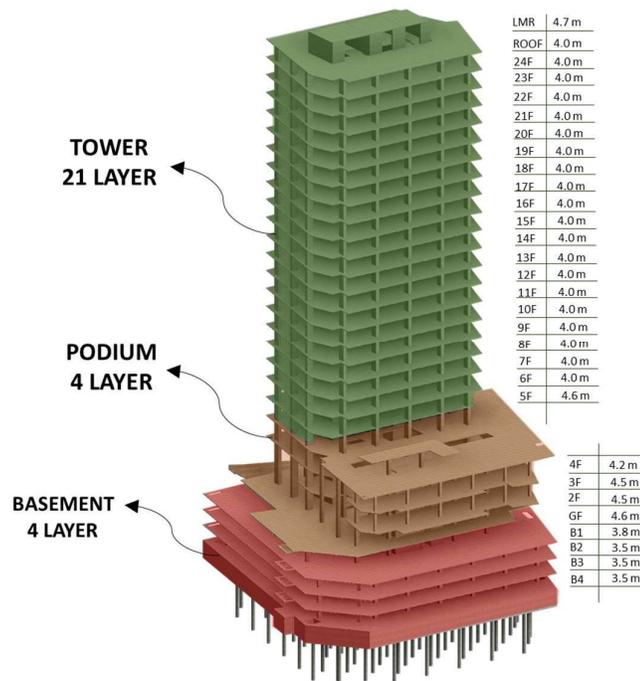


BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Penelitian

Data penelitian diperoleh dari proyek pembangunan gedung X terletak di Jalan Kapten Tendean, Kuningan Barat, Jakarta Selatan yang memiliki 4 lantai *basement*, 4 lantai podium, dan 21 lantai *tower*. Bangunan ini memiliki luas total 54.704 m² dan total tinggi bangunan 120, 3 meter (elevasi -14,5 meter sampai elevasi +106, 9 meter). Bentuk dari bangunan dapat dilihat pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4. 1 Bentuk bangunan yang di tinjau

4.2 Analisis Metode Konstruksi

Analisis dilakukan dengan cara membandingkan dua metode pelaksanaan konstruksi yang berbeda, yakni metode konstruksi *bottom up* dan metode konstruksi *top down*.

4.2.1. Analisis Metode Konstruksi *Top down*

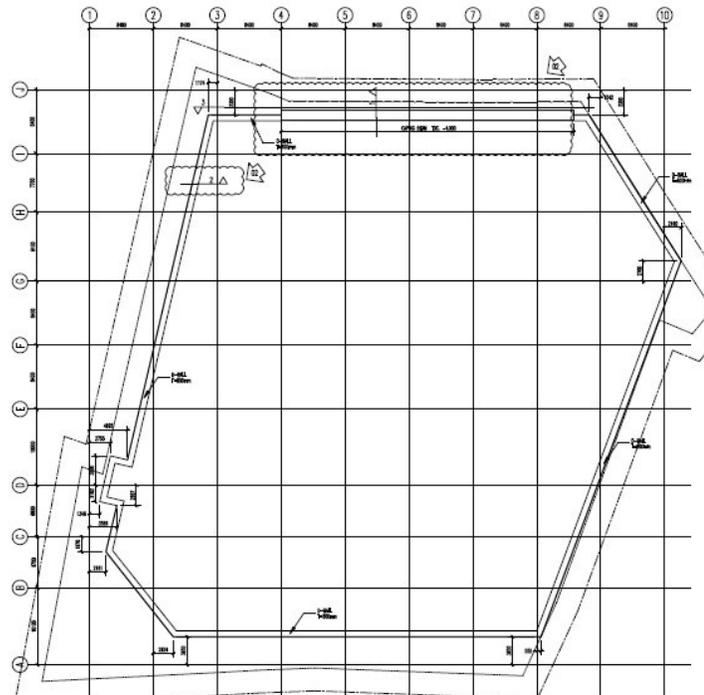
1. Pekerjaan *Diaphragm wall*

Jenis dinding penahan tanah ini umum digunakan pada pekerjaan konstruksi dengan menggunakan metode *top down*. Fungsi lain dari *diaphragm wall* adalah sebagai *cut off dewatering* serta difungsikan juga sebagai dinding *basement* permanen. Dalam pelaksanaan, digunakan *diaphragm wall* dengan spesifikasi berikut ini :

Tebal : 800 mm

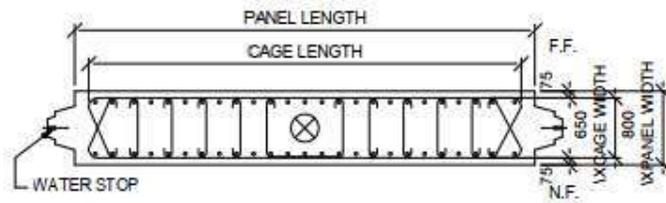
Kedalaman : 27400 mm

Alat berat yang biasa digunakan selama proses pelaksanaan pembuatan *diaphragm wall* antara lain *Excavating clampshell*, *Service crane*, *Dump truck*, serta alat pendukung lain seperti *theodolite* dan pipa *tremie*. Adapun denah dari *diaphragm wall* ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Denah rencana *diaphragm wall*

Pekerjaan dengan menggunakan metode *top down* dimulai dari pekerjaan persiapan berupa pembuatan *guide wall*, fungsi dari *guide wall* tersebut untuk menjaga kelurusan dari galian dan pekerjaan dinding *diaphragm wall*.



Gambar 4. 6 *Closing panel*

Setelah pekerjaan galian tanah selesai, selanjutnya adalah memasukkan tulangan yang telah di rangkai di lokasi fabrikasi ke dalam lubang hasil penggalian. Untuk mempermudah pekerjaan, pemasangan menggunakan bantuan alat berat berupa *service crane*.



Gambar 4. 7 Pemasangan tulangan *diaphragm wall*

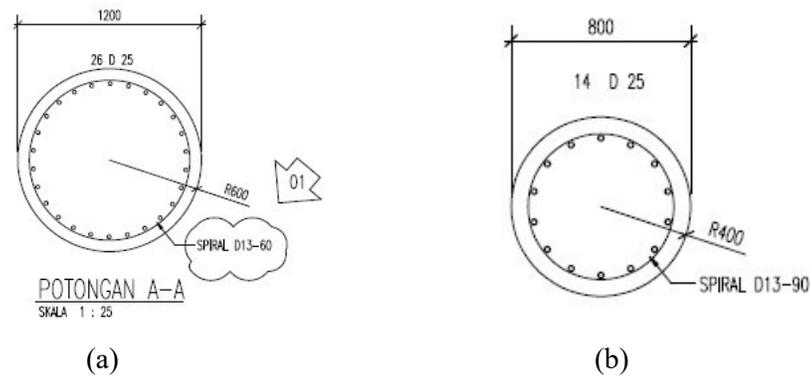
Jika proses instalasi tulangan selesai dikerjakan, langkah selanjutnya yakni pekerjaan pengecoran *diaphragm wall*. Pekerjaan pengecoran dibantu dengan pipa tremi serta pengawasan dari *surveyor* yang bertugas di lapangan. Pipa tremi digunakan untuk menjaga tinggi jatuh beton agar tidak terjadi segregasi pada campuran beton.



Gambar 4. 8 Pengecoran *diaphragm wall* di lapangan

2. Pekerjaan Pondasi *Bore Pile* dan Kolom *King post*

Pondasi digunakan untuk menopang berat dari struktur lalu menyalurkan gaya yang bekerja ke tanah. Dalam pelaksanaan, pondasi *bore pile* dipilih agar tidak menimbulkan ketidaknyamanan di lingkungan sekitar proyek. Alat berat yang digunakan pada pekerjaan *bore pile* antara lain *Auger bore machine*, *Service crane*, *Temporary casing*, dan pipa *tremie*. Adapun detail ukuran serta jumlah *bore pile* ditunjukkan pada Gambar 4.9 dan Tabel 4.10 di bawah ini.

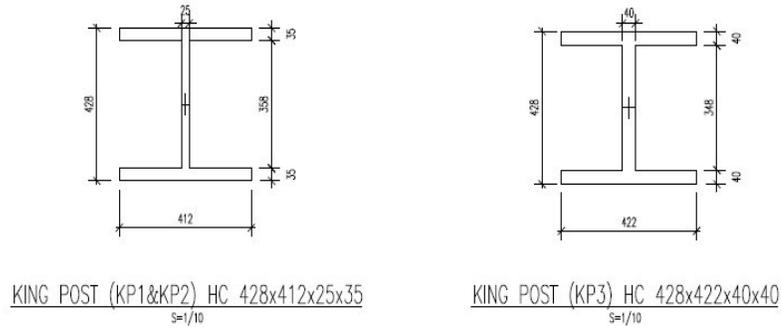
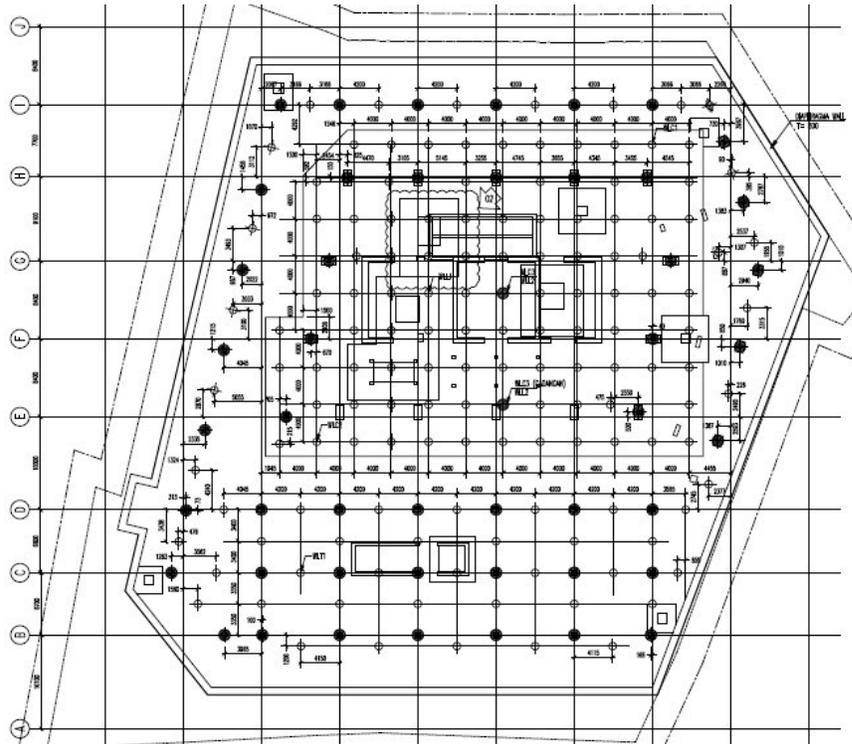


Gambar 4. 9 (a) *Bore pile* diameter 1200 mm, (b) *Bore pile* diameter 800 mm

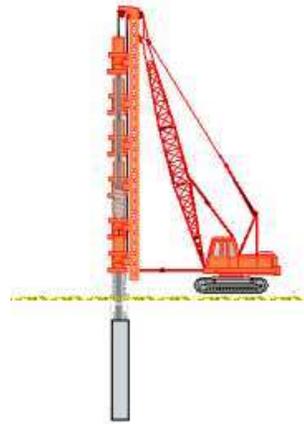
Tabel 4. 1 Diameter dan jumlah *bore pile* yang digunakan

No.	Diameter (mm)	Jumlah
1	1200	49
2	800	140

Dalam pelaksanaan pembangunan konstruksi dengan menggunakan metode *top down*, karena skema pelaksanaan pembuatan struktur di kerjakan secara terbalik (dari atas ke bawah), maka perlunya struktur yang bersifat sementara yang berfungsi sebagai penopang dari beban yang bekerja di atasnya. Struktur sementara yang dimaksud adalah *king post*. *King post* sendiri merupakan batang baja yang berfungsi sebagai kolom sementara yang berguna sebagai penopang dari pekerjaan struktur yang dikerjakan di atasnya. Adapun ukuran serta denah dari *king post* dan *bore pile* yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.

Gambar 4. 10 Ukuran *king post*Gambar 4. 11 Denah *bore pile* dan *king post*

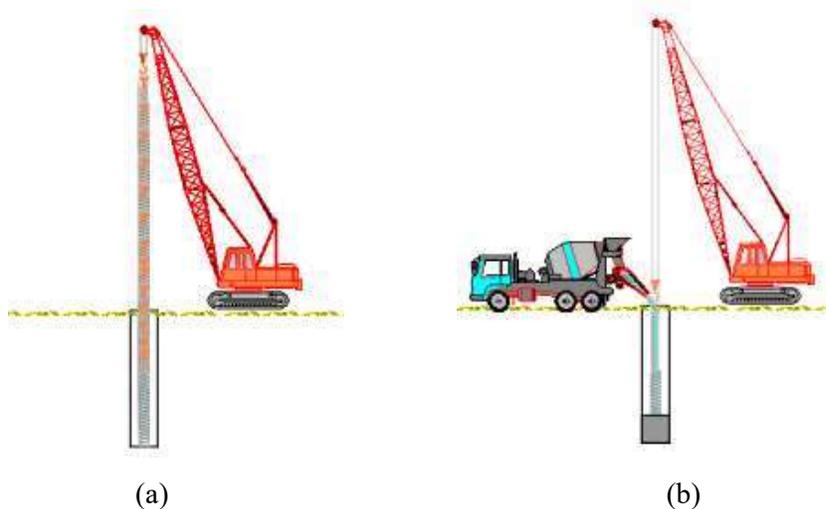
Secara umum, pekerjaan pembuatan pondasi *bore pile* dimulai dari pekerjaan persiapan berupa penentuan titik pondasi yang dilakukan oleh *surveyor* dan penyiapan tulangan yang digunakan di area fabrikasi. Selanjutnya, pekerjaan galian dilakukan sesuai dengan titik *marking* yang telah ditentukan dengan menggunakan *auger bore machine*. Untuk mencegah terjadinya longsor pada tanah hasil galian, maka dalam pelaksanaan, lubang galian di proteksi dengan menggunakan *casing* sementara. Selain itu, *casing* juga berfungsi untuk mencegah tercampurnya tanah dengan beton.



Gambar 4. 12 Pekerjaan pengeboran pondasi

Setelah pekerjaan pengeboran selesai, langkah selanjutnya yakni memasukkan tulangan yang telah di fabrikasi ke dalam lubang. Penempatan tulangan dibantu dengan menggunakan alat berupa *service crane*.

Pekerjaan pengecoran dilaksanakan jika seluruh tulangan telah masuk ke dalam lubang hasil pemboran. Pengecoran dilaksanakan pada elevasi -14,5 meter sampai dengan elevasi -30,5 meter dengan menggunakan bantuan pipa tremi yang bertujuan untuk menjaga tinggi jatuh beton ketika dituangkan ke lubang hasil pemboran. Beton yang dipakai memiliki mutu atau f_c' sebesar 30 MPa.

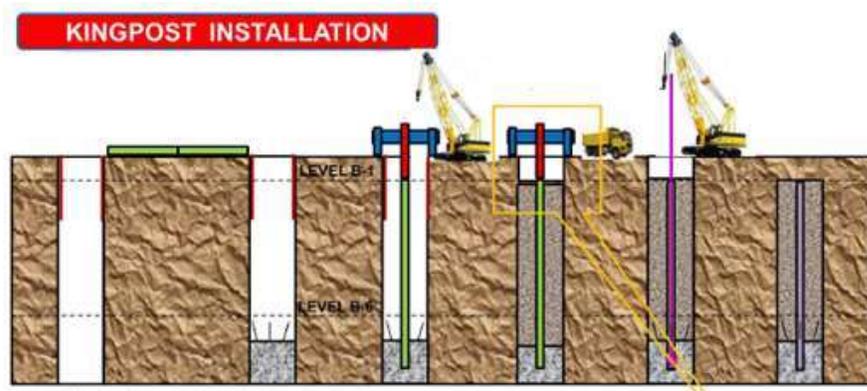


Gambar 4. 13 (a) Penempatan tulangan *bore pile*, (b) Pengecoran *bore pile*

Setelah pekerjaan pengecoran selesai dilaksanakan, casing sementara yang terpasang akan dicabut dengan menggunakan bantuan *vibro hammer*.

Selanjutnya, besi *king post* ditanam ke dalam lubang galian *bore pile*. Besi *king post* akan di tanam sekitar kurang lebih 1,5 meter masuk ke dalam pondasi *bore pile*. Hal ini dilakukan agar kolom *king post* memiliki kedudukan yang kokoh serta berfungsi untuk menyalurkan beban dan gaya yang bekerja ke *bore pile*.

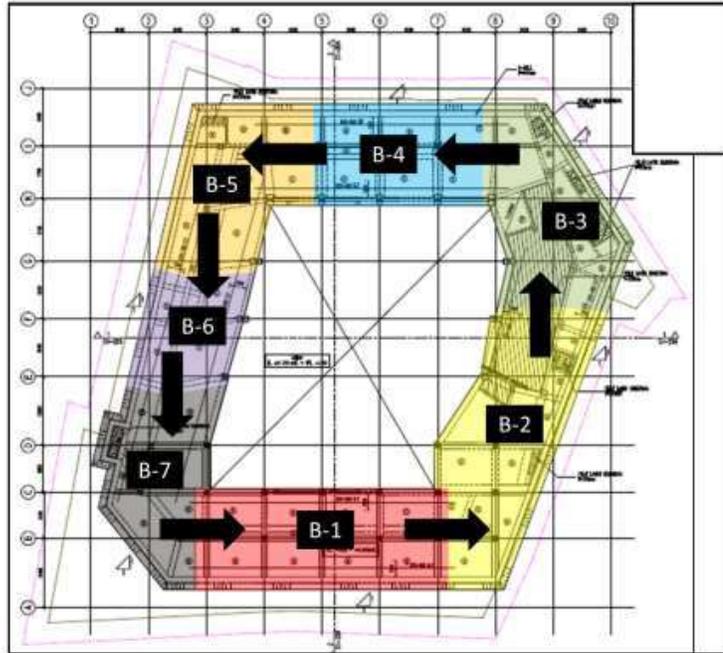
Secara umum, dalam pelaksanaan pemasangan kolom *king post* di lapangan, di perlukan beberapa alat seperti *service crane* untuk membantu pelaksanaan penanaman kolom *king post* dan *king post table* yang berfungsi sebagai kedudukan serta menjaga agar *king post* tertanam secara lurus, sedangkan *surveyor* akan memandu proses tersebut untuk menjaga kelurusan dari kolom *king post*. Adapun tahapan dalam pemasangan *king post* ditunjukkan pada Gambar 4.14 di bawah ini.



Gambar 4. 14 Tahapan instalasi kolom *king post*

3. Pekerjaan Galian Tanah, Pembesian dan Pengecoran *Slab Basement*

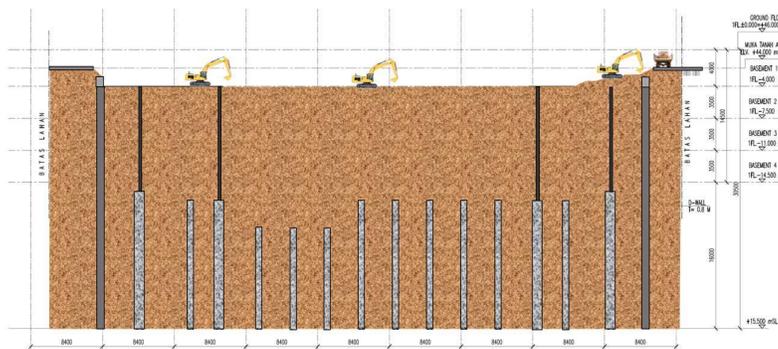
Pada tahap pekerjaan galian tanah, pelaksana membagi area pekerjaan ke dalam beberapa zona pekerjaan dengan tujuan untuk mempermudah ketika proses pekerjaan berlangsung serta pertimbangan eksternal seperti aspek lalu lintas, kemampuan *batching plan* memproduksi beton, serta produktivitas sumber daya (alat dan tenaga kerja) sehingga pekerjaan diharapkan akan berjalan dengan baik serta efisien. Pembagian zona juga dilakukan untuk mempermudah monitoring pelaksanaan. Dalam penggunaan metode *top down*, pekerjaan galian tanah umumnya dilakukan beriringan dengan pekerjaan struktur lain, misalnya pekerjaan pengecoran plat *basement*. Zona pembagian pekerjaan pembuatan *basement* dapat dilihat pada Gambar 4.15.



Gambar 4. 15 Pembagian zona pekerjaan

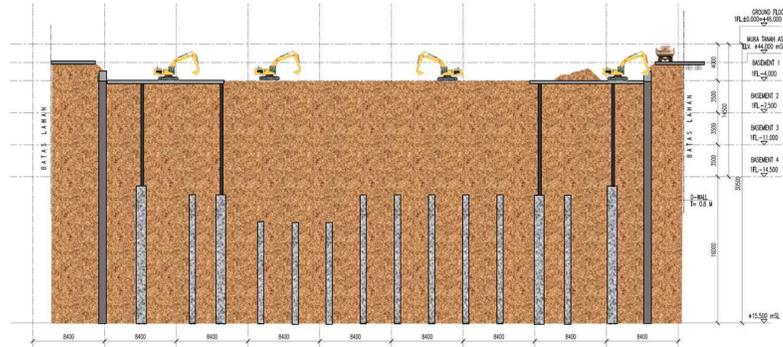
Seperti yang telah di jelaskan diatas, pekerjaan galian tanah dan pekerjaan struktur *slab basement* (pembesian dan pengecoran) dikerjakan secara beriringan. Adapun tahapan pekerjaan dalam galian serta pembuatan lantai *basement* di jabarkan seperti berikut ini :

- a. Pekerjaan galian tanah tahap 1, mulai dari elevasi -2 meter sampai dengan -4,25 meter.



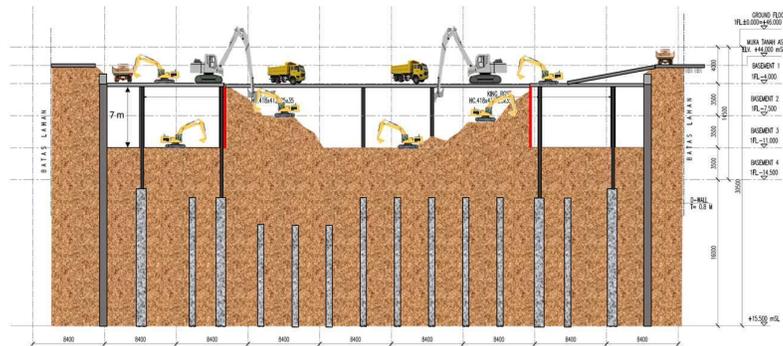
Gambar 4. 16 Pekerjaan galian tanah tahap 1

- b. Pekerjaan *ring slab basement 1*, meliputi pekerjaan pembesian untuk *slab* (pelat dan balok) serta pengelasan *shear stud* tulangan balok ke kooom *king post*.



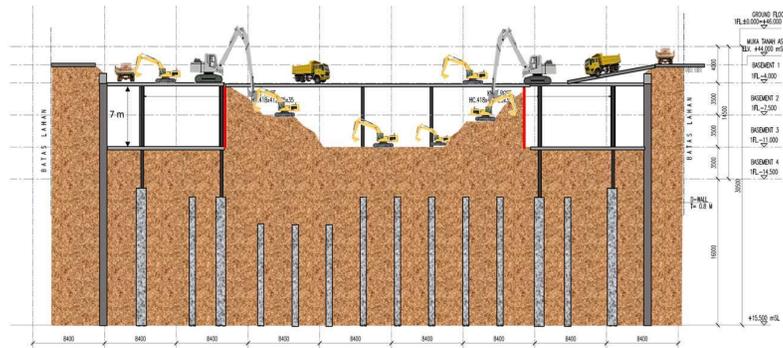
Gambar 4. 17 Pekerjaan *ring slab basement 1*

- c. Pekerjaan galian tanah tahap 2, mulai dari elevasi $-4,25$ meter sampai dengan $-11,25$ meter. Pekerjaan ini dapat dimulai jika *slab ring basement 1* telah mengeras serta mampu menahan beban alat berat yang berada di *ring slab basement* tersebut.



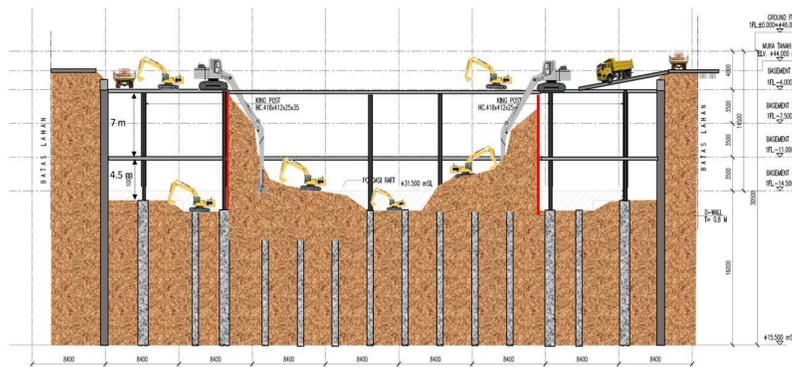
Gambar 4. 18 Pekerjaan galian tanah tahap 2

- d. Pekerjaan *ring slab basement 3* dilakukan setelah pekerjaan galian telah selesai. Pekerjaan ini meliputi pembuatan bekisting untuk *slab*, kemudian dilanjutkan dengan pekerjaan pembesian untuk pelat dan balok *ring slab basement*, pekerjaan pengelasan *shear stud* untuk mengikat tulangan dari balok ke kolom *king post*, serta pekerjaan pengecoran. Karena luas area pekerjaan yang terbatas, pekerjaan pengecoran dilakukan dengan bantuan *concrete pump*.



Gambar 4. 19 Pekerjaan *ring slab basement 3*

- e. Pekerjaan galian tanah tahap 3, mulai dari elevasi -11,25 meter sampai dengan -15,5 meter merupakan pekerjaan galian tanah terakhir sebelum pembuatan *raft foundation*. Seperti pada pekerjaan galian sebelumnya, proses galian tanah baru dapat di kerjakan jika *ring slab basemet* di atasnya sudah mengeras (kurang lebih 14 hari setelah pengecoran). Karena luas area yang tersedia terbatas, maka dalam pekerjaan galian tanah tahap 3 ini menggunakan *excavator* yang lebih kecil, kemudian tanah hasil galian di kumpulkan di area *void* untuk selanjutnya dipindahkan dengan *excavator long arm* ke dalam *dump truck*.



Gambar 4. 20 Pekerjaan galian tanah tahap 3

4. Pekerjaan Pembesian dan Pengecoran *Raft Foundation*

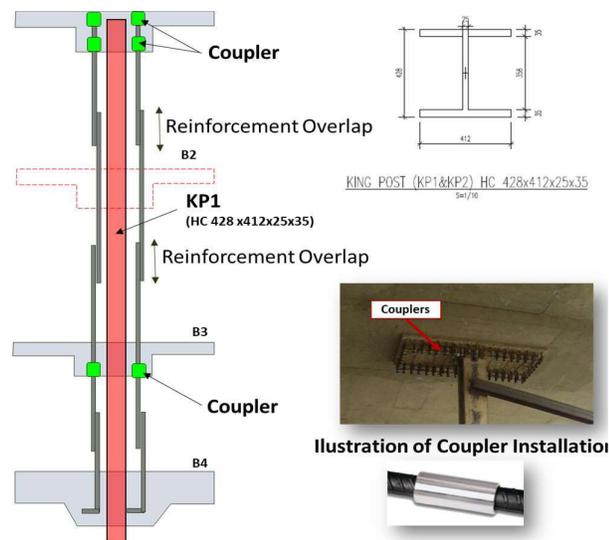
Pekerjaan selanjutnya dilaksanakan ketika pekerjaan galian telah mencapai elevasi rencana. Sebelum pekerjaan *raft foundation* dilaksanakan, dilakukan terlebih dahulu pekerjaan bobok *bore pile* yang dilakukan dengan menggunakan *excavator breaker* sesuai dengan Rencana Kerja dan Syarat-

syarat (RKS). Selain berfungsi sebagai pengikat seluruh pondasi *bore pile*, *raft foundation* juga berfungsi sebagai *slab basement* lantai paling bawah.

Sebelum dilaksanakan pekerjaan pembesian untuk *raft foundation*, perlu dilakukan pemadatan tanah serta pembuatan lantai kerja dengan menggunakan beton mutu rendah pada area tersebut. Selanjutnya besi yang sudah di rangkai pada area fabrikasi di tempatkan pada lokasi pekerjaan dengan menggunakan bantuan *service crane*. Pekerjaan pengecoran dilaksanakan setelah seluruh pekerjaan pembesian selesai.

5. Pekerjaan Pembesian dan Pengecoran Kolom

Pekerjaan kolom pada metode konstruksi *top down* berbeda dengan metode konvensional. Pada metode konvensional, tulangan kolom sudah di rangkai pada area fabrikasi dan diangkat ke lokasi pekerjaan dengan menggunakan bantuan *service crane* atau *tower crane*. Metode pekerjaan kolom pada tahap ini menggunakan *coupler* dan tulangan kolom dirangkai secara manual di lokasi pekerjaan. Adapun gambaran umum metode pelaksanaan ditunjukkan pada Gambar 4.21.



Gambar 4. 21 Metode pekerjaan kolom komposit

Setelah pekerjaan pembesian selesai dilaksanakan, pekerjaan selanjutnya yakni pemasangan beton *decking*, pemasangan bekisting, serta pengecoran. Metode pengecoran yang dipakai adalah *overflowing* dimana beton dituangkan secara bertahap untuk mencegah terjadinya segregasi.

6. Pekerjaan Pembesian dan Pengecoran *Capping Beam*

Capping beam berfungsi sebagai balok pengikat antara *diaphragm wall* dengan *slab basement* paling atas. Sebelum pekerjaan pembesian dan pengecoran dilakukan, bagian atas *diaphragm wall* di bobok dengan menggunakan *excavator breaker*. Kemudian, pekerjaan selanjutnya yakni pembesian, pemasangan bekisting, serta pengecoran.

7. Pekerjaan Pembesian dan Pengecoran *Core Wall*

Core wall atau dinding geser pada gedung ini berfungsi sebagai pengaku bangunan, penahan gaya lateral gempa bumi, gaya geser, serta sebagai penguat untuk dinding lift bangunan. *Core wall* merupakan salah satu jenis *shear wall* yang terletak di pusat atau tengah bangunan gedung.

Urutan pelaksanaan pembuatan *core wall* diantaranya adalah pekerjaan pembesian, pemasangan bekisting, pengecoran, serta pelepasan bekisting jika beton mulai mengeras.

4.2.2. Analisis Metode Konstruksi *Bottom up*

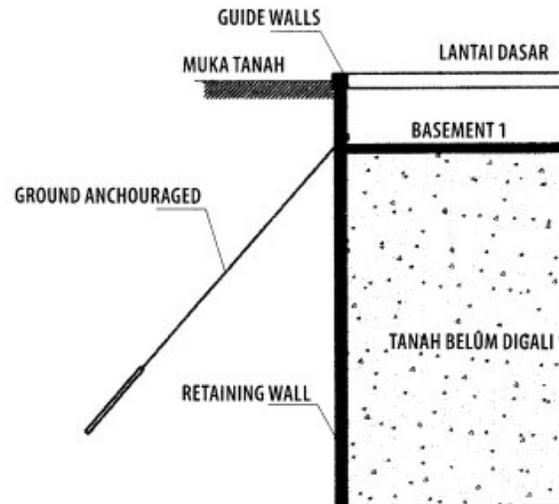
1. Pekerjaan *Diaphragm Wall* dan *Ground Anchor*

Secara umum, pekerjaan pembuatan *diaphragm wall* di buat sama persis dengan pekerjaan *diaphragm wall* seperti yang telah di jelaskan pada bagian analisis metode pelaksanaan dengan menggunakan metode konstruksi *down*.

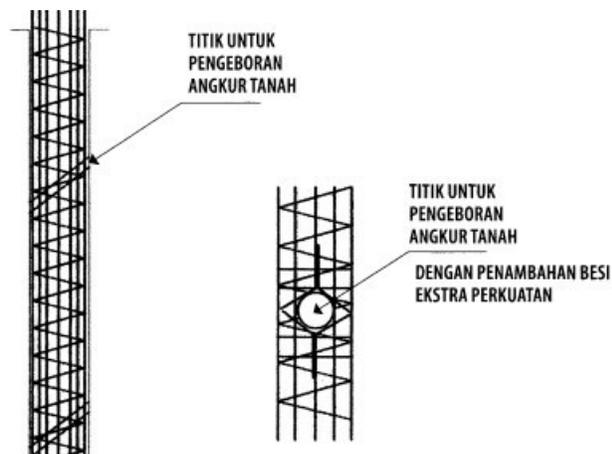
Pada pekerjaan *diaphragm wall* untuk metode *bottom up*, dinding tersebut diberikan perkuatan tambahan berupa *ground anchor* untuk menambah kekuatan dinding untuk mencegah bahaya terjadinya guling akibat tekanan tanah yang bekerja. Pekerjaan pemasangan *ground anchor* perlu direncanakan secara matang, mulai dari metode pelaksanaan, jarak antar angkur tanah, sampai dengan tahap pelaksanaan di lapangan. Pekerjaan *ground anchor* memerlukan pengawasan ketat serta dilaksanakan oleh pekerja yang berpengalaman agar pada saat pengeboran, mata bor tidak rusak dan prosesnya tidak sampai merusak struktur *diaphragm wall* serta pelaksanaan berjalan sesuai dengan rencana.

Umumnya, pada bagian yang akan dipasang angkur tanah, pembesian struktur terlebih dahulu ditambah untuk mengantisipasi berkurangnya kekuatan struktur akibat putusnya tulangan karena pengeboran. Untuk

perkuatan tambahan, setelah *ground anchor* akan dilakukan penambalan dengan menggunakan injeksi *grouting* pada titik lubang hasil pengeboran. Skema pengeboran *ground anchor* ditunjukkan pada Gambar 4.22 dan Gambar 4.23.



Gambar 4. 22 Konsep pemasangan *ground anchor* (Mistra, 2012)



Gambar 4. 23 Penentuan titik pengeboran (Mistra, 2012)

2. Pekerjaan Galian Tanah

Pekerjaan galian tanah dilaksanakan sebagai pekerjaan awal dalam pembuatan struktur *basement*. Pada metode pelaksanaan dengan menggunakan skema *bottom up*, pekerjaan galian menggunakan metode *open cut* atau pekerjaan galian dilaksanakan sampai dengan elevasi kedalaman yang direncanakan.

Pekerjaan galian tanah dilaksanakan dengan menggunakan alat berat berupa *excavator* dan *dump truck*. Pekerjaan galian dibagi dalam tiga tahap, yakni :

- a. Pekerjaan tahap 1, dimulai dari elevasi 0 m sampai elevasi -4,25 m.
- b. Pekerjaan tahap 2, dimulai dari elevasi -4,25 m sampai elevasi -11,25 m.
- c. Pekerjaan tahap 3, dimulai dari elevasi -11,25 m sampai elevasi -15.5 m.

3. Pekerjaan Pembesian dan Pengecoran *Bore Pile*

Setelah galian tanah mencapai elevasi yang direncanakan, pekerjaan pemboran untuk pondasi dikerjakan dengan menggunakan *auger bore machine* sampai dengan kedalaman yang direncanakan, untuk menjaga agar tidak terjadi keruntuhan tanah pada saat pengeboran, biasanya digunakan *bentonite* serta *temporary casing*. Tulangan dimasukkan setelah pekerjaan galian selesai, kemudian pengecoran di lokasi dilaksanakan dengan bantuan pipa tremi untuk menjaga tinggi jatuh beton.

Karena *sequence* pekerjaan dimulai dari bawah, maka penggunaan kolom *king post* tidak diperlukan. Setelah pengecoran selesai, *temporary casing* di lepas secara perlahan dengan bantuan alat berat.

4. Pekerjaan Struktur *Basement*

Proses pekerjaan struktur *basement* dimulai dari pembuatan *raft foundation* yang digunakan sebagai *slab* basement paling bawah sekaligus pengikat *bore pile*. Pekerjaan diawali dengan potong kepala *bore pile* sesuai dengan *cut off level* yang direncanakan, kemudian berturut-turut pengerjaan rantai kerja, pembesian, selanjutnya pengecoran.

Pekerjaan pembesian kolom pada *basement* paling bawah dilakukan bersamaan saat pembesian untuk *raft foundation* di kerjakan. Perakitan tulangan kolom biasanya dikerjakan pada lokasi fabrikasi, pemasangan dilakukan dengan bantuan *tower crane*. Setelah pekerjaan tersebut selesai, selanjutnya adalah pemasangan bekisting kolom dan pengecoran kolom.

Pekerjaan balok dan pelat lantai *basement* dilakukan secara bersamaan mulai dari pembesian, pemasangan dan bongkar bekisting, hingga pengecoran. Untuk menyangga bekisting selama pekerjaan berlangsung, umumnya digunakan *scaffolding* atau perancah yang dapat di bongkar

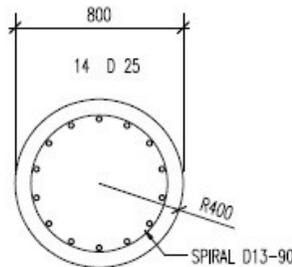
pasang. Pekerjaan struktur *basement* selanjutnya dikerjakan dengan tahapan yang sama sampai dengan jumlah lantai *basement* yang direncanakan.

4.3 Analisis Volume Pekerjaan

Analisis volume pekerjaan dilakukan pada setiap *item* pekerjaan yang dikerjakan selama pelaksanaan pembuatan *basement* berlangsung. Volume pekerjaan diperoleh dengan 2 cara, yakni dari data *BOQ* atau *Bill of Quantity* proyek serta analisis volume pekerjaan dilakukan dengan cara menghitung banyaknya kebutuhan material dari gambar kerja yang tersedia, hal ini disebabkan ada beberapa *item* pekerjaan yang tidak terdapat di *BOQ* tersebut.

4.3.1. Volume Pekerjaan *Bore Pile*

1. Volume Beton dan Pembesian *Bore pile* diameter 800 mm



Gambar 4. 24 Detail pembesian *bore pile*

$$\text{Volume 1 pondasi} = \text{Luas penampang} \times \text{Kedalaman}$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,8^2 \times 16$$

$$= 8,043 \text{ m}^3$$

$$\text{Tulangan utama (14D25)} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times (L + (40 \times d)) \times \Sigma \text{tulangan} \times 7850 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,025^2 \times (16 + (40 \times 0,025)) \times 14 \times 7850 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$= 917,1 \text{ kg}$$

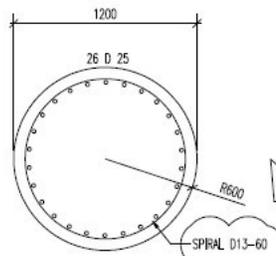
Tulangan sengkang, berbentuk spiral diameter 13 dengan jarak 90 mm.

$$\text{Panjang sengkang} = \sqrt{\left(\pi \times \frac{h}{h1} \times D\right)^2 + h^2}$$

$$= \sqrt{\left(\pi \times \frac{16}{0,09} \times (0,8 - 0,075 - 0,075)\right)^2 + 16^2}$$

$$\begin{aligned}
 &= 363,381 \text{ m} \\
 \text{Panjang } \textit{overlap} &= ((\text{panjang besi} / 12) - 1) \times (40 \times d) \\
 &= ((363,381 / 12) - 1) \times (40 \times 0,013) \\
 &= 15,6 \text{ m} \\
 \text{Panjang total, L} &= 363,381 + 15,6 \\
 &= 378,981 \text{ m} \\
 \text{Berat tulangan sengkang} &= 378,981 \text{ m} \times 1,04 \text{ kg} / \text{m} \\
 &= 394,141 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Volume Beton dan Pembesian *Bore pile* diameter 1200 mm



Gambar 4. 25 Detail pembesian *bore pile*

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 1 pondasi} &= \text{Luas penampang} \times \text{Kedalaman} \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 1,2^2 \times 16 \\
 &= 18,096 \text{ m}^3 \\
 \text{Tulangan utama (26D25)} &= \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times (L + (40 \times d)) \times \Sigma \text{tulangan} \times 7850 \text{ kg} / \text{m}^3 \\
 &= \frac{1}{4} \times \pi \times 0,025^2 \times (16 + (40 \times 0,025)) \times 26 \times 7850 \text{ kg} / \text{m}^3 \\
 &= 1703,185 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tulangan sengkang, berbentuk spiral diameter 13 dengan jarak 60 mm.

$$\begin{aligned}
 \text{Panjang sengkang} &= \sqrt{\left(\pi \times \frac{h}{hl} \times D\right)^2 + h^2} \\
 &= \sqrt{\left(\pi \times \frac{16}{0,06} \times (0,8 - 0,075 - 0,075)\right)^2 + 16^2} \\
 &= 879,792 \text{ m} \\
 \text{Panjang } \textit{overlap} &= ((\text{panjang besi} / 12) - 1) \times (40 \times d)
 \end{aligned}$$

$$= ((879,792 / 12) - 1) \times (40 \times 0,013)$$

$$= 37,96 \text{ m}$$

$$\text{Panjang total, L} = 879,792 + 37,96$$

$$= 917,752 \text{ m}$$

$$\text{Berat tulangan sengkang} = 917,752 \text{ m} \times 1,04 \text{ kg / m}$$

$$= 954,463 \text{ kg}$$

3. Total Volume Beton dan Tulangan

Tabel 4. 2 Rekapitulasi kebutuhan beton dan pembesian

No.	Diameter (mm)	Jumlah	Volume (m3)	Volume total (m3)	Pembesian (kg)	Total besi (kg)
1	800	140	8.043	1126.02	1365.188	191126.32
2	1200	49	18.096	886.704	2757.835	135133.933

4.3.2. Volume Pekerjaan *Diaphragm wall*

1. Volume galian tanah dan beton

$$\text{Kedalaman panel galian} = 27,5 \text{ m}$$

$$\text{Tebal panel} = 0,8 \text{ m}$$

$$\text{Panjang } D\text{-Wall} = 252 \text{ m}$$

$$\text{Volume galian} = \text{Volume beton} = \text{kedalaman} \times \text{tebal} \times \text{panjang}$$

$$= 27,5 \times 0,8 \times 252$$

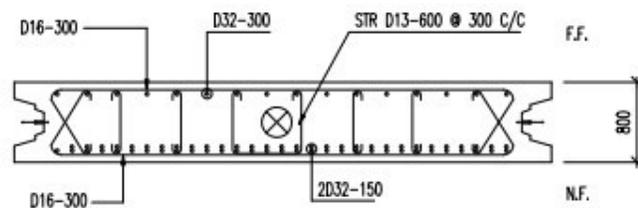
$$= 5544 \text{ m}^3$$

2. Volume pembesian

$$\text{Diameter tulangan utama} = 32 \text{ mm (berat} = 6,31 \text{ kg/m)}$$

$$\text{Panjang } diaphragm \text{ wall per panel} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Jumlah panel} = \frac{252}{5} = 50 \text{ panel}$$



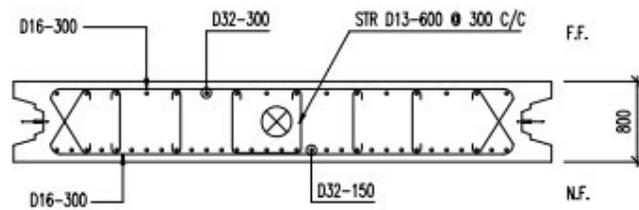
Gambar 4. 26 Detail *diaphragm wall section 1*

Berat tulangan 1A = jumlah tulangan \times panjang \times berat
 = $16 \times 17,9 \text{ m} \times 6,31 \text{ kg/m}$
 = 1807,2 kg

Berat tulangan 1B = jumlah tulangan \times panjang \times berat
 = $66 \times 19,3 \text{ m} \times 6,31 \text{ kg/m}$
 = 8037,7 kg

Tulangan sengkang (D16) = jumlah sengkang \times panjang \times berat
 = $55 \times 9,894 \text{ m} \times 1,58 \text{ kg / m}$
 = 859,789 kg

Tulangan *ties* (D13) = jumlah *ties* \times panjang \times berat
 = $440 \times 0,956 \text{ m} \times 1,04 \text{ kg / m}$
 = 437,466 kg



Gambar 4. 27 Detail *diaphragm wall section 2*

Berat tulangan 2A = jumlah tulangan \times panjang \times berat
 = $16 \times 12,4 \text{ m} \times 6,31 \text{ kg/m}$
 = 1251,9 kg

Berat tulangan 2B = jumlah tulangan \times panjang \times berat
 = $33 \times 12,4 \text{ m} \times 6,31 \text{ kg/m}$
 = 2582,1 kg

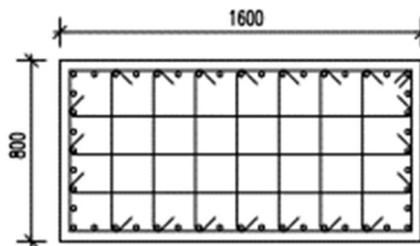
Tulangan sengkang (D16) = jumlah sengkang \times panjang \times berat
 = $41 \times 9,894 \text{ m} \times 1,58 \text{ kg / m}$
 = 640,934 kg

Tulangan *ties* (D13) = jumlah *ties* \times panjang \times berat
 = $328 \times 0,956 \text{ m} \times 1,04 \text{ kg / m}$
 = 326,111 kg

$$\begin{aligned}
 3. \text{ Jumlah seluruh pembesian} &= \text{Total besi} \times \text{jumlah segmen} \\
 &= 15943,1 \text{ kg} \times 50 \\
 &= 797155,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

4.3.3. Volume Pekerjaan Kolom

Volume yang dihitung meliputi kebutuhan beton, tulangan, dan bekisting kolom. Kolom yang digunakan sangat bervariasi, mulai dari dimensi, diameter besi, dan jumlahnya. Sebagai contoh, hitungan dilakukan pada kolom K1.



Gambar 4. 28 Detail kolom K1

1. Data Kolom

Dimensi	= 1600 mm × 800 mm
Tinggi	= 3,5 m
Tebal selimut	= 40 mm
Pembesian, tulangan utama	= 48 D25
Tulangan sengkang 1	= D10 – 175 mm (tumpuan)
Tulangan sengkang 2	= D10 – 350 mm (lapangan)
Tulangan ties 1	= D10 – 175 mm (tumpuan)
Tulangan ties 2	= D10 – 350 mm (lapangan)

2. Perhitungan volume beton

$$\begin{aligned}
 \text{Volume 1 kolom} &= 1,6 \times 0,8 \times 3,5 \\
 &= 13,44 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

3. Perhitungan kebutuhan tulangan

$$\begin{aligned}
 \text{Tulangan utama} &= \text{jumlah tulangan} \times \text{panjang} \times \text{berat tulangan} \\
 &= 48 \times 3,5 \text{ m} \times 3,83 \text{ kg/m} \\
 &= 643,4 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Tulangan sengkang

$$\text{Jumlah sengkang (tumpuan)} = \frac{\text{Tinggi kolom}}{\text{jarak sengkang}} + 1$$

$$= \frac{0,5 \times 3,5}{0,175} + 1$$

$$= 11 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang sengkang} &= ((B - (2 \times \text{sel.beton})) + (H - 2 \times \text{sel.beton})) + (4 \times (6 \times d_s)) + \\ &\quad (2 \times (6 \times d_s)) + (2 \times l_t) \\ &= ((1,2 - (2 \times 0,04)) + (0,8 - (2 \times 0,04))) + (4 \times (6 \times 0,01)) + \\ &\quad (2 \times (6 \times 0,01)) + (2 \times 0,075) \\ &= 4,99 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat besi sengkang} &= \text{panjang} \times \text{jumlah sengkang} \times \text{berat besi} \\ &= 4,99 \text{ m} \times 11 \times 0,617 \text{ kg/m} \\ &= 33,867 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Panjang ties} &= ((7 \times (B - 2 \times \text{sel.beton})) + (2 \times (4 \times d_s)) + (2 \times l_t)) + \\ &\quad ((3 \times (H - 2 \times \text{sel.beton})) + (2 \times (4 \times d_s)) + (2 \times l_t)) \\ &= ((7 \times (1,2 - 2 \times 0,04)) + (2 \times (4 \times 0,01)) + (2 \times 0,075)) + \\ &\quad ((3 \times (0,8 - 2 \times 0,04)) + (2 \times (4 \times 0,01)) + (2 \times 0,075)) \\ &= 10,06 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat besi ties} &= \text{panjang} \times \text{jumlah sengkang} \times \text{berat besi} \\ &= 10,06 \text{ m} \times 11 \times 0,617 \text{ kg/m} \\ &= 68,277 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan bekisting} &= (2 \times (b \times t)) + (2 \times (h \times t)) \\ &= (2 \times (1,2 \times 3,5)) + (2 \times (0,8 \times 3,5)) \\ &= 16,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

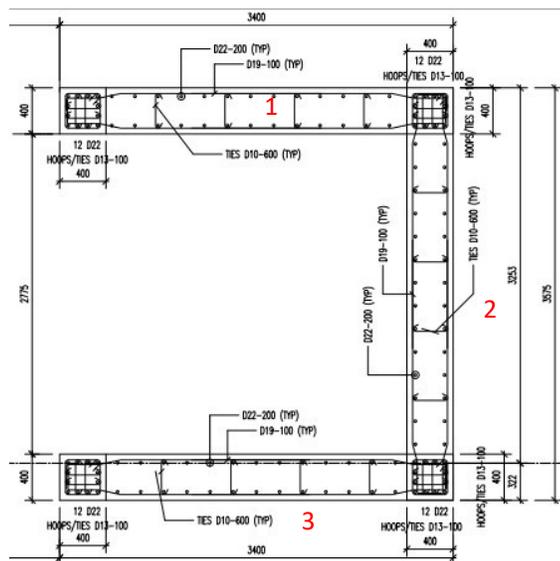
Tabel 4. 3 Rekapitulasi hitungan volume beton, tulangan, dan bekisting kolom

Jenis Kolom	Dimensi (mm)	Lokasi	Tinggi (m)	Total volume beton (m ³)	Total pembedaan (kg)	Bekisting (m ²)																															
K1	1600 × 800	B4 - B2	3.50	408.384	29,842.051	523.120																															
		B1	3.95				K1A	1600 × 800	B4 - B2	3.50	36.992	8,337.142	126.080	B1	3.95	K1B	1600 × 800	B4 - B2	3.50	55.488	18,352.761	182.800	B1	3.95	K2	800 × 500	B4 - B2	3.50	11.560	2,602.596	68.820	B1	3.95	K3	800 × 600	B4 - B2	3.50
K1A	1600 × 800	B4 - B2	3.50	36.992	8,337.142	126.080																															
		B1	3.95				K1B	1600 × 800	B4 - B2	3.50	55.488	18,352.761	182.800	B1	3.95	K2	800 × 500	B4 - B2	3.50	11.560	2,602.596	68.820	B1	3.95	K3	800 × 600	B4 - B2	3.50	6.936	1,248.488	40.460	B1	3.95				
K1B	1600 × 800	B4 - B2	3.50	55.488	18,352.761	182.800																															
		B1	3.95				K2	800 × 500	B4 - B2	3.50	11.560	2,602.596	68.820	B1	3.95	K3	800 × 600	B4 - B2	3.50	6.936	1,248.488	40.460	B1	3.95													
K2	800 × 500	B4 - B2	3.50	11.560	2,602.596	68.820																															
		B1	3.95				K3	800 × 600	B4 - B2	3.50	6.936	1,248.488	40.460	B1	3.95																						
K3	800 × 600	B4 - B2	3.50	6.936	1,248.488	40.460																															
		B1	3.95																																		

Tabel 4. 4 Rekapitulasi hitungan volume beton, tulangan, dan bekisting kolom (lanjutan)

Jenis Kolom	Dimensi (mm)	Lokasi	Tinggi (m)	Total volume beton (m ³)	Total pembesian (kg)	Bekisting (m ²)
K4	600 × 600	B4 - B2 B1	3.50 3.95	26.010	5,243.687	154.440
K4B	600 × 600	B4 - B2 B1	3.50 3.95	5.202	848.639	34.680
K4C	600 × 600	B4 - B2 B1	3.50 -	918.540	6,852.315	226.800
K5	1200 × 900	B4 - B2 B1	3.50 3.95	31.212	3,270.865	111.900
K5A	1200 × 900	B4 - B2 B1	3.50 3.95	31.212	3,269.582	111.900
K5B	1201 × 900	B4 - B3 B2	4.40 4.85	15.606	1,634.791	60.690
K6	300 × 300	B4 - B2 B1	3.50 3.95	13.005	1,967.538	152.070
K9	700 × 700	B4 - B2 B1	3.50 3.95	77.886	15,553.783	389.760
K10	800 × 400	B4 - B2 B1	3.50 -	252.000	3,321.484	126.000
K12	700 × 700	B4 - B2 B1	3.50 -	15.435	781.489	29.400
K13	800 × 800	B4 - B2 B1	3.50 -	181.440	2,636.105	100.800
K14	600 × 400	B4 - B2 B1	3.50 -	7.560	515.161	21.000
K15	800 × 700	B4 - B3 B2	10.50 4.95	8.652	2,047.221	46.350
K16	800 × 800	B4 - B4 B3	3.50 -	20.160	1,097.102	33.600
KT1	603 × 400	B4 - B5 B4	- 3.95	182.648	2,606.949	107.440
KT2	604 × 400	B4 - B6 B5	- 3.95	8.848	1,006.450	23.700

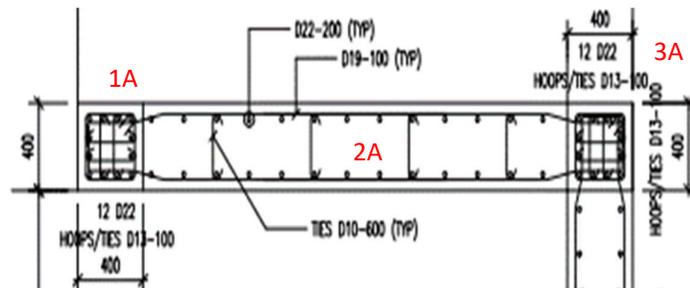
4.3.4. Volume Pekerjaan *Core Wall*



Gambar 4. 29 Detail *core wall* 6

Untuk mempermudah perhitungan, *core wall* dibagi menjadi 3 bagian.

Bagian 1 = Bagian 3 :



Gambar 4. 30 Bagian *core wall* 6A

Bagian 1A = 3A ,

$$\begin{aligned} \text{Volume beton} &= b \times h \times \text{tinggi} \\ &= 0,4 \times 0,4 \times 3,5 \text{ m} \\ &= 0,56 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kebutuhan tul. utama (12D22)} &= \text{jumlah tulangan} \times \text{panjang} \times \text{berat tulangan} \\ &= 12 \times 3,5 \text{ m} \times 2,98 \text{ kg/m} \\ &= 125,1 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\text{Jumlah tulangan sengkang} = \frac{\text{tinggi}}{\text{jarak}} + 1$$

$$= \frac{3,5}{0,1} + 1$$

$$= 35 \text{ buah}$$

Panjang sengkang = $((B - (2 \times \text{sel.beton}) + (H - 2 \times \text{sel.beton})) + (4 \times (6 \times d_s)))$
 $= (0,4 - (2 \times 0,05)) + (0,4 - (2 \times 0,05)) + (4 \times (6 \times 0,013))$
 $= 1,712 \text{ m}$

Berat sengkang (D13) = jumlah sengkang \times panjang \times berat tulangan
 $= 35 \times 1,712 \text{ m} \times 1,04 \text{ kg/m}$
 $= 62,317 \text{ kg}$

Panjang *ties* (D13) = $((B - 2 \times \text{sel.beton})) + (2 \times (4 \times d_s)) + (2 \times (4 \times d_s))$
 $= ((0,4 - 2 \times 0,05)) + (2 \times (4 \times 0,013)) + (2 \times (4 \times 0,013))$
 $= 0,508 \text{ m}$

Berat *ties* (D10) = jumlah *ties* \times panjang \times berat
 $= 140 \times 0,508 \text{ m} \times 1,04 \text{ kg / m}$
 $= 73,965 \text{ kg}$

Bagian 2A,

Volume beton = $b \times h \times \text{tinggi}$
 $= 2,775 \times 0,4 \times 3,5 \text{ m}$
 $= 3,885 \text{ m}^3$

Tulangan utama (D22) = jumlah tulangan \times panjang \times berat tulangan
 $= 28 \times 3,5 \text{ m} \times 2,98 \text{ kg/m}$
 $= 292,04 \text{ kg}$

Panjang sengkang = $((2 \times (B - \text{sel.beton})) + (2 \times (H - \text{sel.beton})) + (4 \times (6 \times d_s)))$
 $= (2 \times (3,575 - 0,05)) + (2 \times (0,4 - 0,05)) + (4 \times (6 \times 0,022))$
 $= 8,278 \text{ m}$

Berat sengkang (D13) = jumlah sengkang \times panjang \times berat tulangan
 $= 35 \times 8,278 \text{ m} \times 2,98 \text{ kg/m}$
 $= 863,396 \text{ kg}$

Panjang *ties* (D13) = $((B - 2 \times \text{sel.beton})) + (2 \times (4 \times d_s)) + (2 \times (4 \times d_s))$
 $= ((0,4 - 2 \times 0,05)) + (2 \times (4 \times 0,01)) + (2 \times (4 \times 0,01))$
 $= 0,46 \text{ m}$

Berat *ties* (D10) = jumlah *ties* \times panjang \times berat

$$= 175 \times 0,508 \text{ m} \times 0,617 \text{ kg / m}$$

$$= 49,669 \text{ kg}$$

Tabel 4. 5 Rekapitulasi kebutuhan beton dan tulangan pada *core wall*

Jenis <i>Core wall</i>	Lokasi	Tinggi (m)	Total volume beton (m ³)	Total pembesian (kg)	Bekisting (m ²)
CW1	B4 - B2	3.50	25.901	11,313.784	135.100
	B1	3.95	29.231	12,825.086	152.470
CW2	B4 - B2	3.50	24.850	9,801.305	130.900
	B1	3.95	28.046	11,107.961	147.730
CW3	B4 - B2	3.50	29.970	11,412.649	151.375
	B1	3.95	33.824	12,943.581	170.838
CW4	B4 - B2	3.50	23.932	11,032.396	127.225
	B1	3.95	27.011	12,532.956	143.582
CW6	B4 - B2	3.50	19.088	6,371.570	103.285
	B1	3.95	21.543	7,223.395	116.565
CW7	B4 - B3	3.50	6.405	3,027.726	62.825
	B2	3.95	7.789	3,446.850	70.903

4.3.5. Volume Pekerjaan Sesuai dengan *Bill of Quantity*

Tabel 4. 6 Volume pekerjaan menurut *bill of quantity*

No.	Jenis Pekerjaan	Quantity	Satuan
1	Galian tanah		
	Galian tanah basement tahap 1	9441	m ³
	Galian tanah basement tahap 2	27980	m ³
	Galian tanah basement tahap 3	16985	m ³
2	Pembuatan <i>Raft foundation</i>		
	Galian tanah untuk <i>raft foundation</i>	1920	m ³
	Pemadatan tanah	4196	m ²
	Pembuatan lantai kerja	4196	m ²
	Kebutuhan beton <i>raft foundation</i>	5149	m ³
	Kebutuhan tulangan total	2140090	kg
3	Pekerjaan pembuatan <i>slab</i> (pelat dan balok) per zona		
	Pemadatan tanah	574	m ²
	Penghampanan sirtu	574	m ²
	Pemasangan <i>plywood</i>	574	m ²
	Pembesian <i>slab basement</i>	65230.084	kg
	Bekisting balok	626.84	m ²
	Pengecoran <i>slab</i>	421.143	m ³

4.4 Analisis Produktivitas Alat

Analisis Produktivitas alat dilakukan untuk mengetahui berapa kapasitas dari alat yang digunakan selama pelaksanaan pembangunan berlangsung.

1. *Excavator* PC-200

$$\text{Kapasitas } bucket = 0,93 \text{ m}^3$$

$$\text{Efisiensi alat} = 0,83$$

$$\text{Faktor } bucket = 0,8$$

$$\text{Jam kerja per hari} = 8 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus (cm)} &= \text{waktu gali} + \text{waktu } swing + \text{waktu muat} \\ &= 15 \text{ detik} + (2 \times 6 \text{ detik}) + 15 \text{ detik} \\ &= 42 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas, Q} &= \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \\ &= \frac{0,93 \times 0,8 \times 3600 \times 0,83}{42} \\ &= 52,93 \text{ m}^3 / \text{jam} / \text{alat} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas harian} &= 52,93 \text{ m}^3 / \text{jam} / \text{alat} \times 8 \text{ jam} \\ &= 423,44 \text{ m}^3 / \text{alat} / \text{hari} \end{aligned}$$

2. *Excavator* PC-100

$$\text{Kapasitas } bucket = 0,54 \text{ m}^3$$

$$\text{Efisiensi alat} = 0,83$$

$$\text{Faktor } bucket = 0,8$$

$$\text{Jam kerja per hari} = 8 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus (cm)} &= \text{waktu gali} + \text{waktu } swing + \text{waktu muat} \\ &= 15 \text{ detik} + (2 \times 6 \text{ detik}) + 15 \text{ detik} \\ &= 42 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas, Q} &= \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \\ &= \frac{0,54 \times 0,8 \times 3600 \times 0,83}{42} \\ &= 30,73 \text{ m}^3 / \text{jam} / \text{alat} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas harian} &= 30,73 \text{ m}^3 / \text{jam} / \text{alat} \times 8 \text{ jam} \\ &= 245,84 \text{ m}^3 / \text{alat} / \text{hari} \end{aligned}$$

3. *Excavator Long Arm DMLR 2520*

$$\text{Kapasitas } bucket = 0,45 \text{ m}^3$$

$$\text{Efisiensi alat} = 0,83$$

$$\text{Faktor } bucket = 0,8$$

$$\text{Jam kerja per hari} = 8 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu siklus (cm)} &= \text{waktu gali} + \text{waktu } swing + \text{waktu muat} \\ &= 15 \text{ detik} + (2 \times 6 \text{ detik}) + 15 \text{ detik} \\ &= 42 \text{ detik} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas, Q} &= \frac{q \times 3600 \times E}{C_m} \\ &= \frac{0,45 \times 0,8 \times 3600 \times 0,83}{42} \\ &= 25,61 \text{ m}^3 / \text{jam} / \text{alat} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas harian} &= 25,61 \text{ m}^3 / \text{jam} / \text{alat} \times 8 \text{ jam} \\ &= 204,88 \text{ m}^3 / \text{alat} / \text{hari} \end{aligned}$$

4. *Dump Truck*

$$\text{Kapasitas } dump \text{ truck} = 10 \text{ m}^3$$

$$\text{Waktu siklus (cm)} = 130 \text{ menit (hasil wawancara)}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas, Q} &= \frac{q \times 60 \times E}{C_m} \\ &= \frac{10 \times 60 \times 1}{130} \\ &= 4,62 \text{ m}^3 / \text{jam} / \text{DT} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas harian} &= 4,62 \text{ m}^3 / \text{jam} / \text{DT} \times 8 \text{ jam} \\ &= 36,96 \text{ m}^3 / \text{DT} / \text{hari} \end{aligned}$$

5. Produktivitas hasil wawancara

Selain hitungan diatas, di dapatkan nilai produktivitas alat dari hasil wawancara dan pengamatan langsung di lokasi pekerjaan yang disajikan pada Tabel 4.7.

Tabel 4. 7 Nilai produktivitas hasil wawancara

No.	Jenis sumber daya	produktivitas
1	Mesin <i>bore pile</i>	3 titik / hari
2	<i>Concrete pump</i>	25 m ³ / jam / alat
3	<i>Excavating clamshell</i>	90 m ³ / jam / alat
4	<i>King post machine</i>	3 tiang / hari / alat
5	<i>Trowel machine</i>	30 m ² / jam
6	<i>Excavator breaker</i>	6 tiang / hari / alat

4.5 Analisis Durasi Pelaksanaan

Perhitungan durasi pelaksanaan dilakukan pada setiap jenis pekerjaan yang dilakukan selama pembuatan *basement*. Untuk mempermudah perhitungan durasi pelaksanaan serta membuat *sequence* atau alur pekerjaan, digunakan *microsoft project*.

4.5.1. Durasi Pelaksanaan Pekerjaan *Diaphragm wall*

Produktivitas alat galian tanah = 90 m³ / jam / alat (hasil wawancara)
= 720 m³ / hari / alat

Produktivitas pengecoran = 25 m³ / jam / alat

Produktivitas pekerja pembesian = 300 kg / orang / hari

Jam kerja pelaksanaan = 8 jam / hari

Contoh perhitungan durasi kegiatan untuk pekerjaan pembuatan *diphragm wall*.

Durasi pekerjaan galian = $\frac{5544 \text{ m}^3}{720 \text{ m}^3/\text{hari}}$
= 4 hari

Hasil perhitungan durasi pekerjaan *diaphragm wall* disajikan dalam Tabel 4.8.

Tabel 4. 8 Durasi pekerjaan *diaphragm wall*

No	Jenis pekerjaan	Volume pekerjaan	Satuan	Produktivitas	Satuan	Jumlah pekerja / alat	Durasi (hari)
1	Pekerjaan <i>D-Wall</i>						
	Pembesian	797155.9	kg	300	kg/orang/hari	75	36
	Galian tanah	5544	m ³	90	m ³ / jam / alat	4	2
	Pengecoran	5544	m ³	25	m ³ / jam / alat	5	6

4.5.2. Durasi Pelaksanaan Pekerjaan *Bore Pile*

Produktivitas alat bor tanah = 3 titik / hari / alat (hasil wawancara)
= 15 titik / hari (5 alat)

Produktivitas pengecoran = 25 m³ / jam / alat

Produktivitas pekerja pembesian = 300 kg / orang / hari

Jam kerja pelaksanaan = 8 jam / hari

Contoh perhitungan durasi kegiatan untuk pekerjaan pembuatan *diphragm wall*.

Durasi pekerjaan pemboran = $\frac{140 \text{ titik}}{5 \text{ titik / hari}}$
= 10 hari

Hasil perhitungan durasi pekerjaan *bore pile* dapat dilihat pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Durasi pekerjaan *bore pile*

No	Jenis pekerjaan	Volume pekerjaan	Satuan	Produktivitas	Satuan	Jumlah pekerja / alat	Durasi (hari)
1	Pekerjaan <i>Bore pile</i> D = 0.8 m						
	Pengeboran	140	titik	3	titik / hari / alat	5	10
	Pembesian	191126.32	kg	300	kg/orang/hari	60	11
	Pengecoran	1126.02	m ³	25	m ³ / jam / alat	4	2

4.5.3. Durasi Pelaksanaan Pekerjaan Galian Tanah

Produktivitas *excavator* PC 200 = 52,93 m³ / jam / alat
= 423,44 m³ / alat / hari

Produktivitas *dump truck* = 4,62 m³ / jam / DT
= 36,96 m³ / DT / hari

Volume galian tanah = 9441 m³

Durasi pekerjaan galian tanah = $\frac{9441 \text{ m}^3}{423,44 \text{ m}^3 / \text{hari} \times 4 \text{ alat}}$
= 6 hari

Perbandingan jumlah *dump truck* = $\frac{\text{Produktivitas excavator}}{\text{Produktivitas dump truck}}$
= $\frac{423,44 \text{ m}^3 / \text{hari}}{36,96 \text{ m}^3 / \text{hari}}$
= 11 *dump truck* / hari

4.5.4. Durasi Pelaksanaan Pekerjaan *Ring Slab Basement*

1. Durasi pemadatan tanah dengan *stamper*

Volume pekerjaan	= 574 m ²
Produktivitas pekerja	= 10 m ² / orang / hari (hasil wawancara)
Total pekerja	= 30 orang
Durasi	= $\frac{574}{10 \times 30}$
	= 2 hari

2. Durasi penghampanan lapisan sirtu

Volume pekerjaan	= 574 m ²
Produktivitas pekerja	= 15 m ² / orang / hari (hasil wawancara)
Total pekerja	= 25 orang
Durasi	= $\frac{574}{15 \times 25}$
	= 2 hari

3. Durasi pekerjaan gelar *plywood*

Volume pekerjaan	= 574 m ²
Produktivitas pekerja	= 25 m ² / orang / hari (hasil wawancara)
Total pekerja	= 25 orang
Durasi	= $\frac{574}{15 \times 25}$
	= 2 hari

4. Durasi pekerjaan pembesian *slab*

Volume pekerjaan	= 65230,084 kg
Produktivitas pekerja	= 300 m ² / orang / hari (hasil wawancara)
Total pekerja	= 55 orang
Durasi	= $\frac{65230,086}{50 \times 300}$
	= 5 hari

5. Durasi pekerjaan pengecoran *slab*

Volume pekerjaan	= 421,143 m ³
Produktivitas alat	= 25 m ³ / jam / hari (hasil wawancara)
Total alat	= 2 alat

$$\begin{aligned} \text{Durasi} &= \frac{421,143}{25 \times 2 \times 8} \\ &= 2 \text{ hari} \end{aligned}$$

Sehingga, durasi keseluruhan pekerjaan pembuatan 1 zona *ring slab* memakan waktu 13 hari kerja.

4.5.5. Durasi Pelaksanaan Pekerjaan Kolom

1. Durasi pekerjaan pembesian

$$\begin{aligned} \text{Volume pekerjaan} &= 1708,952 \text{ kg} \\ \text{Produktivitas pekerja} &= 300 \text{ kg / orang / hari (hasil wawancara)} \\ \text{Total pekerja} &= 8 \text{ orang} \\ \text{Durasi} &= \frac{300}{10 \times 300} \\ &= 1 \text{ hari} \end{aligned}$$

2. Durasi pekerjaan pemasangan bekisting

$$\begin{aligned} \text{Volume pekerjaan} &= 49 \text{ m}^2 \\ \text{Produktivitas pekerja} &= 2 \text{ m}^2 / \text{orang} / \text{hari (hasil wawancara)} \\ \text{Total pekerja} &= 20 \text{ orang} \\ \text{Durasi} &= \frac{49}{20 \times 2} \\ &= 2 \text{ hari} \end{aligned}$$

3. Durasi pekerjaan pengecoran

$$\begin{aligned} \text{Volume pekerjaan} &= 8,6 \text{ m}^3 \\ \text{Produktivitas alat} &= 25 \text{ m}^3 / \text{jam} / \text{hari (hasil wawancara)} \\ \text{Total alat} &= 1 \text{ alat} \\ \text{Durasi} &= \frac{8,6}{1 \times 25} \\ &= 0,344 \text{ hari} \approx 1 \text{ hari} \end{aligned}$$

4.6 Analisis Perbandingan

Setelah melakukan hitungan durasi serta pembuatan *sequence* pekerjaan, langkah selanjutnya yakni membandingkan *sequence work* dari masing-masing metode yang digunakan, sumber daya yang digunakan selama pelaksanaan dari

kedua metode, serta hasil perhitungan durasi pelaksanaan. Secara umum, perbedaan dari metode *bottom up* dan *top down* dapat dilihat pada Tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Perbedaan pelaksanaan metode *bottom up* dan *top down*

No	Kategori	Metode <i>Bottom up</i>	Metode <i>Top down</i>
1	Pekerjaan persiapan	Pekerjaan persiapan pada umumnya mudah karena tidak terdapat jenis pekerjaan yang rumit	Pekerjaan persiapan pada umumnya lebih rumit karena jenis pekerjaan yang dilaksanakan berbeda dengan metode konvensional
2	Tenaga kerja	Tidak memerlukan tenaga kerja yang spesifik karena tipikal pekerjaan yang dilaksanakan tidak begitu rumit	Memerlukan tenaga kerja yang spesifik dan ahli pada bidangnya karena tipikal pekerjaan yang dilaksanakan berbeda dan lebih rumit
3	Kegiatan yang dilaksanakan	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan <i>D-Wall</i> 2. Pekerjaan <i>capping beam</i> 3. Pekerjaan galian tanah 4. Pekerjaan <i>ground anchor</i> 5. Pekerjaan <i>bore pile</i> 6. Pekerjaan <i>matt foundation</i> 7. Pekerjaan kolom B4-B3 8. Pekerjaan <i>ring slab</i> B3 9. Pekerjaan kolom B3-B2 10. Pekerjaan <i>ring slab</i> B2 11. Pekerjaan kolom B2-B1 12. Pekerjaan <i>ring slab</i> B1 13. Pekerjaan kolom B1-GF 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pekerjaan <i>D-Wall</i> 2. Pekerjaan <i>bore pile</i> 3. Pekerjaan tanam <i>king post</i> 4. Pekerjaan <i>capping beam</i> 5. Pekerjaan galian B1 6. Pengecoran Ring Slab B1 7. Pekerjaan galian B2 8. Pengecoran Ring Slab B2 9. Pekerjaan galian B3 10. Pengecoran Ring Slab B3 11. Pekerjaan galian B4 12. Pekerjaan <i>matt foundation</i> 13. Pekerjaan kolom B4-B3 14. Pengecoran void B3 15. Pekerjaan kolom B3-B2 16. Pengecoran void B2 17. Pekerjaan kolom B2-B1 18. Pengecoran void B1 19. Pekerjaan kolom B1-GF
4	Peralatan	Peralatan yang digunakan selama masa konstruksi yakni <i>excavator</i> , <i>dump truck</i> , <i>truck</i> molen, <i>service</i> dan <i>concrete pump</i> . Selain itu, pada metode ini digunakan sistem bekisting dan perancah atau <i>scaffolding</i> konvensional untuk mendukung pelaksanaan pekerjaan	Memerlukan alat kerja tambahan yang sifatnya khusus seperti <i>excavating clampshell</i> serta <i>King post table</i> . Pada metode ini, digunakan jenis perancah konvensional dan bekisting jenis <i>loose formwork</i> yang sifatnya sementara / tidak digunakan kembali
5	Biaya	Biaya yang dikeluarkan bertambah akibat adanya pekerjaan pemasangan <i>ground anchor</i> , serta dinding <i>basement</i>	Biaya yang dikeluarkan lebih mahal karena penggunaan teknologi yang berbeda dengan pembangunan menggunakan metode konvensional

Tabel 4.11 Perbedaan pelaksanaan metode *bottom up* dan *top down* (Lanjutan)

6	Mutu	Mutu pekerjaan lebih mudah di kontrol karena tipikal pekerjaan yang sifatnya berurutan	Perlu dilakukan pengawasan pekerjaan yang cukup ketat untuk menjaga mutu, karena pekerjaan dilaksanakan secara simultan
7	Waktu	Pelaksanaan dapat berlangsung lebih lama karena beberapa pekerjaan baru dapat dimulai ketika pekerjaan sebelumnya telah selesai	Pelaksanaan dapat berjalan lebih cepat karena beberapa pekerjaan dilaksanakan secara simultan atau bersamaan
8	Resiko	Resiko yang ditimbulkan misalnya kecelakaan kerja lebih sedikit dan pengawasan lebih mudah dilakukan karena sifat pekerjaan yang berurutan	Resiko yang ditimbulkan, misalnya kecelakaan kerja lebih besar karena pekerjaan berlangsung secara bersamaan, sehingga pengawasan lebih diperketat
9	Faktor eksternal	Faktor eksternal yang memengaruhi proses pelaksanaan yakni kondisi cuaca, lalu lintas, kesiapan <i>batching plan</i> dan subkon material	

4.6.1. Metode *Bottom up*

Dari analisis perhitungan dan penjadwalan sesuai *sequence* yang telah dilakukan pada program *microsoft project*, diperoleh durasi pelaksanaan keseluruhan pekerjaan selama 329 hari kerja. Kelebihan pada metode konstruksi *bottom up* adalah sumber daya serta peralatan yang digunakan tidak terlalu spesifik karena tipikal pekerjaan yang dilaksanakan bersifat umum, namun durasi pelaksanaan akan lebih lama karena pekerjaan tidak dapat dilakukan jika kegiatan sebelumnya belum selesai.

4.6.2. Metode *Top down*

Dari analisis perhitungan dan penjadwalan sesuai *sequence* yang telah dilakukan pada program *microsoft project*, diperoleh durasi pelaksanaan keseluruhan pekerjaan selama 294 hari kerja. Kelebihan pada metode konstruksi *top down* adalah memungkinkan pekerjaan berjalan bersamaan atau simultan sehingga durasi pelaksanaan dapat di persingkat, namun kekurangan dari penggunaan metode ini adalah penggunaan alat berat yang lebih spesifik karena beberapa pekerjaan pada metode ini tidak di temukan pada metode konvensional, serta perlunya tenaga kerja yang lebih berpengalaman dalam pelaksanaan pembangunan konstruksi dengan menggunakan metode *top down*.