

Bab III Metodologi

III.1 Work Breakdown Structure

Pemahaman mengenai WBS diperlukan dalam melakukan estimasi biaya proyek. WBS berguna untuk membagi tingkat pekerjaan atau hirarkinya dengan tujuan mempermudah pengelolaan aktivitas proyek. Pembagian tersebut dapat dikelompokkan menjadi lokasi pekerjaan, kategori pekerjaan, dan spesifikasi pekerjaan (Hansen, 2015). Pengkodean WBS dari Proyek Apartemen Kemang *Penthouse* dapat dilihat pada tabel III.1.

Tabel III.1 Penomoran WBS

Level	Kode WBS	Nama Elemen
1	1.	Proyek Apartemen
2	1.1	Struktur Utama
3	1.1.1	Sub-Struktur
4	1.1.1.1	Item Pekerjaan
4	1.1.1.2	Item Pekerjaan
4	1.1.1.3	Item Pekerjaan
3	1.1.2	Sub-Struktur
4	1.1.2.1	Item Pekerjaan
4	1.1.2.2	Item Pekerjaan
4	1.1.2.3	Item Pekerjaan
4	1.1.2.4	Item Pekerjaan
4	1.1.2.5	Item Pekerjaan
4	1.1.2.6	Item Pekerjaan

Berikut adalah tampilan tabular WBS dari Proyek Apartemen Kemang *Penthouse*:

1. Apartemen Kemang *Penthouse*

1.1. Struktur

1.1.1. Struktur Bawah

1.1.1.1. Pekerjaan Tanah

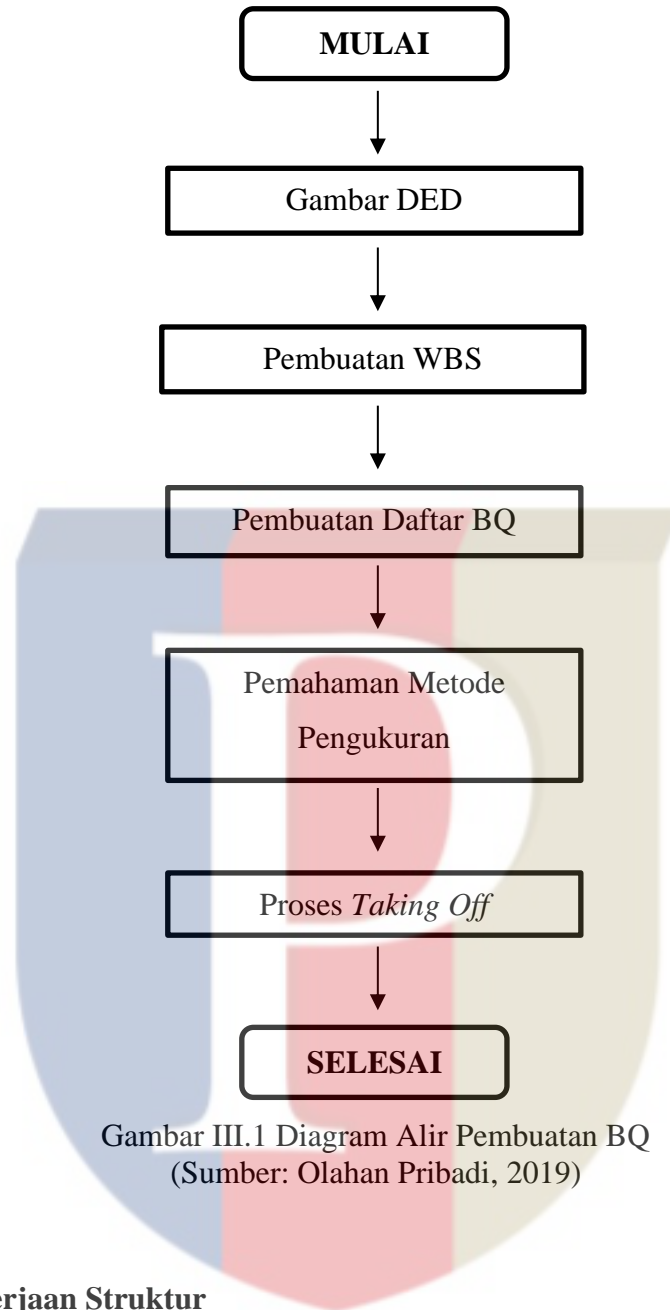
1.1.1.2. Pekerjaan Pondasi *Bored Pile* (BP Ø1000mm, BP Ø800mm dan BP Tarik Ø1000mm)

- 1.1.1.3. Pekerjaan *Pile Cap* (P1A, P2A, P3, P3A, P4A, P6A, P8A, P9A, P9B, P40, dan P57)
- 1.1.1.4. Pekerjaan *Secant Pile Walls* (Pile A & Pile B)
- 1.1.2. Struktur Atas
 - 1.1.2.1. Pekerjaan Kolom (K79, K79Y, K69A, K69AX, K69AY, K69AZ, K69, K69Z, K59G, K69R, K30, KD80, KD55, K24B, K69X, K69Y, K59, K59X, K59Y, K59Z, K58, K58Z, K58X, K58Y, K57, K57Z, K56, K56Z, dan KD50)
 - 1.1.2.2. Pekerjaan Balok (B14A, B24, B25, B26, B27, B34, B34A, B35, B36, B37, B37A, B44, B45, B46, B47, B47A, B48, B49, B55, B56, B57, B57A, B58, dan BV410X47)
 - 1.1.2.3. Pekerjaan Pelat (S12, S15, S15A, S15B, S15, S15D, S15E, S20A, S25, dan S40)
 - 1.1.2.4. Pekerjaan *Shear Wall* (SW1, SW 2, dan SW 3)

Identifikasi WBS secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran A.

III.2 Penyusunan Daftar RAB

RAB disusun berdasarkan volume pekerjaan yang nantinya akan digabungkan menjadi sebuah daftar volume pekerjaan kemudian dikali dengan harga satuan tiap unit pekerjaan (Hansen, 2015). Penguraian WBS atau dekomposisi dapat digunakan sebagai referensi dari pembuatan daftar BQ. Proses penyusunan daftar BQ dapat dilihat pada *flowchart* Gambar III.1. Proses mendapatkan BQ diawali dengan penerimaan gambar DED. Gambar DED diperoleh dari konsultan struktur dan arsitektur untuk kemudian dijadikan acuan dalam perhitungan volume. Dari gambar DED tersebut selanjutnya dibuat daftar WBS secara hirarkis yang akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan daftar BQ sesuai dengan lingkup. Daftar BQ juga terdapat keterangan mutu dari tiap unit pekerjaan yang ditinjau. Tahap selanjutnya memahami metode pengukuran menurut SMPI. Setelah itu dilanjutkan dengan proses *taking off* sesuai dengan daftar BQ yang telah dibuat. Tahap terakhir adalah melakukan pengecekan kembali hasil hitungan volume struktur.



Gambar III.1 Diagram Alir Pembuatan BQ
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

III.3 Pekerjaan Struktur

Taking Off adalah proses pengukuran dimensi dan pengumpulan deskripsi dengan cara memindahkan dimensi, dimana dimensi ini diperoleh dari gambar dan spesifikasi agar dapat dihitung kuantitasnya (Hansen, 2015). Pekerjaan struktur proyek ini dibagi menjadi 2 bagian yaitu struktur bawah dan struktur atas. Pekerjaan struktur bawah terdiri dari pekerjaan tanah dan pekerjaan pondasi sedangkan pekerjaan struktur atas terdiri dari pekerjaan balok, kolom, pelat, dan *shear wall*.

Taking off apartemen sebagian besar dibagi menjadi 3 bagian, yaitu perhitungan pembesian, bekisting dan volume beton.

Aturan pekerjaan pembesian dalam SMPI dengan kode 03200 dan 05100 yang berjudul Pembesian Beton dan Pekerjaan Besi Struktural adalah pekerjaan besi dengan bentuk khusus seperti spiral, lengkung, atau bentuk khusus lainnya dihitug sesuai dengan bentuknya dan terpisah dengan perhitungan gelaran yang lurus. Hitungan dihitug secara bersih tanpa adanya pengurangan. Volume besi yang telah didapat menggunakan satuan kilogram (kg) dan massa jenis besi yang digunakan adalah 7.850 kg/m^3 .

Format perhitungan pembesian dapat dilihat pada Lampiran B. Pada Lampiran B, Kolom 1 “Loc” menunjukkan jenis/lokasi pekerjaan yang dihitug. Kolom 2 “Member” merupakan penunjuk atau keterangan tambahan mengenai jenis pekerjaan yang dihitug. Kolom 3 “Bar Type” menunjukkan tipe tulangan besi yang digunakan yaitu D (*Deform*) atau P (*Plain*). Kolom 4 “Bar Size” berisi ukuran diameter dari tulangan besi dalam satuan meter (m). Kolom 5 “No. of Member” merupakan jumlah Member (kolom 2) yang serupa. Kolom 6 “No of Bar in Each” berisi jumlah unit tulangan besi yang serupa. Kolom 7 “Total No” merupakan hasil dari persamaan kolom berikut: $(7) = (5) \times (6)$.

Kolom 8 “*Length of Each Bar*” merupakan penambahan dari tiap unit di kolom 9. Kolom 9 menunjukkan panjang dari besi pada bagian masing-masing yang gambarnya ditunjukkan pada kolom 10 “*Shape*”. Kolom 11 “Weight” dengan satuan kg didapat dari persamaan:

$$\text{Berat besi} = 0.25 \times \pi \times \text{diameter besi}^2 \times \text{total pekerjaan sejenis} \times \text{panjang besi} \times 7.850 \quad (\text{III.1})$$

Perhitungan pekerjaan bekisting dinyatakan dalam satuan meter persegi (m^2). Format perhitungan bekisting dapat dilihat pada Tabel III.2. Pekerjaan bekisting dilakukan pada pekerjaan yang memerlukan penyanggahan dalam pembetonan yang disesuaikan dengan item pekerjaan.

Aturan pengukuran pekerjaan bekisting dapat dilihat pada SMPI dengan kode 03100 dengan judul Bekisting Pembetonan adalah diukur pada lapisan permukaan beton yang memerlukan bantuan penyanggah sesuai dengan yang disyaratkan. Bekisting dipasang pada lokasi permukaan beton yang diinginkan. Dalam perhitungan kebutuhan bekisting, lubang dengan luas kurang dari satu meter persegi tidak dikurangkan dan tidak masuk dalam perhitungan. Bekisting yang dilepaskan dan bekisting permanen dihitung secara terpisah. Pekerjaan bekisting yang permukaannya horizontal, vertikal dan miring tidak dihitung terpisah.

Tabel III.2 Format Perhitungan Bekisting

No.	Deskripsi Pekerjaan	Σ Pek	Luas					Σ Luas (m ²)
			Sisi A	Sisi B	Sisi C	Sisi D	Sisi E	
(1)	(2)	(3)	(4)					(5)

Kolom 1 yang berisi “No” menunjukkan urutan dari definisi pekerjaan yang telah dibuat. Kolom 2 “Deskripsi Pekerjaan” merupakan penunjuk jenis pekerjaan yang dihitung. Kolom 3 “ Σ Pek” menunjukkan berapa banyak unit pekerjaan yang serupa/sama. Kolom 4 menunjukkan luas dari bidang bawah, kiri, kanan, depan dan belakang dengan satuan meter. Kolom 5 menunjukkan luas bekisting dengan satuan m² yang diperoleh dari menambahkan kolom 4 kemudian dikalikan dengan kolom 3.

Perhitungan pekerjaan pembetonan dinyatakan dalam satuan meter kubik (m³). Pekerjaan pembetonan mencakup *curtain wall*, balok, kolom, pelat, pemipaan, mekanikal, elektrik dan instalasi lift, pekerjaan besi struktural, pekerjaan yang memerlukan pemadatan, tangga termasuk pijakannya, balok anak, papan tepi tangga, bordes dan balkon. Aturan pengukuran pekerjaan pembetonan pada SMPI dengan kode 03300 yang berjudul Beton Cor di Tempat (insitu) adalah volume beton diukur bersih tanpa pengurangan: lubang dengan luas kurang dari 1 meter persegi; pembesian; saluran pipa dan lainnya.

Format dibawah ini dapat digunakan pada area kerja berbentuk balok, selain itu akan menggunakan perhitungan yang sesuai dengan bentuk beton.

Tabel III.3 Format Perhitungan Volume Beton

No.	Deskripsi Pekerjaan	Σ Pek	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)			(5)

Kolom 1 yang berisi “No” menunjukkan urutan dari definisi pekerjaan yang telah dibuat. Kolom 2 “Deskripsi Pekerjaan” merupakan kolom penunjuk jenis pekerjaan yang dihitung. Kolom 3 “Σ Pek” menunjukkan berapa banyak unit pekerjaan yang serupa/sama. Kolom 4 menunjukkan ukuran panjang, lebar dan tinggi beton dengan satuan meter. Kolom 5 menunjukkan volume beton dengan satuan m³ yang diperoleh dari mengalikan kolom 3 dengan kolom 4.

Aturan perhitungan volume struktural per-elemen pekerjaan dapat dilihat pada uraian berikut ini:

1. Struktur Bawah

Pekerjaan struktur bawah adalah kegiatan konstruksi pondasi dan struktur bangunan yang terletak di bawah permukaan tanah. Perhitungan penulangan, bekisting dan volume beton pada pondasi *bored pile* dan *pile cap* menggunakan SMPI. Selain itu terdapat perhitungan galian dan urugan dalam proses pekerjaan konstruksi.

1.1. Pekerjaan Tanah

Aturan SMPI dengan kode 02200 yang berjudul Pekerjaan Tanah berisi bahwa kuantitas galian adalah volume sebelum penggalian, kuantitas untuk urugan adalah volume dari galian atau lubang yang akan diurug. Ketinggian galian diukur dari tinggi muka awal permukaan tanah. Perhitungan volume galian basemen diukur dari bagian terluar permukaan dinding basemen. Galian dan timbunan dalam jumlah yang besar diasumsikan satu meter kubik galian akan membentuk satu

meter kubik urugan padat. Tidak ada penambahan perhitungan untuk galian dan urugan sebagai rantai kerja. Urugan dilakukan hingga mencapai permukaan tanah.

1.2. Pekerjaan Pondasi *Bored Pile* dan *Pile Cap*

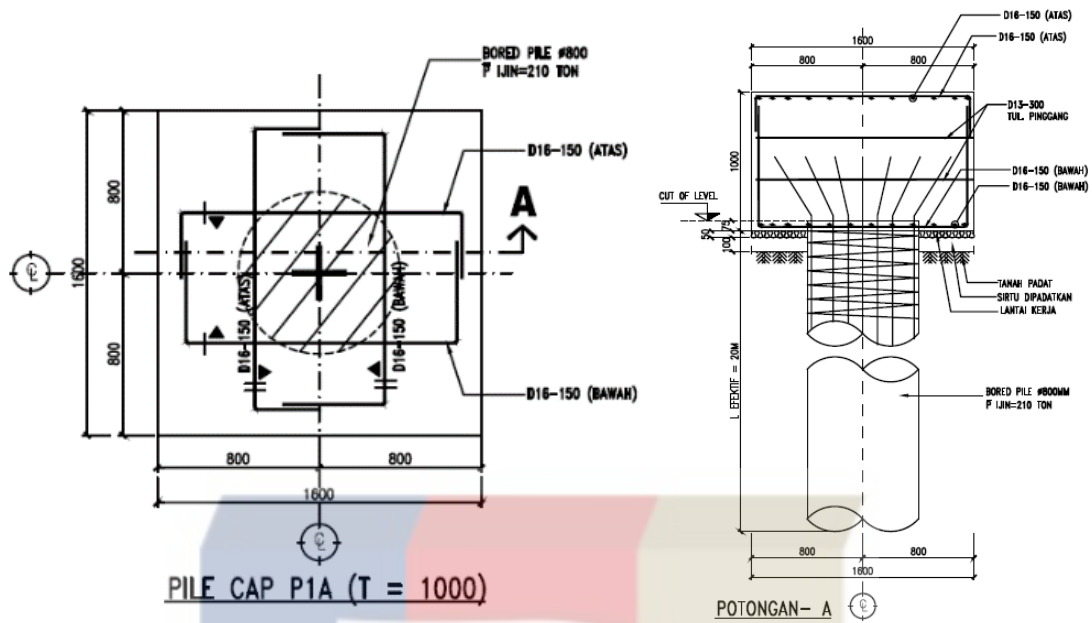
SMPI dengan kode 02363 yang berjudul Tiang Beton Cor di Tempat dengan Cangkang Pancang berisi bahwa perhitungan pengeboran awal hanya diukur sesuai dengan arahan Konsultan Struktur dengan satuan meter. Untuk pengecoran diukur dari tinggi desain dasar cangkang sampai pada tinggi batas potong dari tiang pancang. Pemotongan bagian atas dari tiang pancang mencakup penggabungan pembesian ke *pile cap* atau balok.

Jenis pondasi *bored pile* pada proyek ini terdiri dari *Bored pile* tarik $\phi 1.000$ mm, *Bored pile* $\phi 800$ mm dan *Bored pile* $\phi 1.000$ mm. Spesifikasi dari *Bored pile* tersebut dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

Tabel III.4 Spesifikasi *Bored Pile*

	BP Tarik $\phi 1.000$ mm	BP $\phi 800$ mm	BP $\phi 1.000$ mm
Mutu Beton ($f'c$)	30 MPa	30 MPa	30 MPa
P Izin Tekan	380 ton	210 ton	380 ton
P Izin Tarik	210 ton	110 ton	210 ton
P Izin Lateral	16 ton	10 ton	16 ton
Tinggi	26.2 m	20.5 m	26.2 m

Jenis *pile cap* pada proyek ini ada 11 jenis yang terdiri dari P1A, P2A, P3, P3A, P4A, P6A, P8A, P9A, P9B, P40, dan P57. Setiap *pile cap* menutupi beberapa jenis *bored pile* seperti *bored pile* tarik $\phi 1.000$ mm, *bored pile* $\phi 800$ mm dan *bored pile* $\phi 1.000$ mm. Gambar III.2 adalah contoh dari *pile cap* yang digunakan pada struktur bawah. Pada gambar tersebut memuat keterangan dan spesifikasi dari *pile cap* yang nantinya dapat dihitung untuk mendapatkan jumlah bahan yang diperlukan.



Gambar III.2 Pile Cap P1A

1.3. Pekerjaan *Secant Pile Walls*

Pekerjaan *secant pile walls* terdiri dari 2 jenis pile, yaitu Pile A dan Pile B. Kedua jenis pile tersebut memiliki tinggi 9.5 meter yang dipasang di sekeliling wilayah proyek sebagai penahan tanah. Perhitungan kebutuhan pembetonan pile A dan pile B dengan cara mencari volume tersebut dengan satuan m^3 .

2. Struktur Atas

Struktur atas adalah bagian struktur yang berada diatas permukaan tanah. Pada proyek Apartemen Kemang *Penthouse*, pekerjaan struktur atas dibagi menjadi pekerjaan kolom, balok, pelat, dan *shear wall*.

2.1. Balok

Aturan SMPI dengan kode 05100 yang berjudul Pekerjaan Besi Struktural berisi berat bagian-bagian konstruksi di kalkulasi dari keseluruhan panjang tanpa pengurangan untuk potongan melebar atau bagian baja yang dipotong untuk lubang.

Aturan SMPI dengan kode 03100 yang berjudul Bekisting Pembetonan berisi bekisting untuk tepian pelat lantai gantung yang melekat pada balok dan balok anak di sekeliling pelat lantai termasuk di dalam bekisting balok dan balok anak. Aturan SMPI dengan kode 03300 yang berjudul Beton Cor di Tempat berisi dinding diukur antara kolom ke kolom.

Jenis balok apartemen terbagi menjadi 24 macam dengan dimensi dan spesifikasi yang berbeda. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel III.4. Penamaan dari jenis balok tersebut sesuai dengan ukuran dimensi masing-masing balok.

Tabel III.4 Jenis dan Dimensi Balok

Balok	Dimensi (mm)	Balok	Dimensi (mm)	Balok	Dimensi (mm)
B14A	150x400	B37	300x700	B55	500x500
B24	200x400	B37A	350x700	B56	500x600
B25	200x500	B44	400x400	B57	500x700
B26	200x600	B45	400x500	B57A	550x700
B27	200x700	B46	400x600	B58	500x800
B34	300x400	B47	400x700	BV410X47	400x1000-700
B34A	350x400	B47A	350x700		
B35	300x500	B48	400x800		
B36	300x600	B49	400x900		

2.2. Kolom

Aturan SMPI dengan kode 05100 yang berjudul Pekerjaan Besi Struktural berisi berat bagian-bagian konstruksi di kalkulasi dari keseluruhan panjang tanpa pengurangan untuk potongan melebar atau bagian baja yang dipotong untuk lubang.

Aturan SMPI dengan kode 03100 yang berjudul Bekisting Pembetonan berisi jika kolom terletak dekat dengan dinding dan memiliki mutu beton yang sama, bekisting untuk kolom diukur pada permukaan yang menonjol. Jika ketebalan kolom lebih besar empat kalinya maka diklasifikasikan sebagai sebuah dinding.

Pekerjaan kolom memiliki 29 jenis dengan spesifikasi dan kekuatan berbeda yang dapat dilihat pada Tabel III.5.

Tabel III.5 Tipe dan f'c Kolom

Tipe Kolom	f'c (MPa)	Tipe Kolom	f'c (MPa)
K79	45	K69Y	40
K79Y		K59	
K69A		K59X	
K69AX		K59Y	
K69AY		K59Z	
K69AZ		K58	
K69		K58Z	
K69Z		K58X	
K59G		K58Y	
K69R		K57	
K30	40	K57Z	35
KD80		K56	
KD55		K56Z	
K24B		KD50	
K69X			

2.3. Pelat

Aturan SMPI dengan kode 03100 yang berjudul Bekisting Pembetonan berisi bekisting untuk tepian pelat lantai gantung yang melekat pada balok dan balok anak di sekeliling pelat lantai termasuk di dalam bekisting balok dan balok anak.

Jenis pelat apartemen terbagi menjadi 10 macam dengan dimensi dan spesifikasi yang berbeda yang dapat dilihat pada Tabel III.6.

Tabel III.6 Tipe dan Keterangan Pelat

Tipe Pelat	Ketebalan (mm)	Keterangan
S12	120	Lantai Tipikal
S15	150	Lantai Dasar
S15A	150	Pelat Kantilever
S15B	150	Lantai Atap / Lantai 5
S15C	150	Balkon

Tabel III.6 Tipe dan Keterangan Pelat (Lanjutan)

Tipe Pelat	Ketebalan (mm)	Keterangan
S15D	150	Lantai Mesin Lift
S15E	150	Lantai Atap
S20A	200	Genset & Trafo
S25	250	Lantai Basement
S40	400	Lantai Basement

2.4. Shear Wall

Aturan SMPI dengan kode 03100 yang berjudul Bekisting Pembetonan berisi bekisting diukur pada masing-masing muka dinding. Aturan SMPI dengan kode 03300 yang berjudul Beton Cor di Tempat berisi dinding diukur antara kolom ke kolom.

Pekerjaan *shear wall* apartemen dibagi menjadi 3 bagian, yaitu *Shear Wall 1* (SW 1) , *Shear Wall 2* (SW 2), dan *Shear Wall 3* (SW 3). SW 1 memiliki karakteristik tipikal dan terdapat pada semi basement, lantai dasar, lantai 2 - lantai 5, lantai 6 - lantai 15, lantai 16 - mesin lift, dan lantai atap. SW 2 memiliki karakteristik tipikal seperti pada; Semi basement - lantai dasar; lantai 2 - lantai 5; lantai 2 - lantai 15; lantai 16 - mesin lift; lantai atap. Selain itu, SW 3 memiliki karakteristik tipikal seperti pada semi basement - lantai dasar; lantai 2 - lantai 5; lantai 6 - lantai 15; lantai 16 – atap.