

Bab IV Pembahasan Topik Kajian

Proses perhitungan volume struktur memerlukan data dan dokumen gambar yang lengkap untuk mendukung perhitungan yang akurat dan mendetail. Namun terdapat data yang kurang dalam perhitungan volume struktur Apartemen Kemang *Penthouse* maka dari itu dilakukan asumsi-asumsi terhadap spesifikasi yang kurang jelas. Asumsi-asumsi tersebut dapat dilihat pada Tabel IV.1 dibawah ini.

Tabel IV.1 Asumsi Spesifikasi Pekerjaan Struktur

Spesifikasi Yang Tidak Lengkap	Asumsi Spesifikasi
Mutu Beton Pek. <i>Secant Pile Walls</i>	$f'c$ 30 MPa
Mutu Beton Pek. Beton <i>Pile Cap</i>	$f'c$ 30 MPa
Pelat	Mengikuti mutu beton <i>shear wall</i> dan kolom di lantai yang sama
<i>Tie Beam</i> & Balok	Mengikuti mutu beton <i>shear wall</i> dan kolom di lantai yang sama

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Perhitungan elemen struktur pada Apartemen Kemang *Penthouse* secara detail dapat dilihat pada bab ini. Seluruh perhitungan volume struktur menggunakan bantuan Microsoft Excel dan dapat dilihat pada Lampiran C.

IV.1 Pekerjaan Tanah

Pekerjaan tanah terdiri dari pekerjaan galian, pasir urug dan lantai kerja. Pekerjaan galian dibagi menjadi dua tahap yaitu tahap 1 dan tahap 2. Yang termasuk galian tahap 1 yaitu galian untuk pondasi *bored pile*, *pile cap* dan *secant pile walls*. Pada galian tahap 2 terdapat pekerjaan galian STP, GWT, Tower dan Semi Basement. Volume galian didapat dari persamaan berikut:

$$\text{Volume Galian} = (\text{Luas Alas} \times \text{Tinggi}) \times 1,1 \quad (\text{III.2})$$

Angka 1,1 merupakan faktor pengembangan tanah (*swelling*) sebesar 10%. Pada *pile cap* terdapat pekerjaan pasir urug dengan tebal 100mm dan lantai kerja dengan ketebalan 50mm.

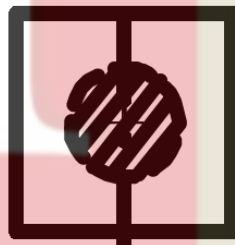
IV.2 Pekerjaan Pondasi *Bored Pile*

Perhitungan jumlah titik pondasi *bored pile* didapat dari Gambar Denah Titik Pondasi pada Lampiran E. Perbedaan notasi untuk tiap spesifikasi pondasi *bored pile* dapat dilihat pada Gambar IV.1.



Gambar IV.1 Jenis Pondasi *Bored Pile*
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Tiap jenis *pile cap* terdapat beberapa titik pondasi *bored pile*, misal pada *pile cap* P1A terdapat 1 titik pondasi BP ø800mm seperti pada Gambar IV.2. Jumlah *pile cap* P1A ada 12 titik maka jumlah total titik pengeboran pondasi *bored pile* adalah 12 titik. Jumlah titik tersebut dihitung sesuai dengan notasi yang ada pada Gambar IV.1.



Gambar IV.2 *Pile Cap* P1A
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Perhitungan jumlah titik pengeboran pondasi *bored pile* secara lengkap dapat dilihat pada Tabel IV.2. Dari Tabel IV.2, diketahui bahwa jumlah titik pengeboran pondasi *Bored pile* ø800mm sebanyak 80 titik, *Bored pile* ø1.000mm sebanyak 21 titik, dan *Bored pile* tarik ø1.000mm sebanyak 79 titik.

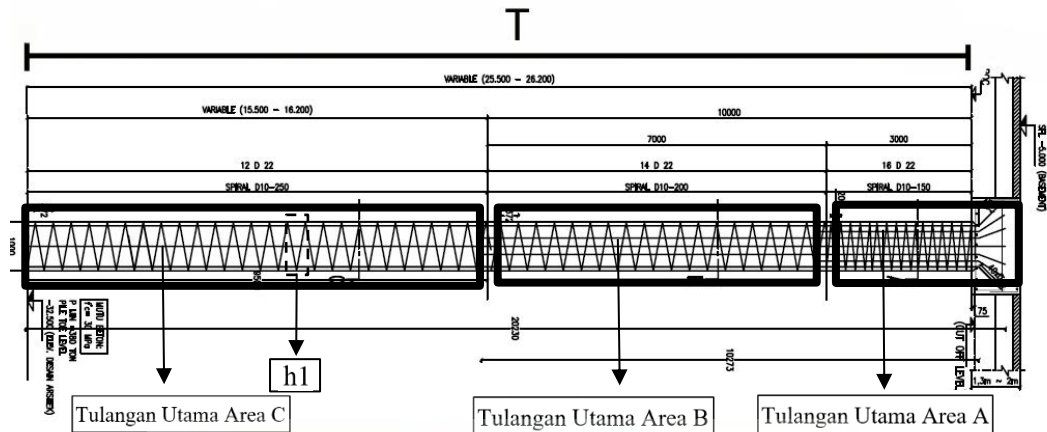
Tabel IV.2 Jumlah Titik Pengeboran Pondasi *Bored Pile*

Tipe Pile Cap	Σ Pile Cap	Jumlah			Total		
		Bored Pile $\phi 1000\text{mm}$	Bored Pile $\phi 800\text{mm}$	Bored Pile Tarik $\phi 1000\text{mm}$	Σ Pile Cap x Bored Pile $\phi 1000\text{mm}$	Σ Pile Cap x Bored Pile $\phi 800\text{mm}$	Σ Pile Cap x Bored Pile Tarik $\phi 1000\text{mm}$
	(A)	(B)	(C)	(D)			
P1A	12		1		0	12	0
P2A	5		2		0	10	0
P3A	4		3		0	12	0
P4A	2		4		0	8	0
P3	1	3			3	0	0
P6A	2		6		0	12	0
P8A	1		8		0	8	0
P9A	1		9		0	9	0
P9B	1		9		0	9	0
P40	1	8		32	8	0	32
P57	1	10		47	10	0	47
Total Titik Pengeboran Pondasi <i>Bored Pile</i>					21	80	79

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

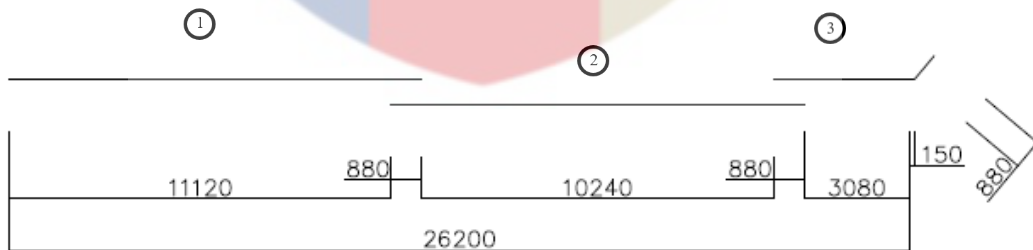
IV.2.1. Pekerjaan Pembesian Pondasi *Bored Pile*

Perhitungan pembesian pondasi *bored pile* dilakukan dengan menggunakan Gambar Detail *Bored Pile* pada *software* AutoCad. Perhitungan pekerjaan pembesian pondasi *bored pile* dibagi menjadi 3 bagian yaitu Tulangan Utama Area A, B dan C. Pembagian area tersebut digunakan untuk memudahkan dalam penamaan dan perhitungan volume yang dapat dilihat pada Gambar IV.3. Besi yang digunakan pada pondasi *bored pile* dibentuk menjadi 2 macam yaitu besi yang memanjang dan besi spiral. Perhitungan panjang kedua macam besi tersebut pun berbeda. Jenis besi yang memanjang dapat menggunakan *software* AutoCad untuk mengetahui panjangnya sedangkan jenis besi berbentuk spiral menggunakan rumus yang akan dijelaskan pada uraian selanjutnya.



Gambar IV.3 Pondasi *Bored Pile* ϕ 1.000mm
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Huruf T menunjukkan ketinggian/kedalaman dari pondasi *bored pile*. Pada Gambar IV.3 terdapat potongan area A, B dan C yang tiap potongannya terdapat 2 perhitungan, yaitu perhitungan tulangan utama memanjang dan spiral. Perhitungan besi memanjang memerhatikan tiap potongan yang memiliki dimensi berbeda seperti tulangan utama area C menggunakan 12 buah BJTD, area B menggunakan 14 buah BJTD dan 16 buah BJTD pada area C. Ketiga area tersebut menggunakan jenis tulangan dengan diameter 22mm sehingga sebanyak 12 tulangan dapat dihitung secara langsung dari area A hingga C. Pada area B ditambah 2 tulangan dan area A bertambah 2 tulangan utama. Ilustrasi panjang tulangan utama dapat dilihat pada Gambar IV.4 dengan satuan mm.



Gambar IV.4 Ilustrasi Tulangan Utama Pondasi *Bored Pile* ϕ 1.000mm
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Notasi 1 menunjukkan panjang besi 12m (11.120mm + 880mm) yang masuk dalam *member* Tulangan Utama Area C. Jarak 880mm berguna sebagai bagian pengikat ke tulangan utama (notasi 2). Panjang besi tersebut didapatkan dari penggunaan *software* AutoCad. Notasi 2 akan masuk ke *member* baru yaitu *member* Tulangan Utama Area B, begitu pula notasi 3 yang merupakan *member* dari Tulangan Utama Area A. Ukuran yang telah didapat pada notasi 1,2 dan 3 selanjutnya dapat di masukkan ke dalam tabel perhitungan pembesian pondasi *bored pile*.

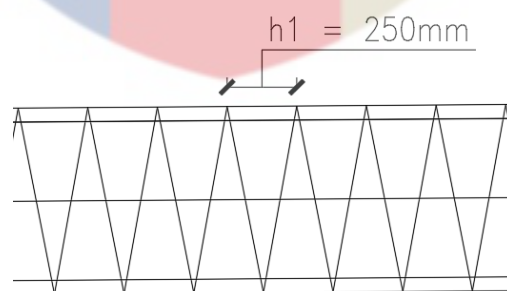
Besi dengan panjang berbentuk spiral dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$L = \sqrt{\left(\pi \cdot \frac{h}{h_1} \cdot D\right)^2 + h^2} \quad \text{(III.3)}$$

Keterangan:

- L : panjang spiral (m)
- h : tinggi pondasi *bored pile* (m)
- h1 : jarak spiral dari area tulangan utama yang ditinjau (m)
- D : keliling lingkaran pondasi *bored pile* tanpa selimut beton (m)

Yang dimaksud dengan h (panjang keseluruhan) adalah panjang dari atas hingga bawah pondasi *bored pile* seperti huruf T pada Gambar IV.3 sedangkan h1 adalah jarak antara spiral seperti pada Gambar IV.5. Keliling lingkaran pondasi *bored pile* tanpa selimut beton dapat dilihat pada Gambar IV.7 dengan notasi Z.



Gambar IV.5 Jarak Spiral (h1) Pondasi *Bored Pile* ϕ 1000mm pada Area Tulangan Utama C (Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

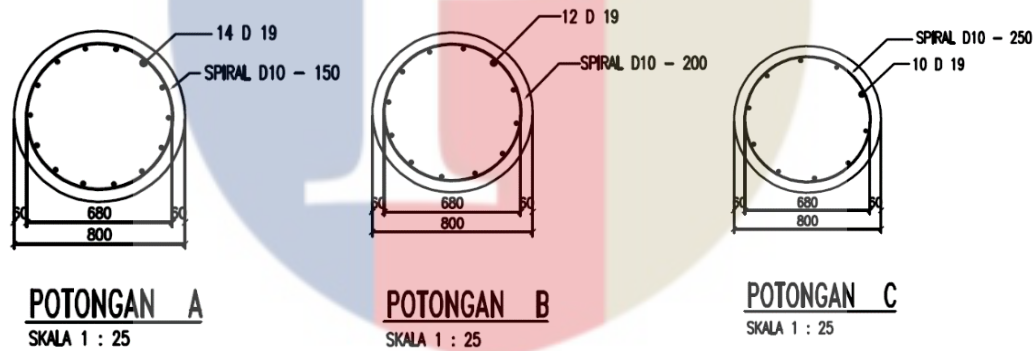
Jarak h1 pada area A, B dan C dalam satu jenis pondasi *bored pile* tentu berbeda sesuai dengan gambar potongan tiap area yang ditinjau. Perhitungan panjang spiral dilakukan menggunakan Tabel IV.3.

Tabel IV.3 Panjang Spiral Pondasi *Bored Pile*

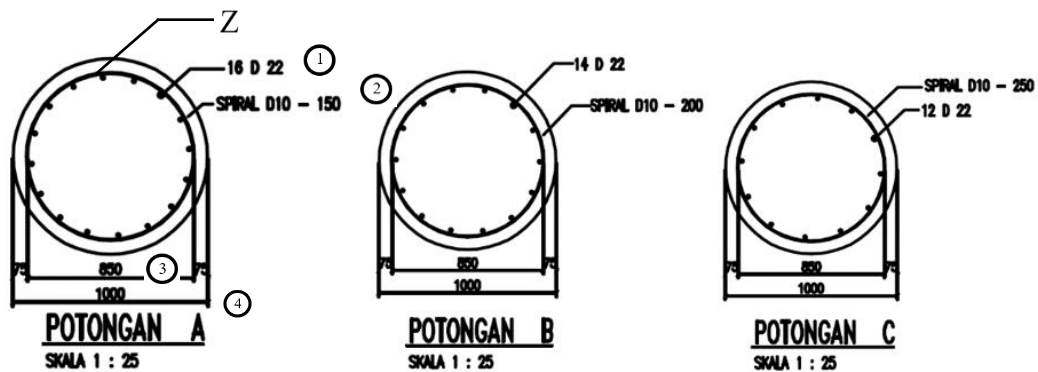
Tipe BP	Bagian	h (m)	h1 (m)	Keliling (m)	Panjang (m)
<i>Bored Pile</i> Ø1000mm	A	3	0.150	2.355	147.924
	B	7	0.200	2.355	258.909
	C	9.5	0.250	2.355	281.159
<i>Bored Pile</i> Ø800 mm	A	3	0.150	1.884	118.353
	B	7	0.200	1.884	207.170
	C	7	0.250	1.884	165.789
<i>Bored Pile</i> Tarik Ø1000 mm	A	3	0.150	2.355	147.924
	B	7	0.200	2.355	258.909
	C	9.5	0.250	2.355	281.159

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

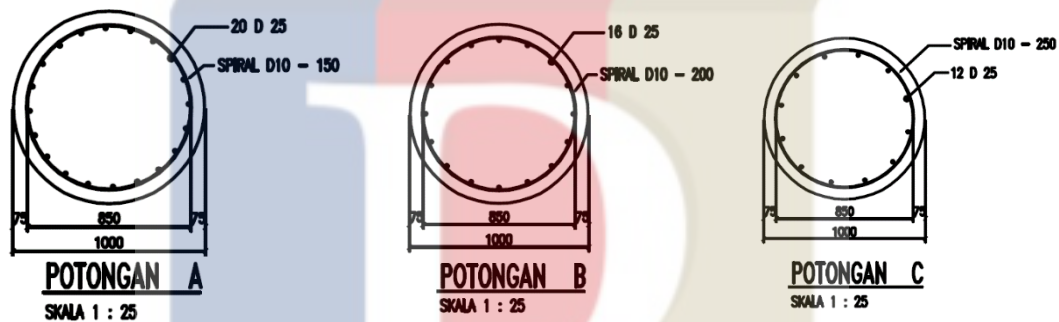
Langkah awal dalam mencari panjang tulangan besi sudah dilakukan selanjutnya adalah menemukan jenis dan diameter besi dari gambar detail potongan penulangan 3 jenis *bored pile* seperti pada Gambar IV.6, Gambar IV.7 dan Gambar IV.8.



Gambar IV.6 Potongan Penulangan *Bored Pile* Ø800mm
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)



Gambar IV.7 Potongan Penulangan *Bored Pile* Ø1.000mm
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)



Gambar IV.8 Potongan Penulangan *Bored Pile* Tarik Ø1.000mm
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Pada Gambar IV.7 terdapat notasi 1 yang menunjukkan 16D22 yang berarti ada 16 Baja Tulangan Ulir/Deform (BJTD) dengan diameter 22mm.

Notasi 2 menunjukkan BJTD dengan panjang spiral berukuran diameter 10mm yang dipasang tiap jarak 150mm.

Notasi 3 menunjukkan diameter dalam tulangan spiral *bored pile* sedangkan notasi 4 menunjukkan diameter luar beton *bored pile*.

Notasi Z merupakan keliling lingkaran pondasi *bored pile* tanpa selimut beton.

Panjang *overlap* penulangan sebesar 40d yang berarti 40 dikali dengan diameter (d) tulangan besi.

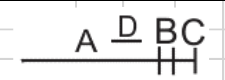
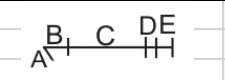
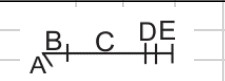
Langkah selanjutnya adalah memasukkan keterangan yang sudah didapat kedalam format perhitungan pembesian Ms. Excel seperti yang ditampilkan pada Tabel IV.4.

Ada 10 kolom pada tabel tersebut yang memiliki penjelasan seperti berikut:

Kolom 1 menunjukkan jenis *bored pile*,

Kolom 2 diisi dengan A, B atau C sesuai dengan area *bored pile* yang ditinjau,
Kolom 3 merupakan jenis diameter besi yang digunakan,
Kolom 4 menunjukkan diameter besi dalam satuan meter,
Kolom 5 menjelaskan jumlah *bored pile* dengan spesifikasi yang sama atau sejenis,
Kolom 6 menjelaskan jumlah tulangan sesuai dengan bagiannya,
Kolom 7 merupakan hasil dari persamaan kolom berikut $(7) = (5) \times (6)$
Kolom 8 merupakan penjumlahan dari panjang besi dari persamaan kolom berikut
 $(8) = (A) + (B) + (C) + (D) + (E)$,
Kolom 9 menunjukkan gambar dari bagian tulangan yang dimaksud,
Kolom 10 merupakan berat besi dalam satuan kg.



							Bar Bending Schedules					Date:	Note: Bored Pile	
							Project					Apartemen Kemang Penthouse		
							Location					Jl. Pangeran Antasari No. 18A, Jakarta Selatan		
							Prepared by		Zhazha Litina		Checked by:		Approved by:	
Location	Member	Bar Type	Bar Size (m)	No. Of Memb.	No of Bars in Each	Total No.	Len. of Each Bar (m)	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)	Shape	Weight (kg)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8) = (A)+(B)+(C)+(D)+(E)					(9)	(10)	
BP ø1000mm	C	D	0.022	21	12	252	28.110	26.200	0.150	0.880	0.880			21,146.625
		D	0.010	21	1	21	329.579	318.607	10.973				Sengkang	4,268.878
	B	D	0.022	21	2	42	12.315	0.132	0.88	10.273	0.150	0.880		1,544.058
		D	0.010	21	1	21	303.510	293.407	10.104				Sengkang	3,931.218
	A	D	0.022	21	2	42	5.042	0.132	0.88	3.000	0.150	0.880		632.167
		D	0.010	21	1	21	173.407	167.640	5.767				Sengkang	2,246.054
													SUBTOTAL	33,769.000

Tabel IV.4 Perhitungan Pembesian Pondasi *Bored Pile* ø1.000mm
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

IV.2.2. Pekerjaan Beton Pondasi *Bored Pile*

Menurut SMPI, 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. Perhitungan pekerjaan beton pondasi *bored pile* dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$V = \pi r^2 t \quad (\text{III.4})$$

π : 3,14 atau $\frac{22}{7}$

r : jari-jari (m)

t : tinggi (m)

Jari-jari *bored pile* didapat dari Gambar Detail Penulangan *Bored Pile*, angka tersebut tertulis diameter 1.000mm (lihat notasi 4 pada Gambar IV.7). Jadi jari-jari *Bored Pile* Ø1.000mm adalah 500mm atau 0.5m. Pada Tabel IV.5 terdapat uraian perhitungan pekerjaan beton pondasi *bored pile*.

Tabel IV.5 Perhitungan Pekerjaan Beton Pondasi *Bored Pile*

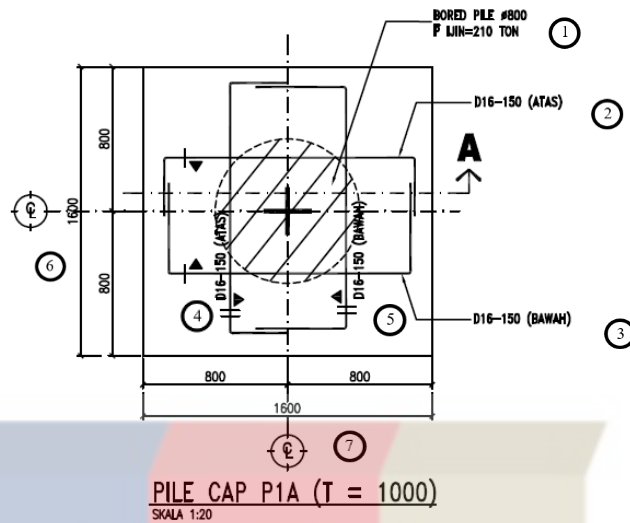
Jenis	Jumlah	r (m)	t (m)	Volume (m ³)
BP Tarik ø1000mm	79	0.5	26.2	1.624,793
BP ø800mm	80	0.4	20.5	823,936
BP ø 1000mm	21	0.5	26.2	431,907

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

IV.3 Pekerjaan *Pile Cap*

IV.3.1. Pekerjaan Pembesian *Pile Cap*

Salah satu penulangan *pile cap* dapat dilihat pada Gambar IV.9.



Gambar IV.9 Detail Penulangan *Pile Cap* P1A
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Notasi 1 menunjukkan jenis pondasi pada *pile cap* yang ditinjau yaitu *Bored pile* Ø800mm,

Notasi 2 menunjukkan BJTD horizontal bagian atas dengan diameter 16mm yang dipasang ditiap jarak 150mm,

Notasi 3 menunjukkan BJTD horizontal bagian bawah dengan diameter 16mm yang dipasang ditiap jarak 150mm,

Notasi 4 menunjukkan BJTD vertikal bagian atas dengan diameter 16mm yang dipasang ditiap jarak 150mm,

Notasi 5 menunjukkan BJTD vertikal bagian bawah dengan diameter 16mm yang dipasang ditiap jarak 150mm,

Notasi 6 menunjukkan panjang *pile cap*,

Notasi 7 menunjukkan lebar *pile cap*.

Notasi-notasi tersebut akan dimasukkan kedalam format perhitungan pembesian *pile cap* pada Ms. Excel seperti yang ditampilkan pada Tabel IV.6 yang tiap kolom memiliki penjelasan seperti berikut:

Kolom 1 menunjukkan keterangan *pile cap*,

Kolom 2 merupakan jenis *pile cap* ,

Kolom 3 merupakan jenis diameter besi yang digunakan,

Kolom 4 menunjukkan diameter besi dalam satuan meter,

Kolom 5 menjelaskan jumlah *pile cap* dengan spesifikasi yang sama,

Kolom 6 menjelaskan jumlah tulangan sesuai dengan bagiannya

Kolom 7 merupakan hasil dari persamaan kolom berikut $(7) = (5) \times (6)$

Kolom 8 merupakan penjumlahan dari panjang besi dari persamaan kolom berikut

$(8) = (A) + (B) + (C) + (D) + (E)$,

Kolom 9 menunjukkan gambar dari bagian tulangan yang dimaksud,

Kolom 10 merupakan berat besi dalam satuan kg.

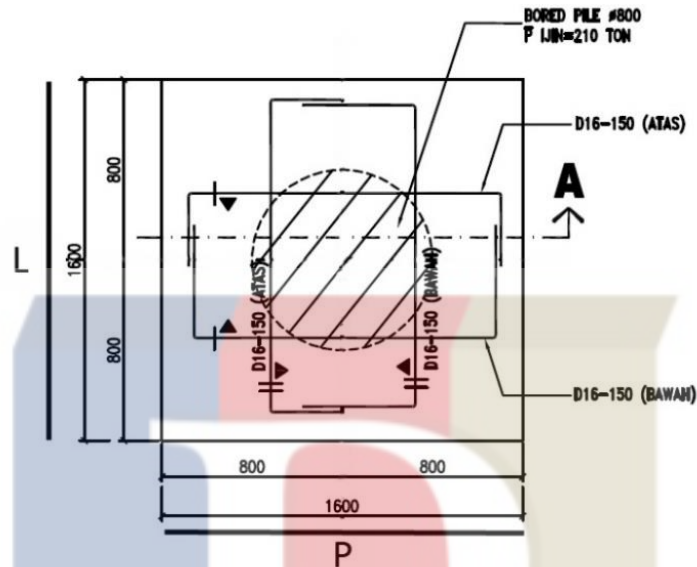


							Bar Bending Schedules					Date:	Note: Pile Cap	
							Project					Apartemen Kemang Penthouse		
							Location					Jl. Pangeran Antasari No. 18A, Jakarta Selatan		
							Prepared by:		Zhazha Litina		Checked by:		Approved by:	
Location	Member	Bar Type	Bar Size (m)	No. Of Memb.	No of Bars in Each	Total No.	Len. of Each Bar (m)	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)	Shape	Weight (kg)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8) = (A)+(B)+(C)+(D)+(E)					(9)	(10)	
Pile Cap	P1A	D	0.016	12	9.667	116	1.944	0.247	1.450	0.247				356.065
		D	0.016	12	9.667	116	3.172	0.861	1.450	0.861				580.986
		D	0.016	12	9.667	116	1.944	0.247	1.450	0.247				356.065
		D	0.016	12	9.667	116	3.172	0.861	1.450	0.861				580.986
		D	0.013	12	9.667	116	1.450	1.450						175.327
													SUBTOTAL	2,049.429

Tabel IV.6 Perhitungan Pembesian *Pile Cap* P1A
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

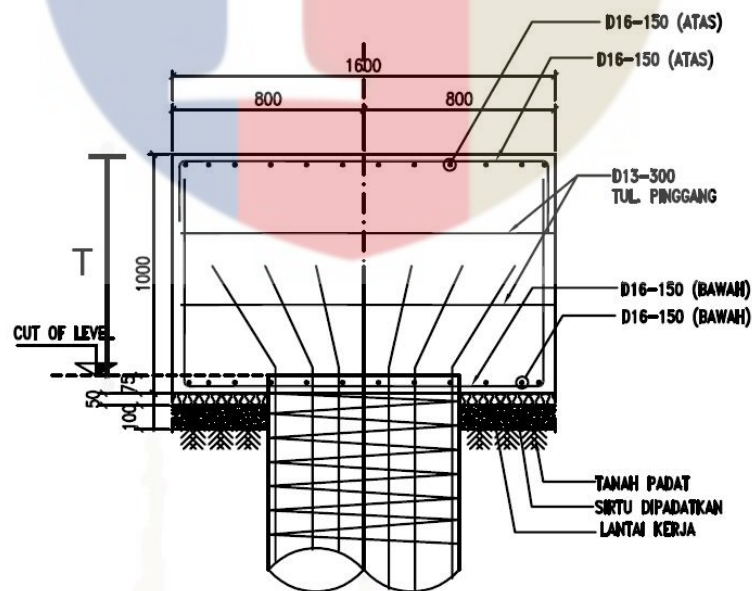
IV.3.2. Pekerjaan Bekisting *Pile Cap*

Perhitungan pekerjaan bekisting *pile cap* diawali dengan membaca gambar pada Gambar Detail *Pile Cap* seperti pada Gambar IV.10 dan Gambar IV.11.



Gambar IV.10 Panjang dan Lebar *Pile Cap* P1A
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Gambar IV.10 merupakan tampak atas dari pile cap P1A. Dari gambar tersebut diketahui panjang P1A adalah 1.600mm dan lebar 1.600mm.

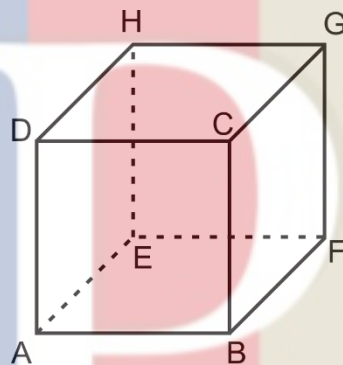


Gambar IV.11 Tinggi *Pile Cap* P1A
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Tinggi P1A diketahui dari gambar detail seperti pada Gambar IV.11. Untuk menghitung luasan bekisting, *pile cap* diilustrasikan dalam bentuk bangun ruang tiga dimensi kubus dan balok. Ilustrasi tersebut menandakan bidang luasan bekisting yang dihitung menurut persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Bekisting} = & \text{Luas Bidang ABCD} + \text{Luas Bidang BCFG} + \\ & \text{Luas Bidang EFGH} + \text{Luas Bidang ADEH} \end{aligned} \quad (\text{III.5})$$

Ilustrasi yang dimaksud seperti Gambar IV.12 dengan empat bidang yang merupakan luasan bekisting pada *pile cap*. Bidang tersebut antara lain bidang ABCD, bidang BCFG, bidang EFGH dan bidang ADEH.



Gambar IV.12 Ilustrasi Bidang Bekisting *Pile Cap*
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Keterangan dimensi tersebut selanjutnya dimasukkan kedalam format perhitungan luasan bekisting seperti pada Tabel IV.7.

Tabel IV.7 Perhitungan Pekerjaan Bekisting *Pile Cap* P1A dan P2A

No.	Tipe PC	Σ PC	Luas				Σ Luas (m ²)
			Bidang ABCD	Bidang BCFG	Bidang EFGH	Bidang ADEH	
(1)	(2)	(3)	(4)				(5)
1	P1A	12	1.600	1.600	1.600	1.600	76.80
2	P2A	5	4.000	1.600	4.000	1.600	56.00

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

IV.3.3. Pekerjaan Beton *Pile Cap*

Perhitungan pekerjaan beton *pile cap* didapat dari pengkalian panjang, lebar dan tinggi sesuai dengan setiap *pile cap* seperti keterangan P, L dan T pada Gambar IV.10 dan Gambar IV.11. Perhitungan volume beton pada pile cap menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Volume Beton} = P \times L \times T$$

Keterangan yang sudah didapat selanjutnya dimasukkan kedalam Tabel IV.8

Tabel IV.8 Perhitungan Pekerjaan Beton *Pile Cap* P1A

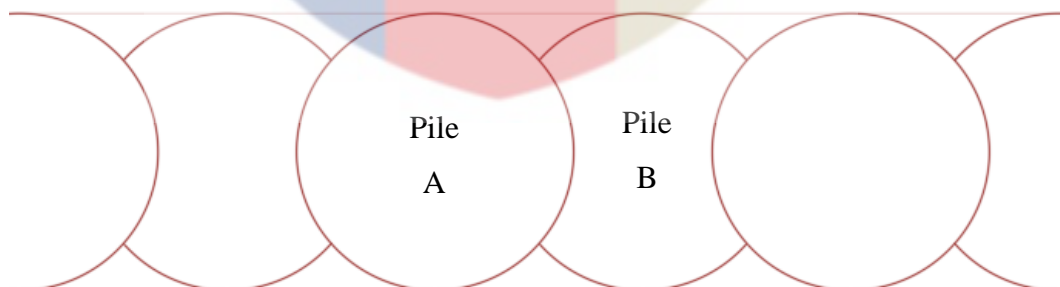
No.	Tipe PC	Σ PC	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(6)
1	P1A	12	1.6	1.6	1	30.72
2	P2A	5	4	1.6	1	32.00

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

IV.4 Pekerjaan *Secant Pile Walls*

IV.4.1. Pekerjaan Beton *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 m³.



Gambar IV.13 Tampak Atas *Secant Pile Walls*

(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Perhitungan volume pekerjaan *Secant Pile Walls* dapat dilihat pada Tabel IV.13.

Tabel IV.9 Perhitungan Pekerjaan Beton *Secant Pile Walls*

Jenis	Jumlah Titik	Tinggi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)
Pile A	239	9.5	0.283	642,55
Pile B	238	9.5	0.201	454,46
Total				1.096,761

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

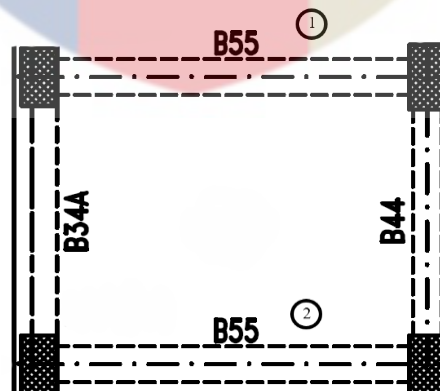
Perhitungan jumlah titik *Secant Pile Walls* dapat dilihat pada Lampiran C. Luas dengan satuan m² didapat dari perhitungan digital menggunakan *Software AutoCAD*.

IV.5 *Tie Beam* dan Balok

Pekerjaan *tie beam* terletak pada lantai *semi basement* dan pekerjaan balok terletak pada lantai dasar hingga lantai atap.

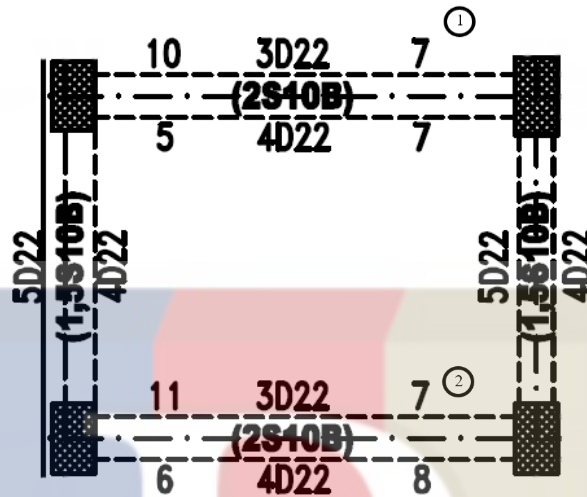
IV.5.1. Pekerjaan Pembesian *Tie Beam* dan Balok

Langkah awal untuk menghitung pembesian *tie beam* dan balok adalah mengetahui panjang balok yang ditinjau. Jenis balok tersebut dapat dilihat pada Gambar IV.14 yang memiliki standar penulangan yang berbeda tiap bidang seperti pada Gambar IV.15.



Gambar IV.14 Denah lantai 15 AS D-E/2-3
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Pada Gambar IV.14, notasi 1 dan notasi 2 merupakan jenis balok balok B55. Kedua balok tersebut memiliki penulangan yang berbeda yang dapat dilihat pada Gambar IV.15 sehingga setiap bidang balok perlu diperhatikan spesifikasi penulangannya.



Gambar IV.15 Denah Penulangan Lantai 15 AS D-E/2-3
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Pada notasi 1 Gambar IV.15, terdapat angka 2 keterangan yaitu sisi atas (10 - 3D22 - 7) dan sisi bawah (5 - 4D22 - 7). Sisi atas berarti penulangan balok tersebut dipasang pada area atas balok begitupula dengan sisi bawah yang artinya area bawah balok. Angka 10 dan 7 pada sisi atas terletak pada tumpuan balok dengan ukuran seperempat dari panjang balok sedangkan angka 3 terletak di area lapangan balok dengan ukuran setengah dari panjang balok. Keterangan angka pada sisi atas tersebut akan dimasukkan kedalam format perhitungan pembesian dengan tulangan utama panjang balok sebanyak 3 buah besi, 7 buah besi pada tumpuan kiri dan 4 buah besi pada tumpuan kanan, sama halnya dengan sisi bawah. Langkah kedua ialah memasukkan keterangan tersebut pada format perhitungan BBS seperti pada Tabel IV.10. Angka 2S10B menunjukkan spesifikasi penulangan pada sengkang balok.

Format perhitungan pembesian balok seperti yang ditampilkan pada Tabel IV.10 memiliki penjelasan seperti berikut pada tiap kolomnya:

Kolom 1 menunjukkan keterangan jenis balok,

Kolom 2 merupakan lokasi dari balok yang ditinjau,

Kolom 3 menunjukkan bagian dari balok,
Kolom 4 merupakan jenis diameter besi yang digunakan,
Kolom 5 menunjukkan diameter besi dalam satuan meter,
Kolom 6 menunjukkan panjang balok yang ditinjau,
Kolom 7 menjelaskan jumlah balok dengan spesifikasi yang sama,
Kolom 8 menjelaskan jumlah tulangan sesuai dengan bagiannya,
Kolom 9 merupakan hasil dari persamaan kolom berikut $(9) = (7) \times (8)$
Kolom 10 merupakan penjumlahan dari panjang besi dari persamaan kolom
berikut $(10) = (A) + (B) + (C) + (D) + (E)$,
Kolom 11 menunjukkan gambar dari bagian tulangan yang dimaksud,
Kolom 12 merupakan berat besi dalam satuan kg.



Bar Bending Schedules									Date:		Note: Lantai 15										
Project									Apartemen Kemang <i>Penthouse</i>												
Location									Jl. Pangeran Antasari No. 18A, Jakarta Selatan												
Prepared by									Zhazha Litina							Checked by:		Approved by:			
Beam Type	Location	Member	Bar Type	Bar Size (m)	Length (m)	No. Of Memb.	No of Bars in	Total No.	Len. of Each Bar	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	Overlap (m)	Shape		Weight (kg)				
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10) = (A)+(B)+(C)+(D)+(E)					(11)	(12)						
Horizontal																					
B55	(As D/2-3)	Atas	D	0.022	4.9	1	3	3	6.240	0.420	5.400	0.420				B		55.884			
		Bag. Atas															A			C	
		Tump. Kiri	D	0.022		1	8	8	2.291	0.420	1.475				0.396		B		54.714		
		Bag. Atas															A				
		Tump. Kanan	D	0.022		1	4	4	2.291	1.475	0.420				0.396		A		B	27.357	
		Bag. Atas																			
		Bawah	D	0.022		1	4	4	5.928	0.264	5.400	0.264					A	B	C	70.787	
Bag. Bawah																					
Tump. Kiri	D	0.022	1	2	2	2.135	0.264	1.475				0.396		A		B	12.747				
Bag. Bawah																					
Tump. Kanan	D	0.022	1	4	4	2.135	1.475	0.264				0.396		A		B	25.494				
Bag. Bawah																					
Senggang	D	0.010	1	50	50	3.037	0.060	1.680	0.060	1.237					B		93.666				
4 irisan																					

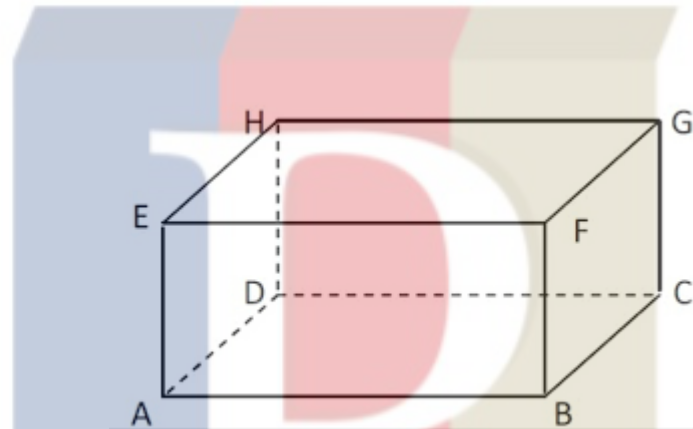
Tabel IV.10 Perhitungan Pembesian Balok B55 (As D/2-3)
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

IV.5.2. Pekerjaan Bekisting *Tie Beam* dan Balok

Perhitungan luas permukaan bekisting pada balok dihitung dari persamaan berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Bekisting} = & \text{Luas Bidang ABEF} + \text{Luas Bidang BCFG} + \\ & \text{Luas Bidang CDGH} + \text{Luas Bidang ADEH} + \\ & \text{Luas Bidang ABCD} \end{aligned} \quad (\text{III.6})$$

Perhitungan luas permukaan bekisting pada balok dihitung dari persamaan berikut ini: Luas bidang ABEF, BCFG, CDGH, ADEH dan ABCD diilustrasikan seperti pada Gambar IV.16.



Gambar IV.16 Ilustrasi Bidang Bekisting Balok
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Panjang pada balok dapat dihitung menggunakan bantuan software AutoCad sedangkan lebar dan tinggi balok didapat dari tabel spesifikasi balok.



Gambar IV.17 Panjang Balok Lantai 15 As D/2-3
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

IV.5.3. Pekerjaan Beton *Tie Beam* dan Balok

Perhitungan pekerjaan beton *tie beam* dan balok didapat dari pengkalian panjang, lebar dan tinggi sesuai dengan setiap jenis kolom. Format perhitungan bekisting dan pembetonan balok seperti pada Tabel IV.11.

Kolom 1 menunjukkan lokasi as dari balok,

Kolom 2 menunjukkan tipe balok,

Kolom 3 menunjukkan tipe pelat yang bersinggungan dengan balok yang di tinjau,

Kolom 4 merupakan panjang dari balok,

Kolom 5 menunjukkan panjang void pada sisi vertikal balok,

Kolom 6 menunjukkan luas void pada sisi vertikal balok,

Kolom 7 menunjukkan lebar balok

Kolom 8 dan 9 menunjukkan tinggi balok dan pelat yang selanjutnya akan dikurangi sehingga menghasilkan tinggi akhir pada Kolom 10. Kolom 10 didapat dari persamaan berikut $(10) = (8) - (9)$

Kolom 11 merupakan jumlah item balok yang serupa,

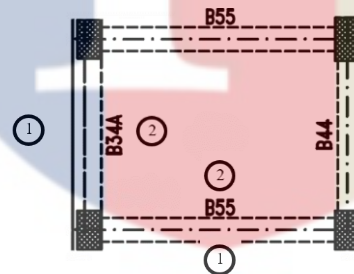
Kolom 12 dan Kolom 13 menunjukkan luas bekisting pada sisi vertikal dan sisi bawah balok,

Kolom 14 merupakan volume beton pada balok yang dihitung menggunakan persamaan berikut: $Volume\ Beton = P \times L \times T$.

Lokasi	Tipe Balok	Tipe Pelat	Panjang (m)	+/- Panjang		Lebar (m)	Tinggi (m)			Jumlah	Luas Bekisting (m ²)		Volume Beton (m ³)
				(m)	(m ²)		Balok	Pelat	Akhir		Sisi Kiri Kanan	Sisi Bawah	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Lantai 15													
Horizontal													
(As D/1-2/8-9)	B55 ①	S15A	4.900			0.5	0.5	0.15	0.35	2	3.430	4.900	1.715
	B55 ②	S12	4.900			0.5	0.5	0.12	0.38	2	3.724		
(As E/1-2/8-9)	B55	S12	4.900			0.5	0.5	0.12	0.38	2	3.724	4.900	1.862
	B55	S12	4.900			0.5	0.5	0.12	0.38	2	3.724		
(As E'/1-2/8-9)	B27	S12	5.084			0.2	0.7	0.12	0.58	1	2.949	1.077	0.625
	B27	-	5.687			0.2	0.7	0	0.7	1	3.981		

Tabel IV.11 Perhitungan Luas Bekisting dan Volume Beton pada Balok
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Notasi 1 menunjukkan posisi balok yang ditinjau berada di sisi kiri atau sisi bawah. Notasi 2 menunjukkan sisi kanan atau sisi atas pada balok. Ilustrasi notasi 1 dan 2 dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar IV.18 Contoh Tampak Atas pada Balok
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

IV.6 Kolom

Ada 29 jenis kolom yang tersebar pada proyek Apartemen Kemang Penthouse. Kebutuhan kolom tersebut dihitung dari Gambar Denah Lantai yang jumlah tiap lantai dapat diketahui pada Tabel IV.12. Tabel tersebut menunjukkan bahwa pada proyek Apartemen Kemang *Penthouse* terdapat sebanyak 400 tiang kolom. Data ini selanjutnya akan digunakan untuk menghitung kebutuhan besi, bekisting dan kolom



Tabel IV.12 Jumlah Kolom Struktur

No.	Jenis Kolom	Lantai																		Mesin Lift	Atap	Total
		SB	GF	2	3	4	5	6	7	8-9	10	11	12-14	15	16-19	20	21	22				
1	K24B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	K30	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
3	K56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	4
4	K56Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	4
5	K57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	7
6	K57Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2	0	0	0	0	0	0	0	10
7	K58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	5	0	0	0	0	0	0	0	0	17
8	K58X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	8
9	K58Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	0	0	0	0	0	12
10	K58Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	10	8	0	0	0	0	0	0	0	0	28
11	K59	0	0	0	0	0	0	11	9	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	38
12	K59G	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
13	K59X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6
14	K59Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	9
15	K59Z	0	0	0	0	0	0	12	12	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48
16	K69	0	0	12	12	12	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47
17	K69A	13	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
18	K69AX	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

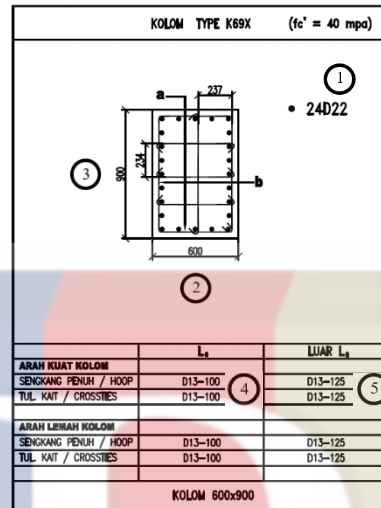
Tabel IV.12 Jumlah Kolom Struktur (Lanjutan)

No.	Deskripsi Pekerjaan	Lantai																		Mesin Lift	Atap	Total		
		SB	GF	2	3	4	5	6	7	8-9	10	11	12-14	15	16-19	20	21	22						
19	K69AY	0	0	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
20	K69AZ	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
21	K69R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	K69X	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
23	K69Y	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12
24	K69Z	0	0	11	11	11	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	45
25	K79	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
26	K79Y	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
27	KD50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	0	0	0	0	0	0	8
28	KD55	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	KD80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		41	28	28	28	28	28	28	26	26	26	21	21	18	17	14	12	10	0	0	0	0	0	400

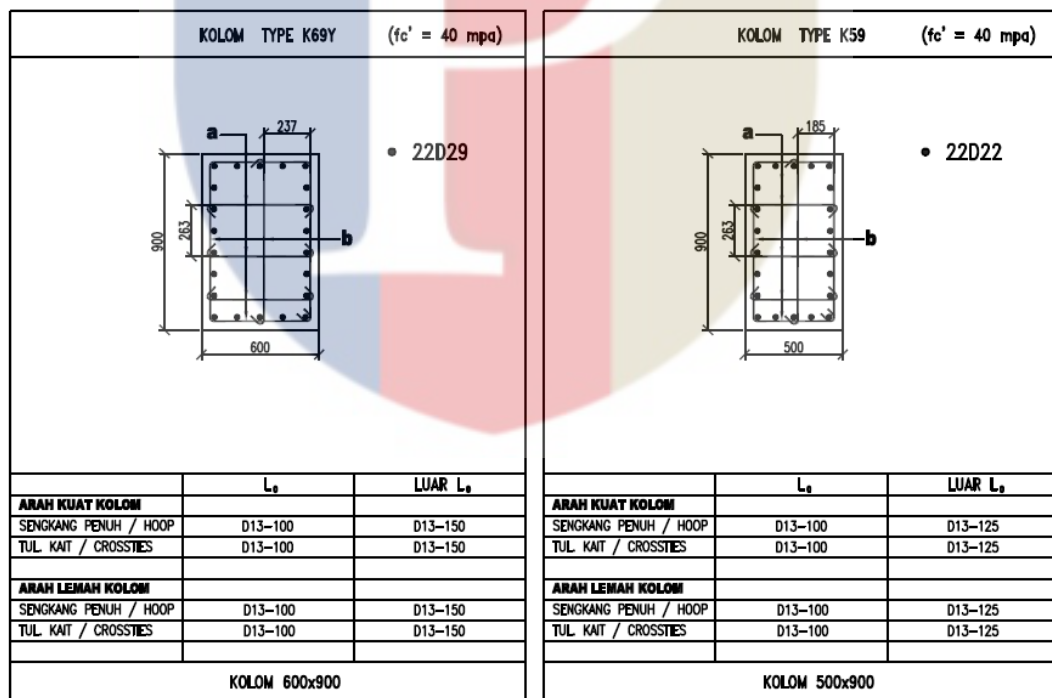
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

IV.6.1. Pekerjaan Pembesian Kolom

Tiap jenis kolom memiliki tabel penulangan masing-masing, misal tabel penulangan kolom pada Gambar IV.19 dan Gambar IV.20.



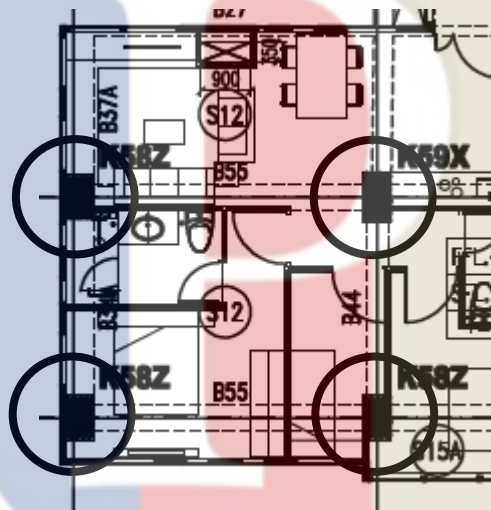
Gambar IV.19 Tabel Penulangan Kolom K69X
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)



Gambar IV.20 Tabel Penulangan Kolom K69Y dan K59
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Pada Gambar IV.19, Notasi 1 menunjukkan terdapat 24 buah BJTD diameter 22mm. Notasi 2 menunjukkan panjang kolom. Notasi 3 menunjukkan lebar kolom. Notasi 4 menunjukkan angka D13-100. Angka D13 berarti tulangan ulir tersebut berdiameter 13mm dan dipasang tiap jarak 100mm. Pemasangan semua tulangan di area tumpuan. Notasi 5 menunjukkan angka D13-125. Angka D13 berarti tulangan ulir tersebut berdiameter 13mm dan dipasang tiap jarak 125mm. Pemasangan semua tulangan di area lapangan.

Untuk perhitungan tinggi kolom dapat dilihat pada potongan Gambar Portal A-C & Portal D-G dan jumlah kolom pada satu lantai didapat dari Denah Lantai seperti yang ada pada Gambar IV.21.



Gambar IV.21 Denah lantai 15 AS D-E/2-3
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Format perhitungan pembesian kolom seperti yang ditampilkan pada Tabel IV.13 memiliki penjelasan seperti berikut pada tiap kolomnya:

Kolom 1 menunjukkan keterangan jenis kolom,

Kolom 2 menunjukkan bagian dari kolom,

Kolom 3 merupakan jenis diameter besi yang digunakan,

Kolom 4 menunjukkan diameter besi dalam satuan meter,

Kolom 5 menunjukkan tinggi kolom yang ditinjau,

Kolom 6 menjelaskan jumlah kolom dengan spesifikasi yang sama,
Kolom 7 menjelaskan jumlah tulangan sesuai dengan bagiannya,
Kolom 8 merupakan hasil dari persamaan kolom berikut $(8) = (7) \times (6)$
Kolom 9 merupakan penjumlahan dari panjang besi dari persamaan kolom berikut
 $(9) = (A) + (B) + (C) + (D) + (E)$,
Kolom 10 menunjukkan gambar dari bagian tulangan yang dimaksud,
Kolom 11 dengan keterangan *Weight* (U40 dan U50). Kolom tersebut menunjukkan berat besi pada item member besi yang ditinjau dalam satuan kg. Keterangan U40 dan U50 menunjukkan kualitas/mutu besi. Besi kolom (kecuali kait) dengan dimensi D10, D13, D16, D19, D22, D25, dan D 29 masuk dalam kualitas U40 sedangkan besi kait pada kolom ukuran D10 & D13 menggunakan kualitas besi U50.



								Bar Bending Schedules		Date:						
								Project		Apartemen Kemang Penthouse						
								Location		Jl. Pangeran Antasari No. 18A, Jakarta Selatan						
								Prepared by		Checked by:		Approved by:				
								Zhazha Litina								
Column Type	Member	Bar Type	Bar Size (m)	Height (m)	No. Of Memb.	No of Bars in	Total No.	Len. of Each Bar	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)	Shape	Weight (kg)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) = (A)+(B)+(C)+(D)+(E)					(10)	(11)		
LANTAI 15																
K58	Tumpuan	D	0.022	4	5	22	110	4.000	4.000					A	1,313.507	
		D	0.013		10	20	200	0.885	0.885					A	184.500	
		D	0.013		10	60	600	0.585	0.585					A	365.872	
		D	0.013		10	22	220	0.636	0.078	0.480	0.078			B	145.849	
	Lapangan	D	0.013		5	16	80	0.885	0.885						A	73.800
		D	0.013		5	48	240	0.585	0.585						A	146.349
		D	0.013		5	17	85	0.636	0.078	0.480	0.078			B	56.351	

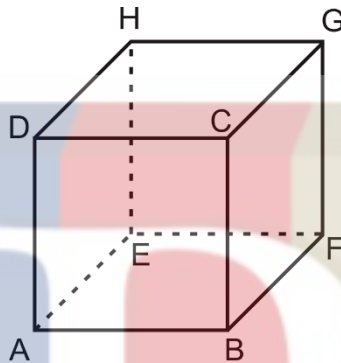
Tabel IV.13 Perhitungan Pembesian pada Kolom 58 Lantai 15
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

IV.6.2. Pekerjaan Bekisting Kolom

Perhitungan luas bekisting pada kolom didapat dari penjumlahan berikut ini:

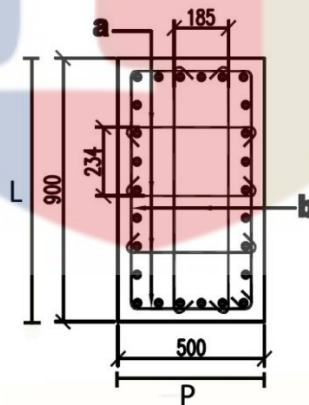
$$\begin{aligned} \text{Bekisting} &= \text{Luas Bidang ABCD} + \text{Luas Bidang BCFG} \\ &+ \text{Luas Bidang EFGH} + \text{Luas Bidang ADEH} \end{aligned}$$

Perhitungan luas bekisting bidang ABCD, BCFG, EFGH, dan ADEH diilustrasikan seperti pada Gambar IV.22.



Gambar IV.22 Ilustrasi Bekisting Kolom
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Panjang, lebar dan tinggi dari kolom dapat dilihat pada Gambar Tabel Penulangan Kolom dan Gambar Portal D-G seperti yang ditampilkan pada Gambar IV.23 dan Gambar IV.24.



Gambar IV.23 Panjang dan Lebar Kolom K59Z
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)



Gambar IV.24 Tinggi Kolom K59Z pada Gambar Portal As D
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Keterangan panjang, lebar dan tinggi selanjutnya dimasukkan dalam tabel agar dapat diketahui luas pada tiap sisi yang ditinjau.

Tabel IV.14 Luas Bekisting Beberapa Jenis Kolom

No	Tipe Kolom	Luas				Σ Luas (m ²)
		Bidang ABCD	Bidang BCFG	Bidang EFGH	Bidang ADEH	
1	K24B	1	2.25	1	2.25	6.50
2	K30	1.5	1.5	1.5	1.5	6.00
3	K56	2	2.4	2	2.4	8.80
4	K56Z	2	2.4	2	2.4	8.80
5	K57	2	2.8	2	2.8	9.60

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Luas permukaan bekisting tiap jenis kolom akan dikalikan dengan total jumlah kolom yang ada pada tiap lantai.

IV.6.3. Pekerjaan Beton Kolom

Perhitungan pekerjaan beton kolom menggunakan persamaan berikut ini:

$$Volume\ Beton = P \times L \times T \quad (III.7)$$

P : Panjang (m)

L : Lebar (m)

T : Tinggi (m)

Penerapan dari persamaan tersebut dapat dilihat pada Tabel IV.15.

Tabel IV.15 Volume Beton Beberapa Jenis Kolom

No.	Deskripsi Pekerjaan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)
1	K24B	0.2	0.45	5	0.45
2	K30	0.3	0.3	5	0.45
3	K56	0.5	0.6	5	1.50
4	K56Z	0.5	0.6	5	1.50
5	K57	0.5	0.7	5	1.75

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)



Tabel IV.16 Volume Total Beton pada Kolom

No.	Deskripsi Pekerjaan	Lantai																		Mesin Lift	Atap	Total		
		SB	GF	2	3	4	5	6	7	8-9	10	11	12-14	15	16-19	20	21	22						
1	K24B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	K30	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
3	K56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	5	0	0	0	0	6	
4	K56Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	6	
5	K57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	5	0	0	0	0	0	0	12	
6	K57Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4	0	0	0	0	0	0	18	
7	K58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	12	10	0	0	0	0	0	0	0	0	34	
8	K58X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	4	4	0	0	0	0	16	
9	K58Y	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	6	6	0	0	0	0	24	
10	K58Z	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	16	0	0	0	0	0	0	0	0	56	
11	K59	0	0	0	0	0	0	25	20	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86	

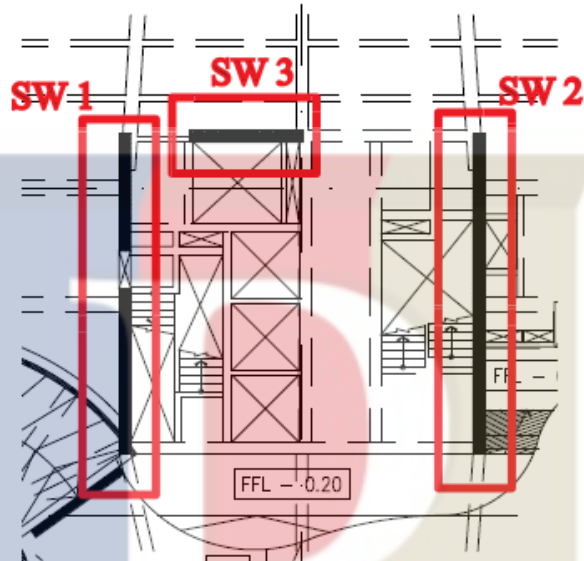
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Data volume kolom dikalikan dengan jumlah tiang yang ada pada tiap lantai sehingga didapat volume total beton pada kolom yang tertera di Tabel IV.16.

IV.7 Shear Wall

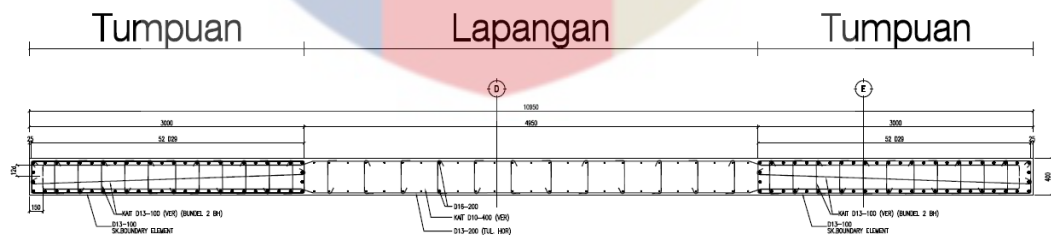
IV.7.1. Pekerjaan Pembesian Shear Wall

Ada 3 jenis *shear wall* pada proyek Apartemen Kemang *Penthouse* yaitu SW1, SW2 & SW3. Penempatan *shear wall* dapat dilihat pada Denah Lantai seperti pada Gambar IV.25.

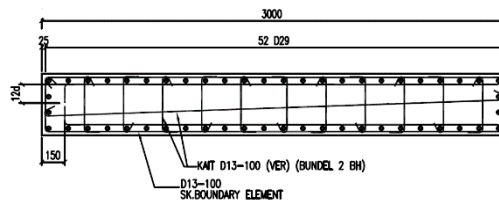


Gambar IV.25 *Shear Wall* Lantai 15
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Perhitungan pembesian pada *shear wall* dibagi menjadi 3 area seperti pada Gambar IV.26.

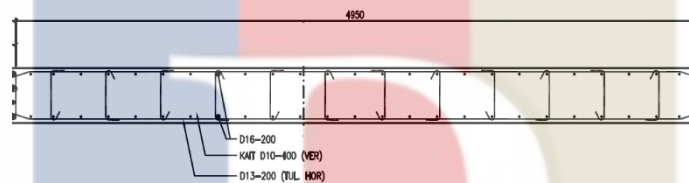


Gambar IV.26 Detail Penulangan *Shear Wall* 1
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)



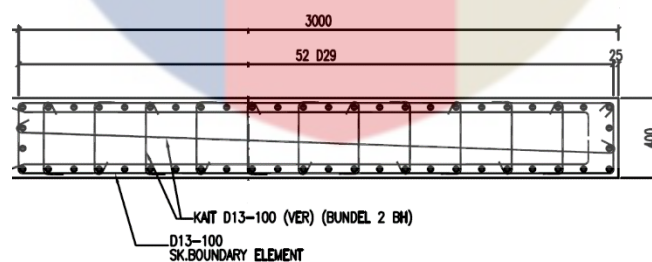
Gambar IV.26a Area Tumpuan Kiri
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Pada Gambar IV.26a, penulangan pembesian secara vertikal ada sebanyak 52 buah dengan diameter ulir 29mm. Ukuran kait adalah 13mm yang dipasang tiap jarak 100mm pada total panjang 3.000mm.








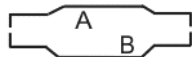
Gambar IV.26b Area Lapangan
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Pada Gambar IV.26b, penulangan pembesian secara vertikal ada sebanyak 50 buah dengan diameter ulir 29mm. Jumlah 50 buah dihitung manual dari Gambar *Shear Wall* yang ditinjau. Ukuran kait adalah 13mm yang dipasang tiap jarak 100mm pada total panjang 3.000mm.



Gambar IV.26c Area Tumpuan Kanan
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Spesifikasi pada Gambar IV.26c sama dengan spesifikasi Gambar IV.26a. Format tabel perhitungan pembesian *shear wall* sama konsep dengan tabel perhitungan kolom.

								Bar Bending Schedules		Date:							
								Project		Apartemen Kemang Penthouse							
								Location		Jl. Pangeran Antasari No. 18A, Jakarta Selatan				Note: Shear Wall			
								Prepared by		Zhazha Litina		Checked by:		Approved by:			
Location	Member	Bar Type	Bar Size (m)	Height (m)	No. Of Memb.	No of Bars in	Total No.	Len. of Each Bar	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)	Shape	Weight (kg)		
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9) = (A)+(B)+(C)+(D)+(E)					(10)	(11)			
Lantai 6/7/9/10 /12/13/ 15	SW1/S W2 (Tumpuan)	D	0.013	4	2	360	720	0.440	0.440							330.223	
		D	0.022		2	42	84	3.950	3.950						990.504		
		D	0.013		2	41	82	7.300	0.078	6.624	0.078	0.520			623.962		
	SW1/S W2 (Lapangan)	D	0.010		1	160	160	0.440	0.440								43.422
		D	0.016		1	66	66	4.000	4.000							416.849	
		D	0.013		1	21	21	21.760	10.880	10.880						476.321	

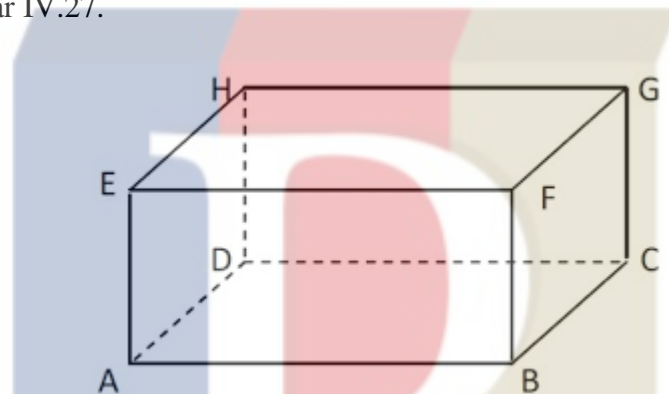
Tabel IV.17 Perhitungan Pembesian *Shear Wall*
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

IV.7.2. Pekerjaan Bekisting *Shear Wall*

Aturan SMPI dengan kode 03100 yang berjudul Bekisting Pembetonan berisi bekisting diukur pada masing-masing muka dinding. Perhitungan luas permukaan bekisting *shear wall* didapat dari penjumlahan berikut ini:

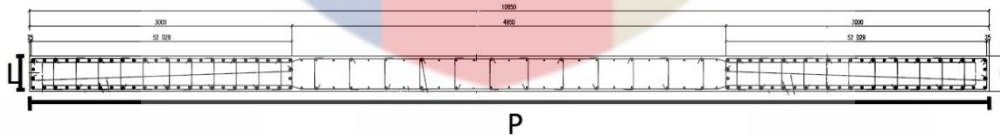
$$\text{Bekisting} = \text{Luas Bidang ABEF} + \text{Luas Bidang BCFG} + \text{Luas Bidang CDGH} + \text{Luas Bidang ADEH} \quad (\text{III.8})$$

Perhitungan luas permukaan bekisting pada *shear wall* dihitung dari persamaan berikut ini: Luas bidang ABEF, BCFG, CDGH, dan ADEH diilustrasikan seperti pada Gambar IV.27.



Gambar IV.27 Ilustrasi Bekisting *Shear Wall*
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Keterangan panjang, lebar dan tinggi pada *shear wall* dapat dilihat pada Gambar Detail *Shear Wall* seperti pada Gambar IV.28.



Gambar IV.28 Panjang dan Lebar pada *Shear Wall 1*
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)



Gambar IV.29 Tinggi pada *Shear Wall 1*
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Gambar IV.29 diatas dapat dilihat pada Gambar Portal D-G. Panjang, lebar dan tinggi yang sudah diketahui selanjutnya dimasukkan ke dalam Tabel IV.18 dan Tabel IV.19.

Tabel IV.18 Luas Total Bekisting *Shear Wall 1/Shear Wall 2*

No.	Letak	Luas				Σ Luas (m ²)
		Bidang ABEF	Bidang BCFG	Bidang CDGH	Bidang ADEH	
(1)	(2)	(3)				(4)
1	Semi Basement	54.75	2.00	54.75	2.00	113.50
2	Lantai Dasar (SW1)	50.18	2.08	100.36	4.16	156.78
3	Lantai Dasar (SW2)	54.75	2.00	54.75	2.00	113.50
4	Lantai 2/3	35.04	1.12	35.04	1.12	72.32
5	Lantai 4	54.75	1.75	54.75	1.75	113.00
6	Lantai 5	43.80	1.40	43.80	1.40	90.40
7	Lantai 6/7/8/9/10/11/12/13/14/15	43.80	1.20	43.80	1.20	90.00
8	Lantai 16/17/18/19/20/21/21/22/Mesin Lift	43.80	1.20	43.80	1.20	90.00
9	Lantai Atap	38.33	1.05	38.33	1.05	78.75

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Tabel IV.19 Luas Total Bekisting *Shear Wall 3*

No.	Letak	Luas				Σ Luas (m ²)
		Bidang ABEF	Bidang BCFG	Bidang CDGH	Bidang ADEH	
(1)	(2)	(3)				(4)
1	Semi Basement	19.50	2.00	19.50	2.00	43.00
2	Lantai Dasar	20.28	2.08	20.28	2.08	44.72
3	Lantai 2/3	12.48	1.12	12.48	1.12	27.20
4	Lantai 4	19.50	1.75	19.50	1.75	42.50
5	Lantai 5	15.60	1.40	15.60	1.40	34.00

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Tabel IV.19 Luas Total Bekisting *Shear Wall 3* (Lanjutan)

No.	Letak	Luas				Σ Luas (m ²)
		Bidang ABEF	Bidang BCFG	Bidang CDGH	Bidang ADEH	
(1)	(2)	(3)				(4)
6	Lantai 6/7/8/9/10/11/12/ 13/14/15	15.60	1.20	15.60	1.20	33.60
7	Lantai 16/17/18/19/20/21 /21/22/Mesin Lift	15.60	1.20	15.60	1.20	33.60
8	Lantai Atap	13.65	1.05	13.65	1.05	29.40

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

IV.7.3. Pekerjaan Beton *Shear Wall*

Aturan SMPI dengan kode 03300 yang berjudul Beton Cor di Tempat berisi dinding diukur antara kolom ke kolom. Perhitungan pekerjaan beton *shear wall* didapat dari persamaan berikut:

$$Volume\ Beton = P \times L \times T \quad (III.9)$$

P : Panjang (m)

L : Lebar (m)

T : Tinggi (m)

Penerapan dari persamaan tersebut dapat dilihat pada Tabel IV.20 dan Tabel IV.21.

Tabel IV.20 Volume Beton *Shear Wall 1/Shear Wall 2*

No.	Deskripsi Pekerjaan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)
1	2	3		4	5
1	Semi Basement	10.95	0.4	5	21.9
2	Lantai Dasar	10.95	0.4	5.2	22.776

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Tabel IV.20 Volume Beton *Shear Wall 1/Shear Wall 2* (Lanjutan)

No.	Deskripsi Pekerjaan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)
1	2	3		4	5
3	Lantai 2/3	10.95	0.35	3.2	12.264
4	Lantai 4	10.95	0.35	5	19.163
5	Lantai 5	10.95	0.35	4	15.33
6	Lantai 6/7/8/9/10/11/12/13/14/15	10.95	0.3	4	13.14
7	Lantai 6/17/18/19/20/21/21/22/ Mesin Lift	10.95	0.3	4	13.14
8	Lantai Atap	10.95	0.3	3.5	11.498

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Tabel IV.21 Volume Beton *Shear Wall 3*

No.	Deskripsi Pekerjaan	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)
1	2	3		4	5
1	Semi Basement	3.9	0.4	5	7.8
2	Lantai Dasar	3.9	0.4	5.2	8.112
3	Lantai 2/3	3.9	0.35	3.2	4.368
4	Lantai 4	3.9	0.35	5	6.825
5	Lantai 5	3.9	0.35	4	5.46
6	Lantai 6/7/8/9/10/11/12/13/14/15	3.9	0.3	4	4.68
7	Lantai 6/17/18/19/20/21/21/22/ Mesin Lift	3.9	0.3	4	4.68
8	Lantai Atap	3.9	0.3	3.5	4.095

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

IV.8 Pelat Lantai

IV.8.1. Pekerjaan Pembesian Pelat Lantai

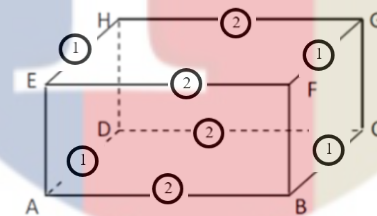
Pelat lantai memiliki tipe S12, S15, S15A, S15B, S15C, S15D, S15E, S20A, S25 dan S40 dengan keterangan dan spesifikasi pembesian pada Tabel IV.22.

Tabel IV.22 Penulangan Pelat

TIPE PELAT	KETEBALAN (mm)	ARAH PENDEK				ARAH PANJANG				TUL.SUSUT (G)	KETERANGAN
		A	B	E	B1(EKSTRA)	C	D	F	D1(EKSTRA)		
(S12)	120	D10-100	D10-400	-	D10-400	D10-100	D10-400	-	D10-400	-	LT. TIPIKAL
(S15)	150	D10-100	D10-300	-	D10-300	D10-100	D10-300	-	D10-300	-	LT. DASAR
(S15A)	150	-	-	D10-100	-	-	-	D10-150	-	-	PELAT KANTILEVER
(S15B)	150	-	-	D10-100	-	-	-	D10-150	-	-	ROOF GARDEN / LT. 5
(S15C)	150	-	-	D10-150	-	-	-	D10-200	-	-	BALKON
(S15D)	150	-	-	D10-100	-	-	-	D10-200	-	-	LT. MESIN LIFT
(S15E)	150	-	-	D13-100	-	-	-	D13-150	-	-	LT. ROOF
(S20A)	200	-	-	D13-100	-	-	-	D13-150	-	-	GENSET & TRAFO
(S25)	250	-	-	D10-100	-	-	-	D10-100	-	-	LT. BASEMENT
(S40)	400	-	-	D10-100	-	-	-	D10-100	-	-	LT. BASEMENT

(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Spesifikasi penulangan pembesian pada pelat lantai berdasarkan aturan penulangan pada Tabel IV.22. Tipe pelat S12 memiliki ketebalan 120mm yang terletak pada lantai tipikal. Penempatan besi pelat S12 berdasarkan arah pendek dan arah panjang. Arah pendek ditunjukkan pada notasi bernomor 1 dan arah pendek dengan notasi bernomor 2 pada Gambar IV.30. Arah pendek berarti panjang besi pada bentang yang lebih pendek daripada arah panjang dengan bentang yang lebih panjang. Pada arah pendek memiliki spesifikasi A, B dan B1. Spesifikasi A yaitu D10-100 yang berarti tulangan ulir akan dipasang tiap jarak 100mm.



Gambar IV.30 Ilustrasi Pelat Lantai

Panjang, diameter dan jenis besi yang telah ditemukan selanjutnya dimasukkan kedalam Tabel IV.23. Format perhitungan pembesian kolom seperti yang ditampilkan pada Tabel IV.23 memiliki penjelasan seperti berikut pada tiap kolomnya:

Kolom 1 menunjukkan keterangan lokasi pelat lantai,

Kolom 2 menunjukkan bagian dari pelat lantai dengan spesifikasi yang berbeda tiap jenisnya,

Kolom 3 merupakan jenis diameter besi yang digunakan,

Kolom 4 menunjukkan diameter besi dalam satuan meter,

Kolom 5 menunjukkan panjang pelat lantai yang ditinjau (tinggi sebelum dan sesudah dikurangi selimut beton),

Kolom 6 menjelaskan jumlah pelat lantai dengan spesifikasi yang sama,

Kolom 7 menjelaskan jumlah tulangan sesuai dengan bagiannya,

Kolom 8 merupakan hasil dari persamaan kolom berikut $(8) = (7) \times (6)$

Kolom 9 merupakan penjumlahan dari panjang besi dari persamaan kolom berikut $(9) = (A) + (B) + (C) + (D) + (E)$,

Kolom 10 menunjukkan gambar dari bagian tulangan yang dimaksud,

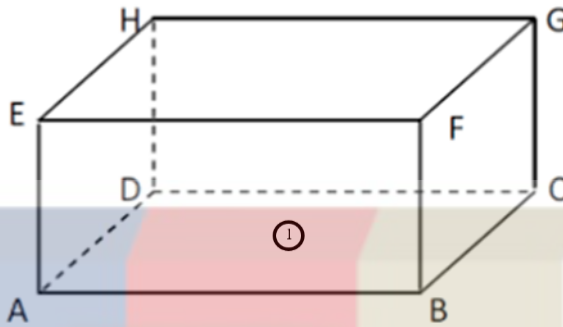
Kolom 11 dengan keterangan *Weight* (U40 dan U50). Kolom tersebut menunjukkan berat besi pada item member besi yang ditinjau dalam satuan kg. Keterangan U40 dan U50 menunjukkan kualitas/mutu besi. Besi kolom (kecuali kait) dengan dimensi D10, D13, D16, D19, D22, D25, dan D 29 masuk dalam kualitas U40 sedangkan besi kait pada kolom ukuran D10 & D13 menggunakan kualitas besi U50.

Bar Bending Schedules										Date:								
Project										Apartemen Kemang <i>Penthouse</i>								
Location										Jl. Pangeran Antasari No. 18A, Jakarta Selatan								
Prepared by										Zhazha Litina		Checked by:		Approved by:		Note:		
Location	Member	Bar Type	Bar Size (m)	Length (m)		No. Of Memb.	No of Bars in Each	Total No.	Len. of Each Bar (m)	A (m)	B (m)	Kiri-Bawah (m)	Kanan-Atas (m)	Overlap, Bend (m)	Shape		Weight (kg)	
(1)	(2)	(3)	(4)	Bentang Bersih	-Selimut Beton	(6)	(7)	(8)	(9) = (A)+(B)+(C)+(D)+(E)					(10)	(11)			
Lantai 15																		
Tipe Pelat S12																		
D-E/2-3	A	D	0.010	4.950	4.910	1	33	33	2.090	1.730				0.360	Atas (Arah Pendek)		42.540	
	A	D	0.010			1	19	19	3.820	3.460					0.360	Atas (Arah Pendek)		44.767
	B	D	0.010			1	14	14	3.760	3.460		0.100	0.200			Bawah (Arah Pendek)		32.468
	B1	D	0.010			1	9	9	2.090	1.730					0.360	Bawah (Arah Pendek)		11.602
	C	D	0.010	3.500	3.460	1	19	19	2.090	1.730					0.360	Atas (Arah Panjang)		24.493
	C	D	0.010			1	19	19	5.270	4.910					0.360	Atas (Arah Panjang)		61.759
	D	D	0.010			1	10	10	5.410	4.910			0.250	0.250		Bawah (Arah Panjang)		33.369
	D1	D	0.010			1	6	6	3.540	3.180					0.360	Bawah (Arah Panjang)		13.101

Tabel IV.23 Perhitungan Pembesian Pelat Lantai
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

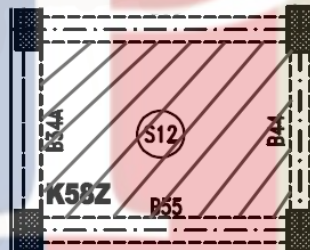
IV.8.2. Pekerjaan Bekisting Pelat Lantai

Perhitungan luasan bekisting pelat lantai dihitung hanya area bawah yaitu bidang ABCD yang dilambangkan dengan notasi 1 sesuai dengan ilustrasi pada Gambar IV.31.



Gambar IV.31 Ilustrasi Bekisting Pelat Lantai
(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

Area bawah yang dimaksud adalah area yang diarsir pada Gambar IV.32 dan besar luasan dapat dihitung dengan menggunakan bantuan *Software* AutoCad.



Gambar IV.32 Denah Lantai 15 AS D-E/2-3
(Sumber: Dokumen Proyek, 2019)

Nilai dan keterangan yang diperoleh selanjutnya dimasukkan kedalam Tabel IV.24.

Tabel IV.24 Perhitungan Luas Bekisting dan Volume Beton Tipe Pelat S12 AS F-G pada lantai 5

Lokasi	Tipe Pelat	AS	Tebal (m)	Luas Bekisting	Volume Beton
Lantai 5	S12	F-G/2-3	0.12	17.81	2.1372
		F-G/3-4		17.287	2.07444
		F-G/4-5		17.793	2.13516
		F-G/5-6		17.788	2.13456
		F-G/6-7		17.449	2.09388
		F-G/7-8		17.81	2.1372
		F-G/8-9		17.654	2.11848

(Sumber: Olahan Pribadi, 2019)

IV.8.3. Pekerjaan Beton Pelat Lantai

Perhitungan pekerjaan beton pelat lantai didapat dari persamaan berikut:

$$Volume\ Beton = Luas\ Alas \times Tebal \quad (III.10)$$

Nilai luas didapat dengan bantuan *software* AutoCad sedangkan besar nilai tebal pelat diperoleh dari Tabel IV. 22. Perhitungan Tipe Pelat S12 AS F-G pada lantai 5 dapat dilihat pada Tabel IV.24.

IV.9 Rekap *Taking Off*

Volume pekerjaan struktur sebagian besar terbagi dalam pekerjaan pembesian, bekisting dan pembetonan. Untuk pekerjaan tanah dengan satuan m³ dapat dilihat pada Tabel IV.25.

Tabel IV.25 Hasil *Taking Off* Volume Pekerjaan Tanah

Deskripsi Pekerjaan	Volume (m3)
Galian Tahap 1	6,397.079
Galian Tahap 2	13,281.811
Pasir Urug <i>Pile Cap</i>	140.631
- Lantai Kerja <i>Pile Cap</i>	70.316

(Sumber: Olahan Pribadi, 2020)

Hasil dari perhitungan volume struktur dapat dilihat pada Tabel IV.26. Total pekerjaan pembesian, bekisting dan pembetonan keseluruhan pada Apartemen Kemang Penthouse adalah 2.072.851,95kg; 41.133,98 m² dan 12.141.08 m³.

Tabel IV.26 Hasil *Taking Off* Volume Pekerjaan Struktur

Deskripsi Pekerjaan	Jumlah Total		
	Pembesian (kg)	Bekisting (m ²)	Pembetonan (m ³)
<i>Secant Pile Walls</i>	-	-	1,096.76
Pondasi <i>Bored Pile</i>	616,266.88	-	2,880.64
<i>Pile Cap</i>	184,796.39	1,258.45	1,988.76
Balok	473,682.84	11,611.66	1,504.31
Kolom	383,403.59	8,908.84	1,827.29
Pelat	229,985.87	13,911.36	2,018.20
<i>Shear Wall</i>	184,716.38	5,443.68	825.12
Total	2,072,851.95	41,133.98	12,141.08

(Sumber: Olahan Pribadi, 2020)