4.07	1
12	32	1.07	1.07	1
13	23.2	0.77	3.77	1

Untuk durasi galian panel lainnya dapat dilihat pada lampiran.

2. Pembesian

A. Produktivitas pembesian (a) = 570 kg/grup/hari

Direncanakan menggunakan grup dengan komposisi 1 grup

1 mandor

1 kepala tukang

1 tukang besi

2 pekerja

B. Durasi

Tabel 4.10 Durasi Pekerjaan Galian *Diaphragm Wall*

No	Panel	Volume per panel	Durasi	Durasi total
		m3	jam	hari
(1)	(2)	(3)	(4)=(3)/(a)	
1	P1	5621.61	10	2
2	S1	5621.61	10	2
3	P2	5621.61	10	2
4	S2	5621.61	10	2
5	P3	5621.61	10	2
6	S3	5621.61	10	2
7	P4	5621.61	10	2
8	S4	5621.61	10	2
9	P5	5621.61	10	2
10	S5	5621.61	10	2
11	P6	5621.61	10	2
12	S6	5621.61	10	2
13	P7	4145.5	7	1

Untuk durasi pembesian panel lainnya dapat dilihat pada lampiran.

3. Pengecoran

A. Produktivitas

Uraian		
Kapasitas (v)	m3	6
Faktor efisiensi alat (Fa)		0.75
Waktu Siklus		
Mengisi (T1)	menit	8
Memompa (T2)	menit	10
(TS)	menit	18

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas pipa tremie} &= V \times fa \times \frac{60}{T_s} \\
 &= 6 \times 0,75 \times \frac{60}{18} = 15 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

B. Durasi

Produktivitas alat cor(a)= 15 m³/jam

Tabel 4.11 Durasi Pekerjaan Galian *Diaphragm Wall*

No .Panel	Volume per panel	Durasi	Durasi total
	m ³	jam	hari
(1)	(2)	(3)=(2)/(a)	(4)=(3)/8 jam
1	32	3.2	1
2	32	3.2	1
3	32	3.2	1
4	32	3.2	1
5	32	3.2	1
6	32	3.2	1
7	32	3.2	1
8	32	3.2	1
9	32	3.2	1
10	32	3.2	1
11	32	3.2	1
12	32	3.2	1
13	23.2	2.32	1

Untuk durasi pengeoran panel lainnya dapat dilihat pada lampiran.

4.4.1.2. Pekerjaan Galian Tanah

Pada pekerjaan ini digunakan alat berat *excavator* dan *dump truck*. Produktivitas yang paling menentukan adalah *excavator*.

Spesifikasi *excavator*

Type	: PC-200
Manufactured	: Komatsu
Bucket capacity	: 0,93 m ³
Boom Length	: 10-12 m
Travel speed	: 5,5 km/h
Swing speed	: 12,4 rpm

A. Perhitungan produksi excavator

Kapasitas bucket (q_1)	: 0,93 m ³
Faktor bucket	: 0,8
Kapasitas per siklus (q)	: $q_1 \times K = 0,93 \times 0,8$
Faktor efisiensi kerja (E)	: 0,75
Cycle time	: 42 detik

$$\begin{aligned} \text{Kapasitas prod/jam} = Q &= \frac{(qx \ 60 \ xE)}{Ws} \\ &= \frac{0,74 \times 3600 \times 0,75}{42} \\ &= 47,82 \approx 48 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

B. Durasi pekerjaan galian

Jam kerja efektif per hari = 8 jam kerja/ hari

1 bulan = 25 hari

Produksi per jam = 48 m³/jam
= 384 m³/hari

Galian *basement* Elv +0.00 s/d -6.00

Volume galian = 4978,02m³

$n = 1$ unit

maka durasi pekerjaan adalah :

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{Vt}{\text{Prod (m}^3/\text{jam) } \times n \text{ (unit)}} \\ &= \frac{4978,02}{48 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1} = 103,71 \text{ jam} \approx 104 \text{ jam} \end{aligned}$$

Galian *basement* Elv +0.00 s/d -4.50

Volume galian = 3435,75 m³

$n = 1$ unit

maka durasi pekerjaan adalah :

$$\begin{aligned} t_1 &= \frac{Vt}{\text{Prod (m}^3/\text{jam) } \times 1 \text{ (unit)}} \\ &= \frac{3435,75}{48 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1} = 71,58 \text{ jam} \approx 72 \text{ jam} \end{aligned}$$

Jadi total durasi pekerjaan galian yaitu 176 jam dengan durasi pekerja 8 jam/hari , maka durasi pekerjaan galian 22 hari.

4.4.1.3. Pekerjaan Pondasi *Bored Pile*

Produktivitas mesin bor (a) = 15 m³/hari
 Produktivitas alat cor (b) = 15 m³/hari
 Produktivitas pembeesian (c) = 570 kg/org/hari
 Waktu kerja efektif = 8 jam/hari

Tabel 4.12 Durasi Pekerjaan Pondasi Metode *Bottom-Up*

No Pondasi	Kedalaman	Pengeboran	Volume Cor	Pengecoran	Volume Tulangan	Pembeesian	Pemasangan
	(m)	(hari)	(m ³)	(hari)	(kg)	(hari)	(hari)
(1)	(2)	(3)=(2)/(a)	(4)	(5)=(4)/(b)	(6)	(7)=(6)/(c)	(8)
1	18	1	22	1	1695.60	3	1
2	14	1	14	1	1130.40	2	1
3	13	1	13	1	989.10	2	1
4	13	1	13	1	989.10	2	1
5	18	1	22	1	1695.60	3	1
6	15	1	16	1	1271.70	2	1
7	13	1	13	1	989.10	2	1
8	20	1	25	1	1978.20	3	1
9	16	1	18	1	1413.00	2	1
10	14	1	14	1	1130.40	2	1
11	21	1	27	1	2119.50	4	1
12	16	1	18	1	1413.00	2	1
13	14	1	14	1	1130.40	2	1
14	20	1	25	1	1978.20	3	1
15	16	1	18	1	1413.00	2	1
16	14	1	14	1	1130.40	2	1
17	15	1	16	1	1271.70	2	1
18	13	1	13	1	989.10	2	1
19	14	1	14	1	1130.40	2	1
20	13	1	13	1	989.10	2	1
21	14	1	14	1	1130.40	2	1
22	14	1	14	1	1130.40	2	1
23	15	1	16	1	1271.70	2	1
24	13	1	13	1	989.10	2	1
25	13	1	13	1	989.10	2	1
26	16	1	18	1	1413.00	2	1
27	17	1	20	1	1554.30	3	1
28	15	1	16	1	1271.70	2	1
29	12	1	14	1	1059.75	2	1
30	17	1	23	1	1766.25	3	1

31	18	1	24	1	1907.55	3	1
32	17	1	23	1	1766.25	3	1
33	14	1	17	1	1342.35	2	1
34	17	1	23	1	1766.25	3	1
35	18	1	24	1	1907.55	3	1
36	18	1	24	1	1907.55	3	1
37	15	1	19	1	1483.65	3	1
38	17	1	23	1	1766.25	3	1
39	18	1	24	1	1907.55	3	1
40	17	1	23	1	1766.25	3	1
41	14	1	17	1	1342.35	2	1
42	17	1	23	1	1766.25	3	1
43	15	1	19	1	1483.65	3	1
44	16	1	21	1	1624.95	3	1
45	12	1	14	1	1059.75	2	1
46	14	1	17	1	1342.35	2	1
47	15	1	19	1	1483.65	3	1
48	13	1	15	1	1201.05	2	1
49	12	1	14	1	1059.75	2	1

4.4.1.4. Pekerjaan Struktur *Basement*

Untuk perhitungan durasi pekerjaan struktur *basement* sebagai contoh adalah lantai B1A. Untuk perhitungan durasi lantai yang lainnya dapat dilihat pada lampiran.

1. Balok dan Pelat Lantai

A. Bekisting

Volume total bekisting pada balok dan pelat lantai adalah 1039.7 m². Untuk produktivitas tenaga kerja pada bekisting balok dan pelat lantai didapat dari produktivitas lapangan (hasil wawancara dengan pelaksanaan proyek yaitu Bapak Ranggadani) untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat.

Produktivitas kerja 1 hari = $Q_t = 16 \text{ m}^2/\text{org}/\text{hari}$

Direncanakan menggunakan 3 grup dengan 1 grup terdiri dari :

1 mandor

1 kepala tukang

1 tukang kayu

2 pekerja terampil

Durasi/grup = $\frac{1039,7}{16 \times 2} = 31 \text{ hari}$

Maka lamanya penyelesaian dengan 3 grup = 11 hari

B. Pembesian

Untuk menghitung waktu yang dibutuhkan dalam pembesian balok dan pelat lantai, maka yang perlu diketahui adalah:

- a. Kebutuhan besi dan pelat lantai B2A
- b. Produktivitas Tenaga Kerja

Volume total pembesian balok dan pelat lantai adalah 31357,92 kg. Sama halnya seperti bekisting produktivitas didapat dari lapangan hasil wawancara dari pelaksana proyek.

Produktivitas kerja 1 hari = $Q_t = 285 \text{ kg/org/hari}$

Direncanakan menggunakan 4 grup dengan 1 grup terdiri dari :

1 mandor

1 kepala tukang

1 tukang kayu

4 pekerja terampil

$$\text{Durasi/ grup} = \frac{31357,92}{285 \times 6} = 28 \text{ hari}$$

Maka lamanya penyelesaian dengan 4 grup = 7 hari

C. Pengecoran

Pengecoran balok dan pelat lantai menggunakan alat bantu yang berupa *concrete bucket* dan *tower crane*

Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam pengecoran balok dan pelat lantai B2A, maka yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

Volume beton untuk pengecoran balok dan pelat lantai B1A = $179,80 \text{ m}^3$

Kapasitas bucket = 1 m^3 dengan volume beton maka diperlukan pengangkutan sebanyak = 180 kali dalam satu lantai

Dari hasil perhitungan waktu siklus pengecoran menggunakan tower crane = 13,27 menit

Jadi total waktu pengecoran = 180 kali x 13,27 menit = 39,82 jam

$$\text{Jumlah hari} = \frac{39,82}{8 \text{ jam}} = 5 \text{ hari}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk pengecoran balok dan pelat lantai B1A = 5 hari

2. Kolom Basement

A. Pembesian

Dari hasil perhitungan didapat volume total besikolom lantai B2A adalah 3876.26 kg.

Volume total pembesian balok dan pelat lantai adalah 3876,86 kg.

Produktivitas kerja 1hari = $Qt = 285 \text{ kg/org/hari}$

Direncanakan menggunakan 1 grup dengan 1 grup terdiri dari :

1 mandor

1 kepala tukang

1 tukang besi

4 pekerja terampil

Durasi/ grup = $\frac{3876,86}{285 \times 4} = 3 \text{ hari}$

Maka lama penyelesaian dengan 1 grup = 3 hari

B. Beksiting

Volume total bekisting pada kolom adalah 112.19 m²

Produktivitas kerja 1hari = $Qt = 16 \text{ m}^2/\text{org/hari}$

Direncanakan menggunakan 2 grup dengan 1 grup terdiri dari :

1 mandor

1 kepala tukang

1 tukang kayu

2 pekerja terampil

Durasi/grup = $\frac{112,29}{16 \times 2} = 4 \text{ hari}$

Lama penyelesaian untuk 2 grup = 2 hari

C. Pengecoran

Pengecoran balok dan pelat lantai menggunakan alat bantu yang berupa *concrete bucket* dan *tower crane*

Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan dalam pengecoran kolom lantai B2A, maka yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

Volume beton untuk pengecoran balok dan pelat lantai B1A = 17.10 m³

Kapasitas bucket = 1 m³ dengan volume beton maka diperlukan pengangkutan sebanyak = 18 kali dalam satu lantai

Dari hasil perhitungan waktu siklus pengecoran menggunakan tower crane = 12,99 menit

Jadi total waktu pengecoran = 180 kali x 12,99 menit = 4,25 jam

Jumlah hari = $\frac{4,25}{8 \text{ jam}} = 1 \text{ hari}$

Jadi waktu yang dibutuhkan untuk pengecoran kolom lantai B1A = 1 hari

4.4.2 Waktu Pelaksanaan Metode Konstruksi *Top-Down*

4.4.2.1 Pekerjaan *Diaphragm Wall*

Waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan *Diaphragm Wall* pada metode *top-down* sama seperti waktu yang dibutuhkan pada metode *bottom-up*. Perhitungan durasi dapat dilihat pada sub bab 4.7.1

4.4.2.2 Pekerjaan Galian Tanah

Pada pekerjaan ini digunakan alat berat *excavator*, *bulldozer* dan *dump truck*. Produktivitas yang paling menentukan adalah *excavator*.

Spesifikasi excavator

Type : PC-40

Manufactured : Komatsu

Bucket capacity : 0,16 m³

Travel speed : 4,6 km/h

Swing speed : 9 rpm

A. Produktivitas

Perhitungan produksi excavator adalah sebagai berikut :

Kapasitas bucket (q_1) : 0,2 m³

Faktor bucket : 0,9

Kapasitas per siklus (q) : $q_1 \times K = 0,2 \times 0,9 = 0,18$

Faktor efisiensi kerja (E) : 0,83

Cycle time : 30 detik

Kapasitas prod/jam = $Q = \frac{(qx \ 60 \ xE)}{Ws}$

$$= \frac{0,18 \times 3600 \times 0,83}{30}$$

$$= 18 \text{ m}^3/\text{jam}$$

B. Durasi pekerjaan galian

Jam kerja efektif per hari = 8 jam kerja/ hari

1 bulan = 25 hari

Produksi per jam = $18 \text{ m}^3/\text{jam}$

= $144 \text{ m}^3/\text{hari}$

n = 2 unit

Tabel 4.13 Durasi Pekerjaan Galian Metode *Top-Down*

Uraian	Luas m ²	Kedalaman m	Volume m ³	Produktivitas m ³ /jam	Durasi jam	Durasi hari
(1)	(2)	(3)	(4)=(2)x(3)	(5)	(6)=(4)/(5)	(7)=(6)/8
Galian Balok & Pelat P1A	150.35	0.7	105.245		6	1
Galian Basement B1B	763.5	1.5	1145.25		32	4
Galian Balok & Pelat B1B	149.73	0.7	104.811		6	1
Galian Basement B2B	763.5	1.5	1145.25	18	32	4
Galian Balok & Pelat B1A	150.35	0.7	105.245		6	1
Galian Basement B1A	829.67	3.0	2489.01		69	9
Galian Basement B2A	829.67	3.0	2489.01		69	9

Jadi total durasi pekerjaan galian yaitu 220 jam dengan durasi pekerja 8 jam/hari , maka durasi pekerjaan galian 29 hari

4.4.2.3. Pekerjaan Pondasi *Bored Pile*

Produktivitas mesin bor (a) = 15 m³/hari

Produktivitas alat cor (b) = 15 m³/hari

Produktivitas pembesian (c) = 570 kg/org/hari

Waktu kerja efektif = 8 jam/hari

Tabel 4.14 Durasi Pekerjaan Pondasi Metode *Top-Down*

No Pondasi	Kedalaman	Pengeboran	Volume Cor	Pengecoran	Volume Tulangan	Pembesian	Pemasangan Tulangan dan King Post
(1)	(2)	(3)=(2)/(a)	(4)	(5)= (4)/(b)	(6)	(7)=(6)/(c)	(8)
1	18	1	22	1	635.85	1	1
2	14	1	14	1	635.85	1	1
3	13	1	13	1	635.85	1	1
4	13	1	13	1	635.85	1	1
5	18	1	22	1	635.85	1	1
6	15	1	16	1	635.85	1	1
7	13	1	13	1	635.85	1	1
8	20	1	25	1	635.85	1	1
9	16	1	18	1	635.85	1	1
10	14	1	14	1	635.85	1	1
11	21	1	27	1	635.85	1	1
12	16	1	18	1	635.85	1	1
13	14	1	14	1	635.85	1	1
14	20	1	25	1	635.85	1	1
15	16	1	18	1	635.85	1	1
16	14	1	14	1	635.85	1	1
17	15	1	16	1	635.85	1	1
18	13	1	13	1	635.85	1	1
19	14	1	14	1	635.85	1	1
20	13	1	13	1	635.85	1	1
21	14	1	14	1	635.85	1	1
22	14	1	14	1	635.85	1	1
23	15	1	16	1	635.85	1	1
24	13	1	13	1	635.85	1	1
25	13	1	13	1	635.85	1	1
26	16	1	18	1	635.85	1	1
27	17	1	20	1	635.85	1	1
28	15	1	16	1	635.85	1	1
29	12	1	14	1	635.85	1	1
30	17	1	23	1	635.85	1	1

31	18	1	24	1	635.85	1	1
32	17	1	23	1	635.85	1	1
33	14	1	17	1	635.85	1	1
34	17	1	23	1	635.85	1	1
35	18	1	24	1	635.85	1	1
36	18	1	24	1	635.85	1	1
37	15	1	19	1	635.85	1	1
38	17	1	23	1	635.85	1	1
39	18	1	24	1	635.85	1	1
40	17	1	23	1	635.85	1	1
41	14	1	17	1	635.85	1	1
42	17	1	23	1	635.85	1	1
43	15	1	19	1	635.85	1	1
44	16	1	21	1	635.85	1	1
45	12	1	14	1	635.85	1	1
46	14	1	17	1	635.85	1	1
47	15	1	19	1	635.85	1	1
48	13	1	15	1	635.85	1	1
49	12	1	14	1	635.85	1	1

4.4.2.4 Pekerjaan Struktur *Basement* dan Struktur Atas

Untuk perhitungan pekerjaan struktur *basement* dan pekerjaan struktur lantai atas pada metode konstruksi *top-down* karena volume pekerjaan yang sama maka durasi pekerjaan pun sama. Oleh karena itu durasi pekerjaan tidak dihitung kembali. Perhitungan durasi dapat dilihat pada Tabel perhitungan durasi yang terdapat pada lampiran.

4.5 Penjadwalan

Setelah durasi masing-masing jenis pekerjaan diketahui untuk metode konstruksi *bottom-up* ataupun *top-down* maka dilanjutkan dengan membuat jadwal proyek. Jadwal proyek dibuat dengan menggunakan *Microsoft Project 2010* dengan metode *Bar Chart*.

Jadwal proyek ini dibuat untuk mengetahui kapan pekerjaan dimulai dan kapan aktivitas pekerjaan selesai dan juga untuk mengetahui total waktu keseluruhan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek Gedung Parkir *Apartemen Skyland City Education Park* dengan kedua metode. Penjadwalan untuk masing-masing metode dapat dilihat pada lampiran.

4.6 Analisa Perbandingan

1. Biaya Pelaksanaan

Biaya metode *bottom-up* lebih murah dibandingkan dengan metode *top-down*, selisih biaya pelaksanaan pembangunan gedung parkir sebesar Rp. 1.961.351.909,00, hal ini disebabkan karena pada metode *top-down* terdapat penambahan material berupa *king post*, perubahan dimensi pelat dan kolom yang menyebabkan biaya material dan upah meningkat.

2. Waktu Pelaksanaan

Dari hasil penjadwalan antara metode *bottom-up* dengan metode *top-down* didapatkan selisih waktu pelaksanaan 53 hari, hal dikarenakan pada metode *top-down* pekerjaan struktur *basement* bersamaan dengan struktur atas.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisa dua metode yaitu *bottom-up* dengan *top-down* didapatkan hasil kesimpulan sebagai berikut :

1. Metode konstruksi *top-down* membutuhkan ketelitian dan kompetensi khusus dalam pelaksanaan diperlukan pendetailan dalam setiap tahapan pelaksanaannya.
2. Metode *top-down* dapat mereduksi waktu pelaksanaan hingga 20%, karena pelaksanaan struktur *basement* bersamaan dengan struktur atas.
3. Biaya pelaksanaan metode *top-down* lebih mahal dibandingkan dengan metode *bottom-up* karena pada metode *top down* terdapat penambahan material yaitu *king post*, perubahan dimensi pelat dan kolom yang menyebabkan biaya material dan upah meningkat.
4. Metode *bottom-up* membutuhkan waktu pelaksanaan selama 313 hari dengan biaya sebesar Rp 20.146.074.654,00 dan metode *top-down* membutuhkan waktu pelaksanaan selama hari 260 dengan biaya sebesar Rp. 21.342.390.563,00

5.2 Saran

1. Pelaksanaan metode *top-down* sangat dimungkinkan untuk dilaksanakan, namun membutuhkan ketelitian dan keahlian dalam proses pelaksanaan.
2. Perlunya pengembangan teknologi dan riset tentang *top-down* serta memasyarakatkan penggunaan metode *top-down* pada jasa konstruksi di Indonesia.



DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto. 2006. **Metode Konstruksi Gedung Bertingkat**. Jakarta: UI Press
- _____. 2003. **Cost Construction Cost Manajement**. Jakarta: UI Press
- _____. 2007. **Handbook Komats 28th Edition**. Japan: Komatsu
- Bachtiar, Ahmad.2001. **Rencana dan Estimate Real of Cost**. Jakarta:Rosda
- Brahmantlyo, Dody. 2012. **Struktur Basement**,
<URL:<http://dodybrahmantlyo.dosen.narotama.ac.id/files/2012/10/PEL-GEDUNG9-Basement.html>>
- Departemen Pekerjaan Umum. 2013. **Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) Bidang Pekerjaan Umum**. Bandung: Kementrian Pekerjaan Umum
- Dwinata,Rizky Harja. 2015. **Perencanaan Basement Gedung Parkir Apartemen Skyland City Education Park**. Tugas Akhir. ITS Surabaya
- Januarti, Ery Radya. 2010, **Modul Bahan Ajar: Estimasi Biaya**. Bandung : Politeknik Negeri Bandung.
- Kholil, Ahmad. 2012. **Alat Berat**. Jakarta: Remaja Rosdakarya
- Mistra. 2012. **Stuktur dan Konstruksi Bangunan Tinggi Sistem Top and Down**. Jakarta:Griya Kreasi.
- Rostiyanti,Susi Fatena.2008. **Alat Berat untuk Proyek Konstruksi**. Jakarta: Rineka Cipta.
- Sajekti, Amien. 2009. **Metode Kerja Bangunan Sipil** . Yogyakarta: Graha Ilmu
- Sukamta, Davy . 2010. “Perancangan *Basement* Perkembangan dan Kemajuan Konstruksi Indonesia”. **Seminar dan Pameran Haki**, Jakarta
- Widianti Irika, dan Lenggogeni. 2013. **Manajemen Konstruksi**. Bandung: Rosda
- Wilopo, Djoko. 2012. **Metode Konstruksi dan Alat Berat** . Jakarta: UI Press

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish	December			January			March			May			July			September		
						E	M	B	E	M	B	E	M	B	E	M	B	E	M	B	E	M	B
1		Gedung Parkir	313 days	Sat 13/12/14	Wed 21/10/15																		
2		Pekerjaan Diaphragma Wall	46 days	Sat 13/12/14	Tue 27/01/15																		
3		Pekerjaan Pondasi	54 days	Wed 28/01/15	Sun 22/03/15																		
4		Galian Tahap 1	13 days	Mon 23/03/15	Sat 04/04/15																		
5		elv 0.00 s/d 6.00	13 days	Mon 23/03/15	Sat 04/04/15																		
6		elv 0.00 s/d 4.50	9 days	Mon 23/03/15	Tue 31/03/15																		
7		pile cap	14 days	Sun 05/04/15	Sat 18/04/15																		
8		Lantai Kerja	1 day	Sun 05/04/15	Sun 05/04/15																		
9		Bekisting	5 days	Mon 06/04/15	Fri 10/04/15																		
10		Pembesian	8 days	Mon 06/04/15	Mon 13/04/15																		
11		Pengecoran	5 days	Tue 14/04/15	Sat 18/04/15																		
12		sloof	20 days	Sun 05/04/15	Fri 24/04/15																		
13		Lantai Kerja	1 day	Sun 05/04/15	Sun 05/04/15																		
14		Bekisting	7 days	Mon 06/04/15	Sun 12/04/15																		
15		Pembesian	6 days	Tue 14/04/15	Sun 19/04/15																		
16		Pengecoran	5 days	Mon 20/04/15	Fri 24/04/15																		
17		Lantai B2A	15 days	Sat 25/04/15	Sat 09/05/15																		
18		Pekerjaan Pelat Lantai	15 days	Sat 25/04/15	Sat 09/05/15																		
19		Lantai Kerja	3 days	Sat 25/04/15	Mon 27/04/15																		
20		Pembesian	7 days	Tue 28/04/15	Mon 04/05/15																		
21		Pengecoran	5 days	Tue 05/05/15	Sat 09/05/15																		
22		Kolom	5 days	Tue 05/05/15	Sat 09/05/15																		
23		Pembesian	3 days	Tue 05/05/15	Thu 07/05/15																		

Project: Penjadwalan bottom up
Date: Tue 13/01/15

Task		Inactive Task		Start-only	
Split		Inactive Milestone		Finish-only	
Milestone		Inactive Summary		Deadline	
Summary		Manual Task		Critical	
Project Summary		Duration-only		Critical Split	
External Tasks		Manual Summary Rollup		Progress	
External Milestone		Manual Summary			

Fitri Prawidiawati



Penulis dilahirkan di Bandung, 18 April 1991, merupakan anak ketiga dari 3 (tiga) bersaudara dari pasangan Ir. Suprpto dan Tati Suprapti.

Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Utama 2 Cimahi, SMPN 3 Cimahi dan SMAN 17 Bandung. Setelah lulus dari SMAN 17 Bandung 2009, Penulis mengikuti seleksi penerimaan mahasiswa Politeknik Negeri Bandung (POLBAN) dan diterima pada Jurusan Teknik Sipil, Program Studi Konstruksi Sipil pada tahun 2009. Penulis menempuh pendidikan di POLBAN selama 3 tahun, lulus pada Oktober tahun 2012. Setelah lulus dari POLBAN, pada Agustus 2012, penulis diterima bekerja di perusahaan PT.Rayakonsul sebagai ass.engineering. Penulis bekerja di perusahaan tersebut sampai Desember 2012, kemudian melanjutkan pendidikannya untuk mengambil Program Studi S-1 Lintas Jalur Jurusan Teknik Sipi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Penulis diterima pada Januari 2013 dan terdaftar di Jurusan Teknik Sipil Program Sarjana Lintas Jalur Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan NRP. 3112106044