



BAB 4

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Uraian Umum

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini meliputi gambar kerja dan rencana anggaran biaya (RAB). Gambar kerja yang didapatkan digunakan sebagai data pemodelan sedangkan untuk RAB digunakan sebagai pembanding estimasi biaya yang dilakukan dengan menggunakan aplikasi berbasis BIM. Data penelitian yang digunakan pada penelitian ini berasal dari 2 proyek konstruksi yang ada di Kota Semarang. Proyek yang ditinjau yaitu:

1. Proyek Pembangunan Rumah Tinggal 5 Lantai Bukit Sari Semarang (Proyek A).
Proyek ini memiliki total luas bangunan 9.471,94 m² dan total luas tanah 7.115,05 m². Gambar kerja proyek A diperlihatkan pada Lampiran L-1.
2. Proyek Pembangunan Gedung Parkir Rumah Sakit Roemani Muhammadiyah Semarang (Proyek B). Proyek ini memiliki 7 lantai dengan total luas bangunan 6.667 m² dan total luas tanah 1.567,09 m². Gambar kerja proyek B diperlihatkan pada Lampiran L-29.

Sebelum memasuki proses pemodelan bangunan gedung pada program Cubicost, gambar kerja dari proyek konstruksi terlebih dahulu dipelajari supaya tidak terjadi kesalahan dalam *input* data. Aplikasi Cubicost yang digunakan terdiri dari 3 aplikasi yaitu Cubicost TRB C-III, Cubicost TAS C-III dan Cubicost TBQ C-III. Tahap pemodelan menggunakan masing-masing aplikasi Cubicost akan dijabarkan pada sub bab di bawah ini.

4.2 Pemodelan Cubicost TRB C-III

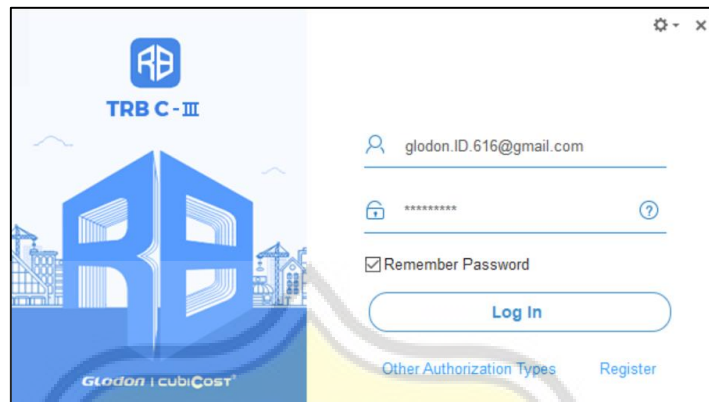
Cubicost TRB C-III adalah *software* yang digunakan khusus untuk perhitungan volume pada komponen pembesian. Tahapan pemodelan menggunakan Cubicost TRB C-III akan dijabarkan sebagai berikut:

1. *Login* program

Buka aplikasi Cubicost TRB C-III, kemudian akan muncul tampilan awal yang mengharuskan mengisi akun dan *password*. Tampilan *login* Cubicost TRB C-III



diperlihatkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tampilan Login Cubicost TRB C-III

2. Project setting

Setelah berhasil masuk, tahap selanjutnya adalah beri pengaturan ke *project* berupa *floor setting* dan *grade setting*. *Floor setting* berfungsi untuk mengatur elevasi lantai sesuai dengan gambar kerja. Menu *floor setting* diperlihatkan pada Gambar 4.2.

Code	Floor	Height(m)	Reference Floor	Bottom Elevation(m)	Number of Same	Slab Thickness (mm)	Building Area(m2)	Remarks
1 4	Floor 4	3	<input type="checkbox"/>	-12	1	120		
2 3	Floor 3	3	<input type="checkbox"/>	9	1	120		
3 2	Floor 2	3	<input type="checkbox"/>	6	1	120		
4 1	Floor 1	3	<input type="checkbox"/>	3	1	120		
5 GF	Ground Floor	3	<input checked="" type="checkbox"/>	0	1	120		
6 0	Foundation Floor	3	<input type="checkbox"/>	-3	1	120		

Gambar 4.2 Menu Floor Setting

Grade setting sendiri berfungsi untuk mengatur mutu beton dan baja tulangan yang akan digunakan untuk setiap elemen struktur. Mutu dapat disesuaikan dengan kebutuhan pada setiap lantai. Menu *grade setting* diperlihatkan pada Gambar 4.3.

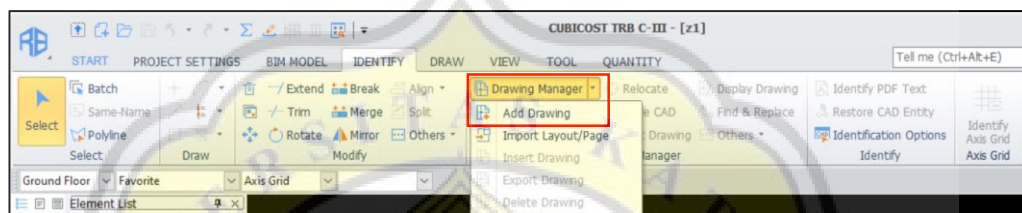
Floor Default Rebar Setting (Ground Floor, 0.00m~3.00m)											
	Anti-seismic Grade	Rebar Strength	Concrete Grade	Cover (mm)	Tension Development			Compression Development			Sta ^
					240	400	500	240	400	500	
Foundation (Seismic)	Default	30.0	40	40	(21d)/(26d)	(35d)/(43d)	(43d)/(54d)	(11d)	(18d)	(22d)	(7d)/(8d)
Ground Beam (Seismic)	Default	30.0	40	40	(21d)/(26d)	(35d)/(43d)	(43d)/(54d)	(11d)	(18d)	(22d)	(7d)/(8d)
Frame Beam (Seismic)	Default	30.0	40	40	(21d)/(26d)	(35d)/(43d)	(43d)/(54d)	(11d)	(18d)	(22d)	(7d)/(8d)
Non-Frame Beam (Non-)	Default	30.0	40	40	(21d)/(26d)	(35d)/(43d)	(43d)/(54d)	(11d)	(18d)	(22d)	(7d)/(8d)
Column (Seismic)	Default	30.0	40	40	(21d)/(26d)	(35d)/(43d)	(43d)/(54d)	(11d)	(18d)	(22d)	(7d)/(8d)
Slab (Non-)	Default	25.0	20	20	(23d)/(28d)	(38d)/(47d)	(48d)/(59d)	(12d)	(19d)	(24d)	(8d)/(9d)
Wall (Seismic)	Default	30.0	20	20	(21d)/(26d)	(35d)/(43d)	(43d)/(54d)	(11d)	(18d)	(22d)	(7d)/(8d)
Wall Beam (Seismic)	Default	30.0	40	40	(21d)/(26d)	(35d)/(43d)	(43d)/(54d)	(11d)	(18d)	(22d)	(7d)/(8d)
Wall Column (Seismic)	Default	30.0	40	40	(21d)/(26d)	(35d)/(43d)	(43d)/(54d)	(11d)	(18d)	(22d)	(7d)/(8d)
Rina Beam (Seismic)	Default	20.0	20	20	(26d)/(32d)	(43d)/(53d)	(53d)/(66d)	(13d)	(21d)	(27d)	(9d)/(10d)

Gambar 4.3 Menu Grade Setting



3. *Import drawing*

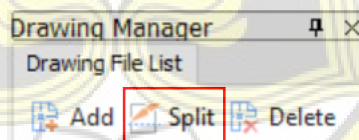
Setelah melakukan *project setting*, program akan kembali ke *interface* awal. Cubicost TRB C-III menyediakan fasilitas untuk dapat memasukan gambar kerja bentuk CAD maupun PDF langsung ke program. Tahapannya adalah dengan klik *drawing manager* pada *tab identify* kemudian klik *add drawing*, selanjutnya pilih gambar yang akan dimasukan. Tahapan *import drawing* diperlihatkan pada Gambar 4.4.



Gambar 4.4 Tahapan *Import Drawing*

Apabila dalam satu *file* terdapat dua atau lebih gambar, setiap gambar dapat dipisah untuk memudahkan pemodelan. Tahapannya adalah sebagai berikut:

- a. Pada menu *drawing manager*, klik *split*. *Tool split drawing* diperlihatkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 *Tool Split Drawing*

- b. Pilih gambar yang akan digunakan dengan *block* klik kiri kemudian klik kanan.
- c. Masukan nama gambar dengan klik pada judul gambar atau tulis secara manual pada kolom yang sudah disediakan.

4. *Axis Grid*

Setelah data dari gambar sudah dimasukan ke program, kemudian lakukan pembuatan *grid*. Terdapat 2 cara dalam pembuatan *grid* yaitu dengan manual dan *auto-identify*. Tahapan pembuatan *grid* dengan cara *auto-identify* yaitu:

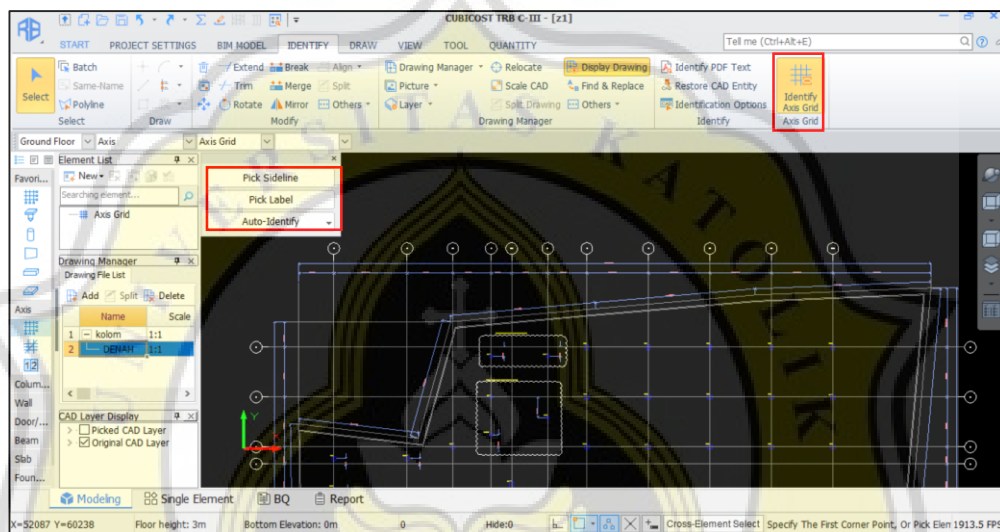
- a. Pada *tab identify*, klik pada menu *pick axis*.
- b. Pilih *selection mode* opsi *select by layer*.
- c. Pilih as garis yang akan digunakan sebagai *grid*, klik kiri kemudian jika sudah



berwarna biru klik kanan.

- d. Setelah itu untuk memunculkan label, klik pada menu *pick label*.
- e. Pilih *selection mode* opsi *select by layer*.
- f. Pilih label yang akan digunakan, klik kiri kemudian jika sudah berwarna biru klik kanan.
- g. Setelah *axis* dan *label* dibuat klik *auto-identify*.

Menu *axis grid* yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Menu *Axis Grid*

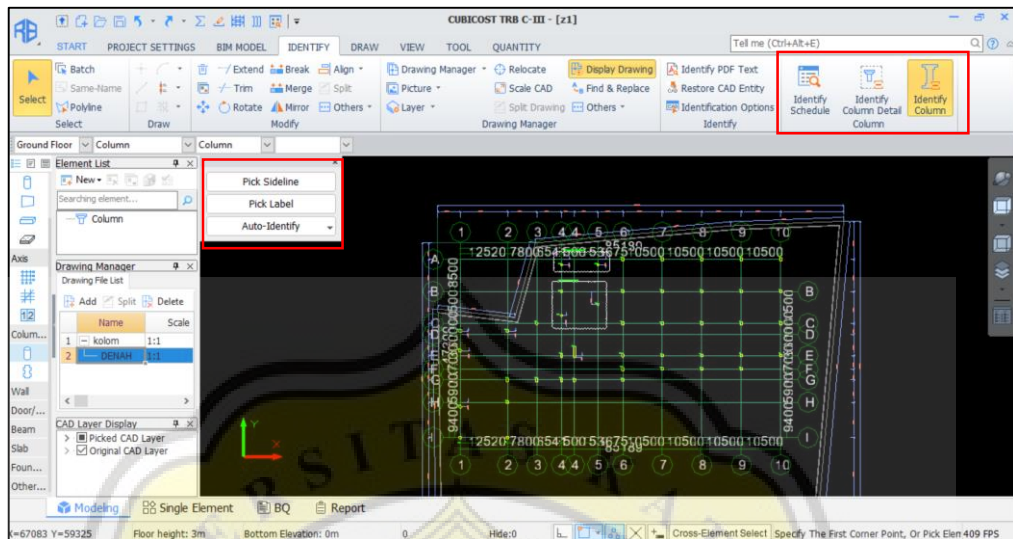
5. Kolom

Setelah *axis grid* dibuat, kemudian lakukan pemodelan kolom. Tahapan pemodelan kolom hampir sama dengan pembuatan *axis grid*, yaitu:

- a. Pada *tab identify*, klik pada menu *pick sideline*.
- b. Pilih *selection mode* opsi *select by layer*.
- c. Pilih *sideline* milik kolom, klik kiri kemudian jika sudah berwarna biru klik kanan.
- d. Setelah itu untuk memunculkan label, klik pada menu *pick label*.
- e. Pilih *selection mode* opsi *select by layer*.
- f. Pilih nama kolom yang akan digunakan, klik kiri kemudian jika sudah berwarna biru klik kanan.
- g. Setelah *sideline* kolom dan *label* dibuat klik *auto-identify* untuk memunculkan model 3D dari kolom.

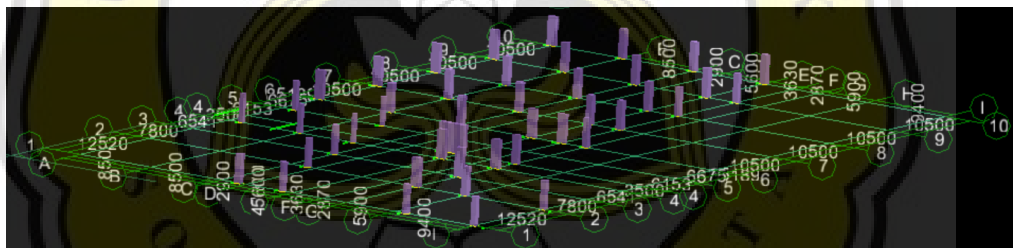


Menu pemodelan kolom yang digunakan diperlihatkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Menu Pemodelan Kolom

Hasil dari seluruh tahapan dalam pemodelan kolom diperlihatkan pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Hasil 3D Pemodelan Kolom

6. Balok

Setelah kolom dibuat, kemudian lakukan pemodelan balok. Tahapan pemodelan balok hampir sama dengan pembuatan kolom, yaitu:

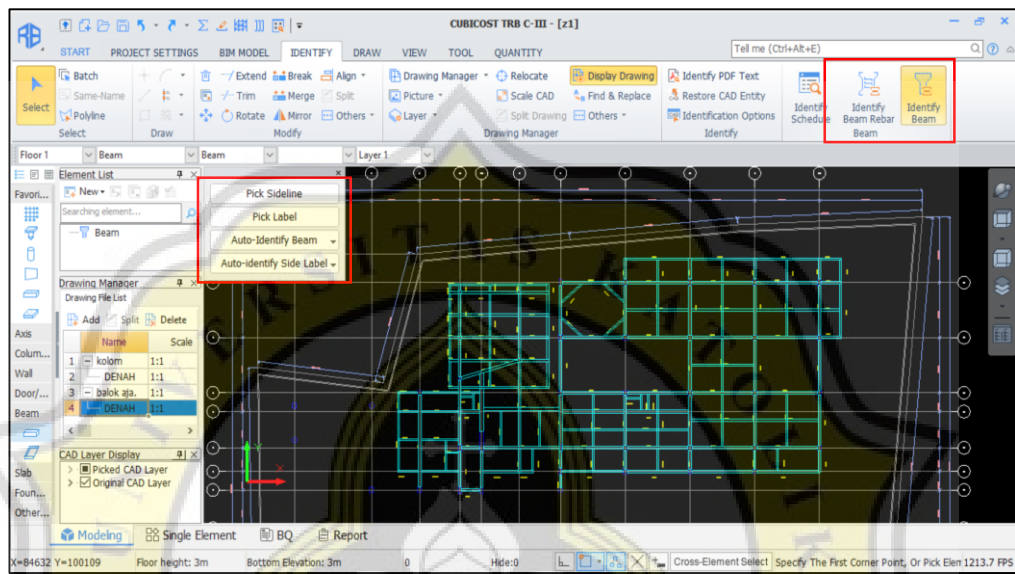
- Pada *tab identify*, klik pada menu *pick sideline*.
- Pilih *selection mode* opsi *select by layer*.
- Pilih *sideline* milik balok, klik kiri kemudian jika sudah berwarna biru klik kanan.
- Setelah itu untuk memunculkan label, klik pada menu *pick label*.
- Pilih *selection mode* opsi *select by layer*.
- Pilih nama balok yang akan digunakan, klik kiri kemudian jika sudah



berwarna biru klik kanan.

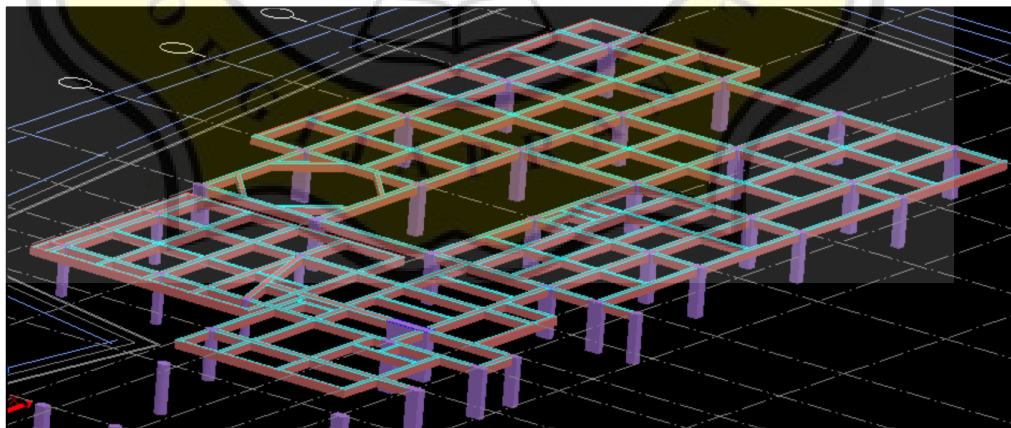
- g. Setelah *sideline* balok dan *label* dibuat, klik *auto-identify* untuk memunculkan model 3D dari balok.

Menu pemodelan balok diperlihatkan pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Menu Pemodelan Balok

Hasil dari seluruh tahapan dalam pemodelan balok diperlihatkan pada Gambar 4.10.



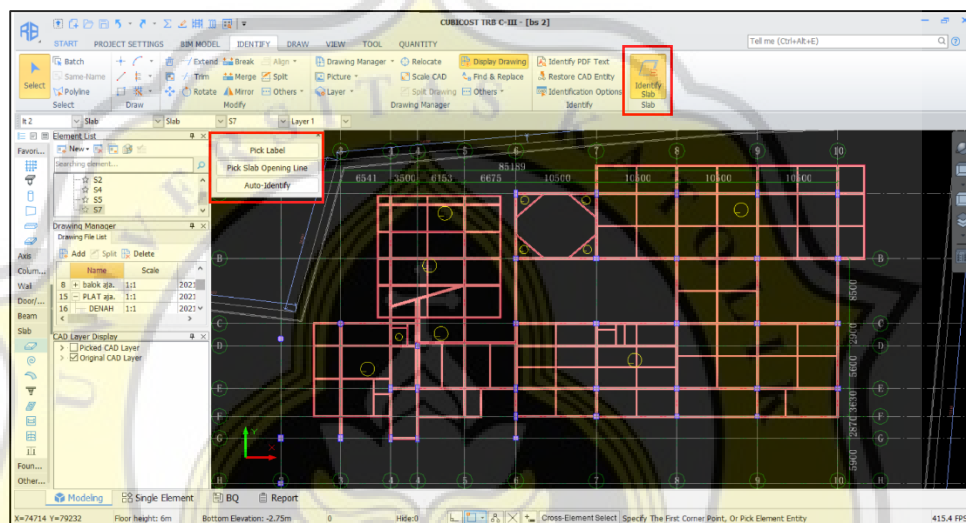
Gambar 4.10 Hasil 3D Pemodelan Balok

7. Pelat

Setelah balok dibuat, kemudian lakukan pemodelan pelat. Tahapan pemodelan pelat, yaitu:



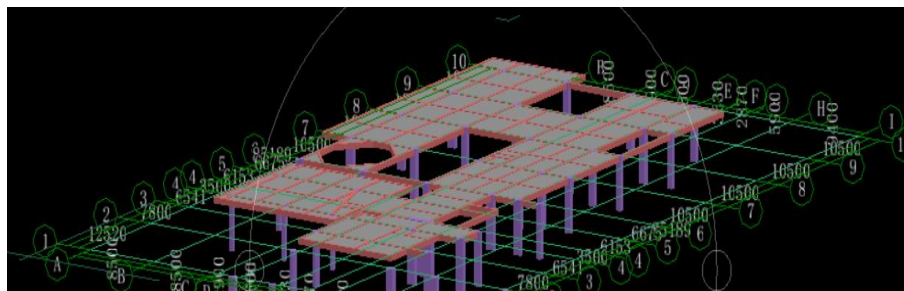
- Pada *tab identify*, klik pada menu *pick label*.
- Pilih *selection mode* opsi *select by layer*.
- Pilih nama yang akan digunakan, klik kiri kemudian jika sudah berwarna biru klik kanan.
- Setelah itu kembali ke *tab Identify*, klik pada menu *pick slab opening line*.
- Pilih area pelat yang akan digunakan, klik kiri kemudian jika sudah berwarna biru klik kanan. Menu pemodelan pelat diperlihatkan pada Gambar 4.11.



Gambar 4.11 Menu Pemodelan Pelat

- Setelah itu klik *identify slab*, akan muncul notifikasi opsi identifikasi pelat klik ok.
- Cek ukuran ketebalan pelat dan lakukan penyesuaian jika dibutuhkan kemudian klik ok.

Hasil dari seluruh tahapan dalam pemodelan pelat diperlihatkan pada Gambar 4.12.



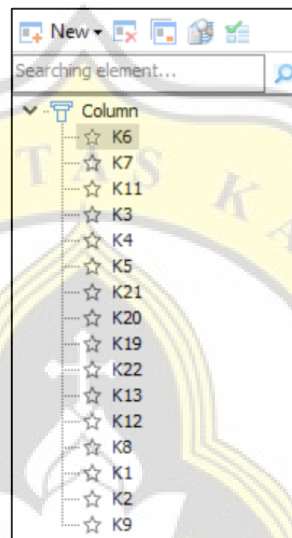
Gambar 4.12 Hasil 3D Pemodelan Pelat



8. Pengaturan Tulangan Kolom

Setelah setiap *element* bangunan telah dimodelkan, atur tulangan menyesuaikan gambar detail dari data yang ada. Pengaturan tulangan pada kolom dapat dilakukan dengan cara yaitu:

- a. Klik kiri dua kali pada elemen kolom yang akan diatur. Menu *element list* diperlihatkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Menu *Element List* Kolom

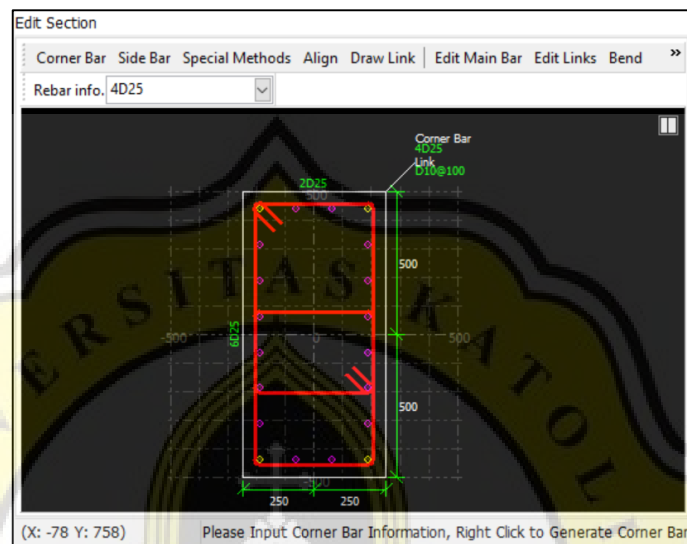
- b. Kemudian akan muncul kolom *edit attribute* yang dapat digunakan untuk memasukkan data antara lain material, dimensi, jenis tulangan utama dan jenis tulangan geser. Menu *edit attribute* diperlihatkan pada Gambar 4.14.

Edit Attribute			
	Attribute Name	Attribute Value	Add
1	Name	K6	
2	Category	Frame Column	<input type="checkbox"/>
3	Material	In-Situ	<input type="checkbox"/>
4	Section Width(B)(mm)	500	<input type="checkbox"/>
5	Section Height(H)(mm)	1000	<input type="checkbox"/>
6	All Main Bars	20D25	<input type="checkbox"/>
7	Links	D10@100	<input type="checkbox"/>
8	Links In Joint Area	Calculate by link	<input type="checkbox"/>
9	Legs	2*4	
10	Column Type	(Middle column)	<input type="checkbox"/>
11	Other Links		
12	Other Rebars		
13	Top Elevation(m)	Floor_Top_Elevation	<input type="checkbox"/>
14	Bottom Elevation(m)	Floor_Bottom_Elevation	<input type="checkbox"/>
15	Remarks		<input type="checkbox"/>
16	Core Column		
21	Other Attribute		
33	Construction Information		
44	Development and Lap		
65	Display pattern		

Gambar 4.14 Menu *Edit Attribute* Kolom

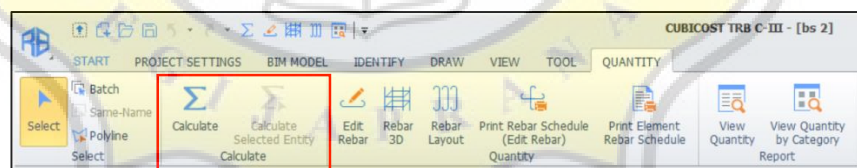


- c. Ketika pengaturan tulangan juga terdapat menu *edit section* yang memunculkan *preview* tampak susunan tulangan dan *tools* yang dapat digunakan untuk mengatur tulangan agar sesuai dengan kebutuhan. Menu *edit section* diperlihatkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Menu *Edit Section*

- d. Apabila akan memeriksa tulangan yang sudah dimodelkan, klik pada *tab quantity* dan pilih *calculate* kemudian pilih rantai yang akan dihitung. Pilih *calculate selected entity* jika ingin menghitung hanya salah satu elemen. Menu *calculate* diperlihatkan pada Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Menu *Calculate*

- e. Untuk melihat volume elemen yang ditinjau dalam satuan kg, klik *view quantity* pada *tab quantity*. Hasil *view quantity* diperlihatkan pada Gambar 4.17.

Common Rebar				
Rebar Gross Weight (kg): 1135.074				
Element Name	Rebar Gross Weight (kg)	BJTD-40		
		10	25	Total
1 K1[80]	1135.074	397.745	737.329	1135.074
2 Total	1135.074	397.745	737.329	1135.074

Gambar 4.17 Hasil *View Quantity*



- f. Apabila akan memeriksa tulangan sekaligus mengubah elemen yang diperlukan, klik *edit rebar* pada *tab quantity*. Menu *edit rebar* dapat mengubah mutu baja dan diameter serta jumlah tulangan. Menu *edit rebar* dan *rebar 3D* diperlihatkan pada Gambar 4.18.

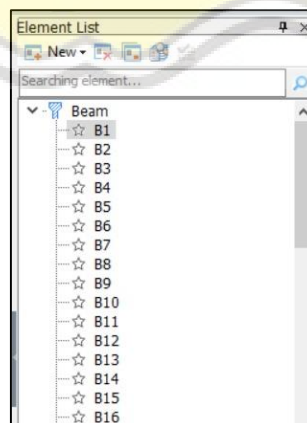
Rebar	Strength	Diamete	Shape	Shape	Calculation Formula	Formula Description	Cutting-Quantit	Total	Rebar	Constru	Remarks	
1"	1	BJTD-40	25	1	5624	4550+1074	Column Height+Top anchorage of main bar in non-variable section column in calculation settings	5624 34	737.329	Main bar	Default Construction Zone	All Main Bars.1
2	2	BJTD-40	10	195	620	$2*(820+620)+17.8*d$		3058 46	86.792	Link	Default Construction Zone	Link.1
3	3	BJTD-40	10	195	456	$2*(820+456)+17.8*d$		2730 92	154.966	Link	Default Construction Zone	Link.2
4	4	BJTD-40	10	195	620	$2*(665+620)+17.8*d$		2748 92	155.987	Link	Default Construction Zone	Link.3

Gambar 4.18 Menu *Edit Rebar* dan *Rebar 3D*

9. Pengaturan Tulangan Balok

Setelah tulangan kolom dimodelkan, pengaturan tulangan pada balok dapat dilakukan dengan cara yaitu:

- Klik kiri *entity* yang akan diatur pada tampilan 3D atau dapat melalui menu *element list*. Klik kiri dua kali pada elemen kolom yang akan diatur. Menu *element list* diperlihatkan pada Gambar 4.19.



Gambar 4.19 Menu *Element List* Balok

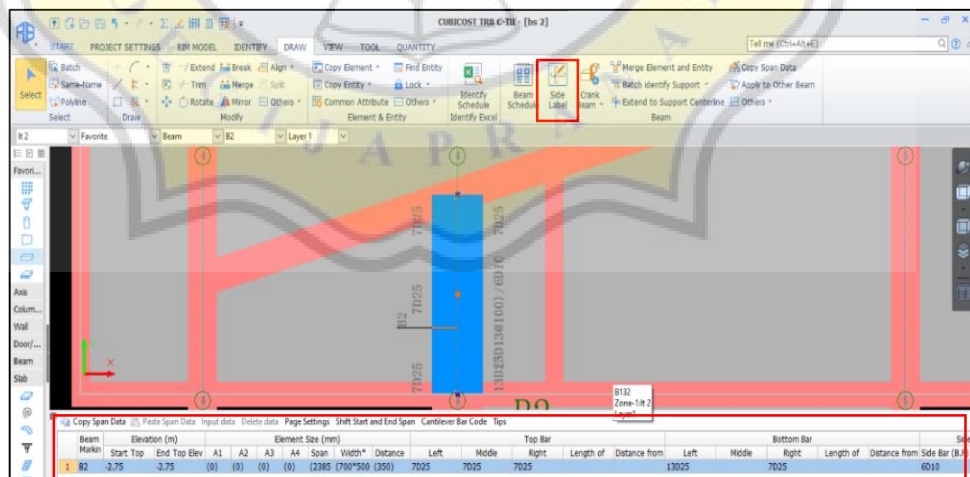


- b. Kemudian akan muncul kolom *edit attribute* yang dapat digunakan untuk memasukan data antara lain material, dimensi, jenis tulangan utama dan jenis tulangan geser. Menu *edit attribute* diperlihatkan pada Gambar 4.20.

Edit Attribute		
Attribute Name	Attribute Value	Add
1 Name	B3	
2 Category	Floor Frame Beam	<input type="checkbox"/>
3 Material	In-Situ	<input type="checkbox"/>
4 Section Width(mm)	500	<input type="checkbox"/>
5 Section Height(mm)	500	<input type="checkbox"/>
6 Axis from Left Side(mm)	(250)	<input type="checkbox"/>
7 Span Quantity		<input type="checkbox"/>
8 Links	3D13@100(2)	<input type="checkbox"/>
9 Legs	2	<input type="checkbox"/>
10 Top Continuous Bar	7D25	<input type="checkbox"/>
11 Bottom Continuous Bar	13D25	<input type="checkbox"/>
12 Side Main Bar (B.F)	6D10	<input type="checkbox"/>
13 Hooks		...
14 Other Links		<input type="checkbox"/>
15 Other Rebars		<input type="checkbox"/>
16 Links Adjustment		<input type="checkbox"/>
17 Span Info.		<input type="checkbox"/>
18 Start Top Elevation(m)	Floor_Bottom_Elevation	<input type="checkbox"/>
19 End Top Elevation(m)	Floor_Bottom_Elevation	<input type="checkbox"/>
20 Remarks		<input type="checkbox"/>
21 + Other Attribute		
28 + Construction Information		
39 + Development and Lap		
60 + Anchorage Joint		
64 + Display pattern		

Gambar 4.20 Menu *Edit Attribute* Balok

- c. Untuk mengatur tulangan pada balok dan memberikan notasi bacaan, dapat menggunakan menu *side label* pada *tab draw*. Data yang diperlukan dapat dimasukan ke dalam kolom yang terletak di sisi bawah tampilan. Menu *side label* diperlihatkan pada Gambar 4.21.

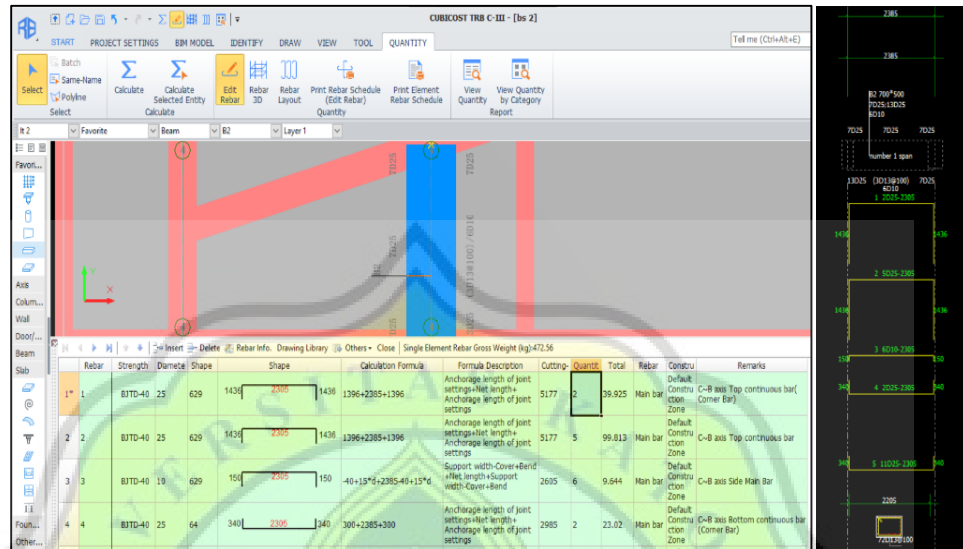


Gambar 4.21 Menu *Side Label*

- d. Apabila akan memeriksa sekaligus mengganti mutu baja dan diameter serta jumlah tulangan, klik *edit rebar* pada *tab quantity*. Untuk memeriksa susunan



tulangan dapat menggunakan menu *rebar layout*. Menu *edit rebar* dan *rebar layout* dapat dilihat pada Gambar 4.22.

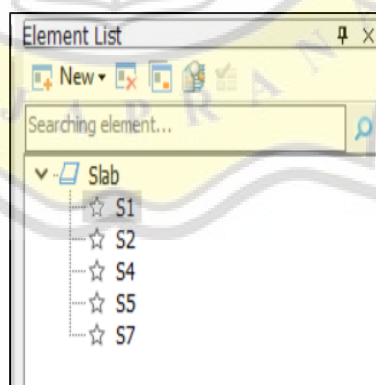


Gambar 4.22 Menu *Edit Rebar* dan *Rebar Layout*

10. Pengaturan Tulangan Pelat

Setelah tulangan balok dimodelkan, pengaturan tulangan pada pelat dapat dilakukan dengan cara yaitu:

- Klik kiri *entity* yang akan diatur pada tampilan 3D atau dapat melalui menu *element list*. Klik kiri dua kali pada elemen pelat yang akan diatur. Menu *element list* diperlihatkan pada Gambar 4.23.



Gambar 4.23 Menu *Element List* Pelat

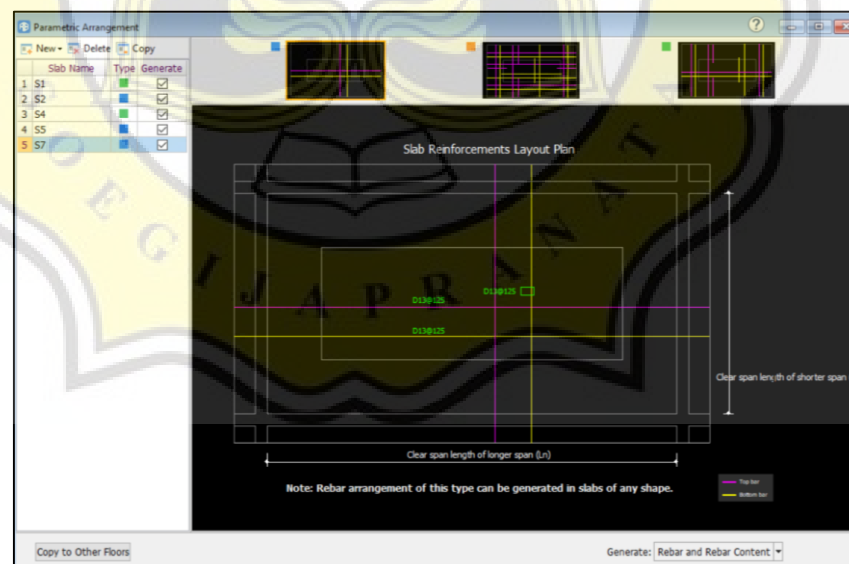
- Kemudian akan muncul pelat *edit attribute* yang dapat digunakan untuk memasukkan data antara lain material dan tebal pelat. Menu *edit attribute* diperlihatkan pada Gambar 4.24.



	Attribute Name	Attribute Value	Add
1	Name	S1	
2	Material	In-Situ	<input type="checkbox"/>
3	Concrete Grade	(25.0)	<input type="checkbox"/>
4	Rebar Content(kg/m ³)	58.114	
5	Rebar Info.	D10	
6	Thickness(mm)	(120)	<input type="checkbox"/>
7	Top Elevation(m)	Floor_Bottom_Elevation	<input type="checkbox"/>
8	Slab Number		<input type="checkbox"/>
9	Cover Thickness(mm)	(20)	<input type="checkbox"/>
10	Bar Chair Parametric Drawing		
11	Bar Chair Information		<input type="checkbox"/>
12	Linear Bar Chair Direction	Parallel Horizontal Main Bar	<input type="checkbox"/>
13	Hooks		<input type="checkbox"/>
14	Side Main Bar	D10@200	<input type="checkbox"/>
15	Other Rebars		
16	Calculation Method For Bar Chair Quantity	Round Up +1	<input type="checkbox"/>
17	Calculation Method For Hooks Quantity	Round Up +1	<input type="checkbox"/>
18	Calculation Rule	Calculate by default setting	
19	Tension/Compression Setting	Calculate by default setting	
20	Rebar Strength Setting	Calculate by default setting	
21	Category Name	(S1)	<input type="checkbox"/>
22	Concrete Grade of In-Situ Topping	(25.0)	<input type="checkbox"/>
23	In-Situ Topping Thickness(mm)	(0)	<input type="checkbox"/>
24	Summary Info	In-Situ Slab	<input type="checkbox"/>
25	Remarks		<input type="checkbox"/>
26	+ Construction Information		
37	+ Display pattern		

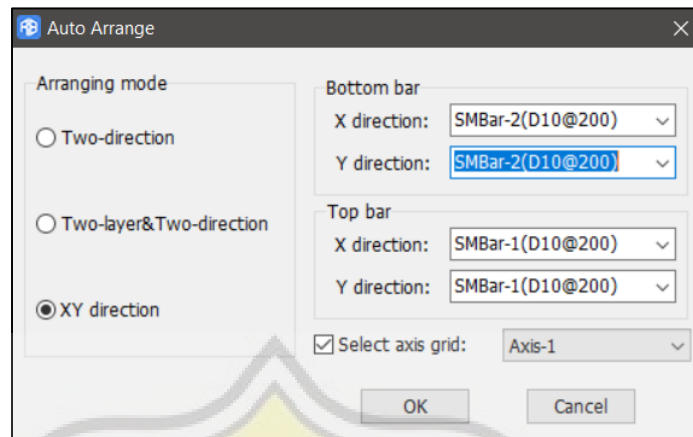
Gambar 4.24 Menu *Edit Attribute* Pelat

- c. Pilih *slab main bar* pada *element list slab* untuk membuat tulangan sesuai dengan gambar. Pergi ke *ribbon draw* dan pilih *parametric arrangement* untuk memilih *layout* penulangan. Menu *parametric arrangement* diperlihatkan pada Gambar 4.25.



Gambar 4.25 Menu *Parametric Arrangement*

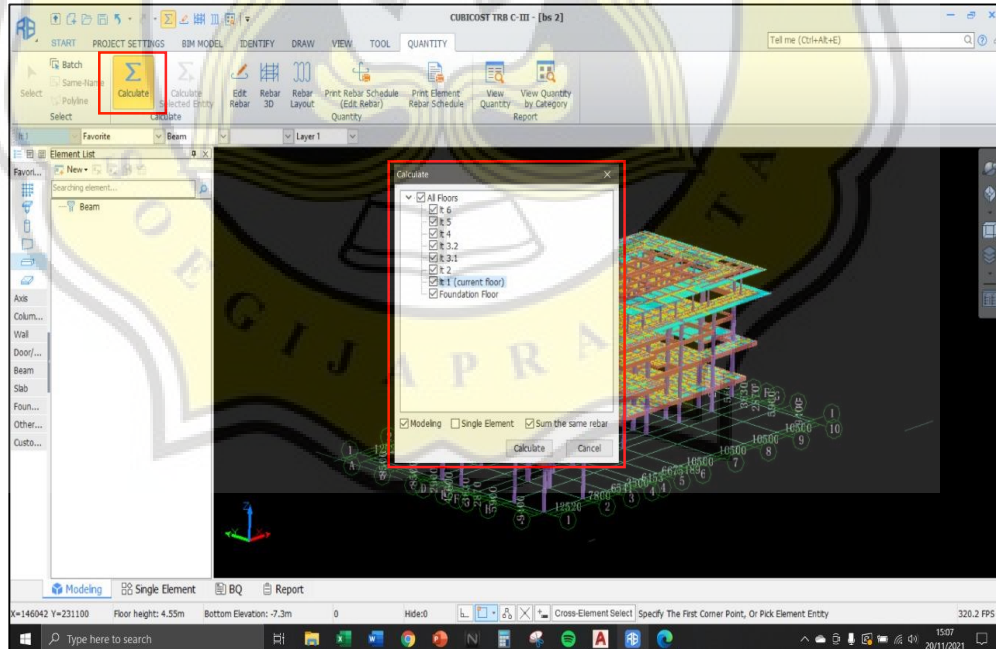
- d. Setelah mengatur *layout* penulangan pada menu *parametric arrangement*, pilih *arrange main bar* untuk menyesuaikan arah tulangan yang akan dipakai. Menu *arrange main bar* diperlihatkan pada Gambar 4.26.



Gambar 4.26 Menu *Arrange Main Bar*

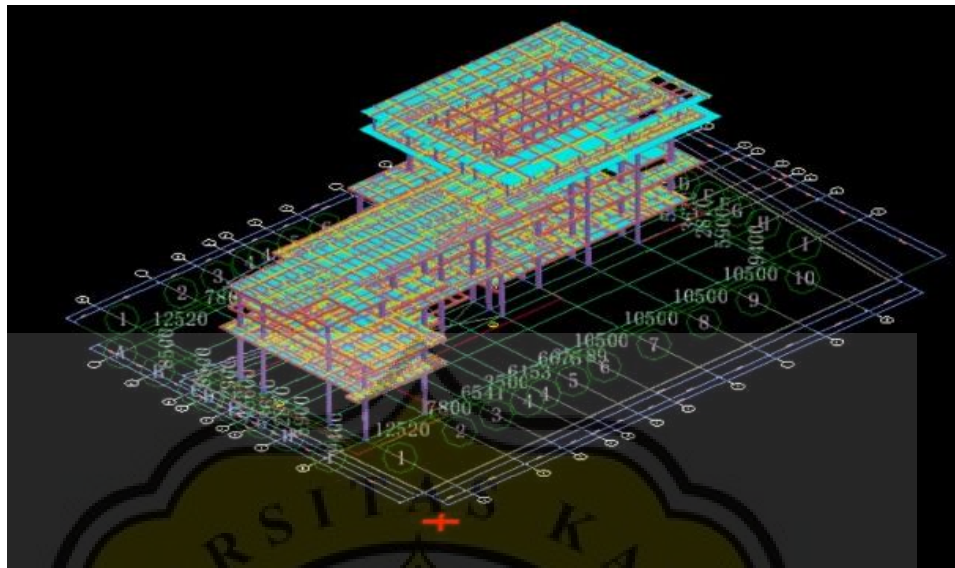
11. Rekapitulasi Volume Tulangan

Setelah pemodelan selesai dilakukan, klik *calculate* pada *tab quantity*. Kemudian akan muncul menu pilihan lantai, centang yang diperlukan dan klik *calculate*. Pemberitahuan bahwa perhitungan telah berhasil dilakukan akan keluar. Menu *calculate* diperlihatkan pada Gambar 4.27



Gambar 4.27 Menu *Calculate*

Hasil 3D keseluruhan pemodelan dapat terlihat setelah semua elemen struktur kolom, balok dan pelat pada setiap lantai telah dimodelkan. Hasil 3D keseluruhan pemodelan Cubicost TRB C-III diperlihatkan pada Gambar 4.28.



Gambar 4.28 Hasil 3D Keseluruhan Pemodelan Cubicost TRB C-III

Berdasarkan pemodelan yang sudah dilakukan mulai dari lantai 1-5 pada struktur kolom, balok dan pelat dengan menggunakan aplikasi Cubicost TRB C-III dapat diperoleh *output* berupa data volume material baja tulangan. Hasil tersebut diperlihatkan pada Lampiran L-71 dan L-72. Data tersebut dapat dikeluarkan dalam format excel untuk memudahkan perhitungan selanjutnya. Rekapitulasi volume material baja tulangan pada Proyek A diperlihatkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Rekapitulasi Volume Tulangan Baja Pada Proyek A

Element	Floor	Main bar							Link		Total	
		10	13	16	19	22	25	26	29	10		13
Modeling												
Column	It 1				2208.961		14421.826			6901.735		23532.522
	It 2				1906.312		16363.46			8159.838		26429.61
	It 3.1				1008.831		3744.484			2154.453		6907.768
	It 3.2				1154.655		6795.305			3858.646		11808.607
	It 4				982.552		10030.227			4004.215		15016.995
	It 5				3452.964	142.134	243.391			2065.077		5903.565
	Sub-total				10714.275	142.134	51598.694			27143.965		89599.067
Beam	It 2	2757.827	128.218	1810.78	7090.761		19327.942	175.182		13617.523	1021.356	45929.589
	It 3.1	3801.11	240.992	2018.804	9184.959		24446.581		556.261	19224.93		59473.637
	It 3.2	942.517		600.598	3478.472		3140.519			3080.311		11242.416
	It 4	1986.212	345.546	825.441	8619.628		7287.262			9569.473		28633.561
	It 5	4070.999	276.312	4189.831	12205.307		19847.399			20798.552	1698.421	63086.821
	It 6	1024.82	1256.088	4365.987	836.472					3603.551		11086.919
	Sub-total	14583.485	2247.156	13811.44	41415.599		74049.702	175.182	556.261	69894.34	2719.777	219452.942
Slab	It 2	19999.497	829.04									20828.537
	It 3.1	20550.286	7856.9									28407.187
	It 3.2	5907.695										5907.695
	It 4	10735.215										10735.215
	It 5	31300.33										31300.33
	It 6	10790.144										10790.144
	Sub-total	99283.166	8685.94									
Total	113866.651	10933.096	13811.44	52129.874	142.134	125648.396	175.182	556.261	97038.305	2719.777	417021.116	



Rekapitulasi volume material baja tulangan pada Proyek B diperlihatkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Rekapitulasi Volume Tulangan Baja Pada Proyek B

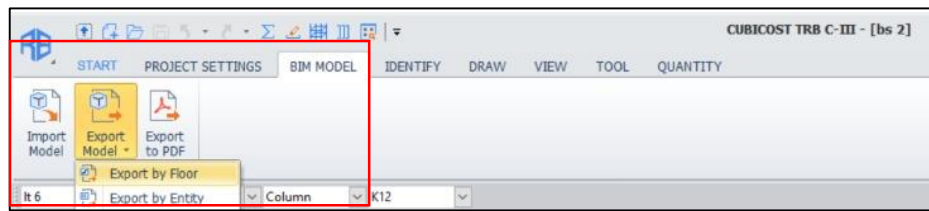
Element	Floor	Main bar					Link		Total	
		10	13	16	19	22	8	10		
Modeling										
Ramp	It 2	7073.236							7073.236	
	It 3	2635.851							2635.851	
	It 4	2637.595							2637.595	
	It 5	2638.57							2638.57	
	It 6	2637.595							2637.595	
	Sub-total		17622.848							17622.848
Column	It 1					11782.487		5205.05	16987.537	
	It 2					7484.696		3818.058	11302.753	
	It 3					7385.572		3805.349	11190.921	
	It 4					7390.016		3805.349	11195.364	
	It 5					7340.185		3812.091	11152.277	
	It 6					5222.478		3841.229	9063.707	
	It atap					1135.898		740.796	1876.694	
It lift				293.323				76.557	369.88	
Sub-total					293.323	47741.333	25104.478		73139.138	
Beam	It 2		2487.538	2602.745	6218.367	17808.713	638.251	13565.732	43321.347	
	It 3		1913.285	2497.523	3916.162	12945.062	875.066	9299.753	31446.852	
	It 4		1932.863	2490.483	3790.096	14400.519	707.27	8645.05	31966.28	
	It 5		1913.452	2488.675	4976.888	13378.504	707.27	8743.619	32208.409	
	It 6		1932.412	2484.686	4973.788	13399.857	665.112	8656.499	32112.354	
	It atap		1654.471	3008.898	3967.924	13411.634	862.037	6838.77	29743.734	
	It lift		232.923	1187.901	1672.499	1156.514	336.768	978.614	5565.218	
	It atap lift		76.298	317.782			100.17		494.25	
	Sub-total			12143.242	17078.694	29515.725	86500.804	4891.943	56728.038	206858.448
	Slab	It 2	12703.227							12703.227
It 3		11960.764							11960.764	
It 4		11967.847							11967.847	
Slab	It 5	11960.764							11960.764	
	It 6	11960.764							11960.764	
	It atap	11968.388							11968.388	
	It lift	2891.034							2891.034	
	It atap lift	182.966							182.966	
	Sub-total		75595.753							75595.753
Total		93218.601	12143.242	17078.694	29809.048	134242.136	4891.943	81832.516	373216.18	

4.3 Pemodelan Cubicost TAS C-III

Aplikasi buatan Glodon memiliki sistem transfer data yang memudahkan pengguna untuk mengintegrasikan pekerjaannya. Salah satunya yaitu telah dilakukan pada penelitian ini. Pemodelan yang telah dilakukan di Cubicost TRB C-III, kemudian akan terintegrasi dengan Cubicost TAS C-III yang memiliki fungsi untuk menghitung volume pada setiap komponen arsitektur dan struktur khusus beton. Tahapan *export file* Cubicost TRB C-III, *import file* dan pemodelan pada Cubicost TAS C-III yaitu:

1. *Export file*

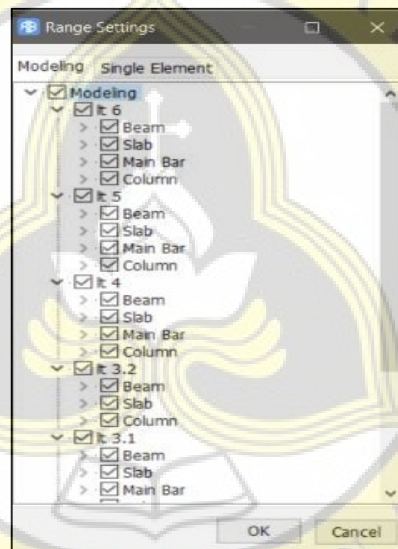
Pemodelan yang telah selesai dilakukan di Cubicost TRB C-III terlebih dahulu di simpan. Klik pada *tab BIM model*, klik pada menu *export model* kemudian akan muncul pilihan *export by floor* dan *export by entity*, pilih yang pertama. Menu *export file* diperlihatkan pada Gambar 4.29



Gambar 4.29 Menu *Export File*

2. Range settings

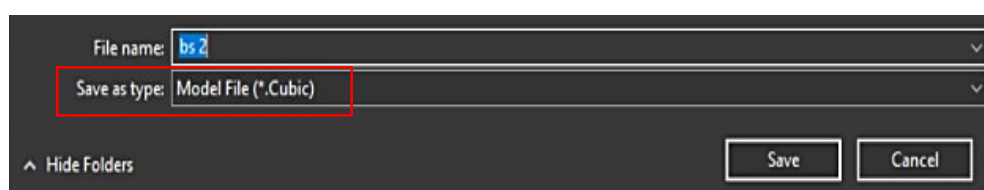
Menu *range settings* berfungsi untuk memberikan pilihan bagian mana saja yang akan dikeluarkan. Pilihan tersebut terbagi dalam lantai dan elemen struktur. Tanda *Checklist* menunjukkan bagian yang dipilih untuk dikeluarkan. Menu *range settings* diperlihatkan pada Gambar 4.30.



Gambar 4.30 Menu *Range Settings*

3. Format file

Setelah pengaturan *range settings* dilakukan, maka akan muncul menu untuk menyimpan *file* beserta dengan pilihan jenis *file*. Pilih *file* dengan format CUBIC *file* (.Cubic). Menu format *file* diperlihatkan pada Gambar 4.31

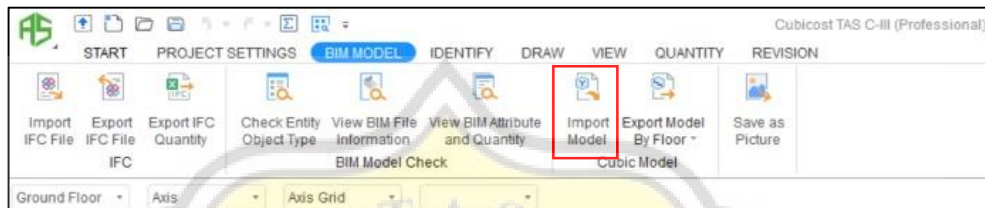


Gambar 4.31 Menu Format *File*



4. Import file

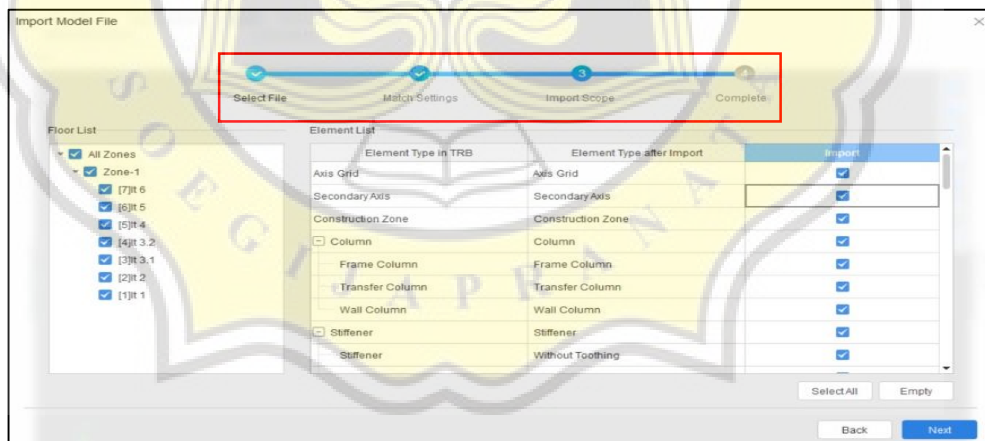
Untuk memulai Cubicost TAS C-III, terlebih dahulu *login* seperti yang dilakukan pada Cubicost TRB C-III. Pada saat telah masuk pada *interface* awal, klik pada *tab BIM model* dan pilih menu *import model*. Menu *import file* diperlihatkan pada Gambar 4.32.



Gambar 4.32 Menu *Import File*

5. Pengaturan *import file*

File yang sudah dipilih kemudian akan memunculkan beberapa pengaturan. *Match settings* adalah pengaturan untuk memilih zona yang akan dikerjakan. *Import scope* adalah pengaturan untuk memilih elemen yang akan digunakan pada Cubicost TAS C-III. Menu pengaturan *import file* diperlihatkan pada Gambar 4.33.



Gambar 4.33 Menu Pengaturan *Import File*

6. Rekapitulasi volume beton dan bekisting

File yang telah berhasil melalui proses *import* dapat langsung diperiksa setiap elemen struktur yang dibuat sebelumnya. Kemudian klik pada menu *calculate* untuk menghitung elemen struktur. Hasil pemodelan Cubicost TAS C-III diperlihatkan pada Lampiran L-74 dan L-95.



Hasil rekapitulasi volume dan bekisting kolom Proyek A diperlihatkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Kolom Proyek A

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 1	Kolom	98,353	557,935
Lantai 2	Kolom	114,604	666,319
Lantai 3.1	Kolom	30,176	174,850
Lantai 3.2	Kolom	55,949	328,455
Lantai 4	Kolom	70,941	410,143
Lantai 5	Kolom	26,184	343,680
Total		396,207	2.481,382

Hasil rekapitulasi volume dan bekisting balok Proyek A diperlihatkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Balok Proyek A

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 2	Balok	261,768	1.740,179
Lantai 3.1	Balok	390,507	2.375,571
Lantai 3.2	Balok	89,758	548,931
Lantai 4	Balok	197,408	1.306,329
Lantai 5	Balok	425,435	2.570,634
Lantai 6	Balok	90,469	871,643
Total		1.455,345	9.413,287

Hasil rekapitulasi volume dan bekisting pelat Proyek A diperlihatkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5. Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Pelat Proyek A

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 2	Pelat	167,801	1.265,780
Lantai 3.1	Pelat	188,928	1.471,674
Lantai 3.2	Pelat	49,453	411,196
Lantai 4	Pelat	87,678	729,868
Lantai 5	Pelat	237,616	1.869,949
Lantai 6	Pelat	93,368	777,934
Total		824,844	6.526,401

Hasil rekapitulasi volume dan bekisting kolom Proyek B diperlihatkan pada Tabel 4.6.



Tabel 4.6. Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Kolom Proyek B

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 1	Kolom	66,173	438,326
Lantai 2	Kolom	48,445	306,419
Lantai 3	Kolom	48,445	306,419
Lantai 4	Kolom	48,445	306,419
Lantai 5	Kolom	48,445	306,419
Lantai 6	Kolom	48,445	306,419
Lantai atap	Kolom	11,015	81,383
Lantai lift	Kolom	0,929	12,384
Total		320,342	2.064,188

Hasil rekapitulasi volume dan bekisting balok Proyek B diperlihatkan pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7. Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Balok Proyek B

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 2	Balok	198,390	1.656,062
Lantai 3	Balok	154,722	1.322,841
Lantai 4	Balok	154,727	1.322,821
Lantai 5	Balok	154,722	1.322,841
Lantai 6	Balok	154,722	1.322,841
Lantai atap	Balok	133,044	1.147,774
Lantai lift	Balok	34,708	342,688
Lantai atap lift	Balok	2,429	34,393
Total		987,464	8.472,261

Hasil rekapitulasi volume dan bekisting pelat Proyek B diperlihatkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8. Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Pelat Proyek B

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 2	Pelat	160,492	1.066,739
Lantai 3	Pelat	132,601	881,230
Lantai 4	Pelat	132,954	883,630
Lantai 5	Pelat	132,601	881,230
Lantai 6	Pelat	132,601	881,230
Lantai atap	Pelat	113,835	757,077
Lantai lift	Pelat	27,804	231,459
Lantai atap lift	Pelat	1,424	11,864
Total		834,312	5.594,459



4.4 Pemodelan Cubicost TBQ C-III

Perhitungan volume yang sudah dimodelkan pada Cubicost TRB C-III dan Cubicost TAS C-III kemudian dihubungkan dengan Cubicost TBQ C-III untuk memperoleh perhitungan estimasi biaya. Tahapan pemodelan menggunakan Cubicost TBQ C-III dijabarkan sebagai berikut:

1. *Login* program

Buka aplikasi Cubicost TBQ C-III, kemudian akan muncul tampilan awal yang mengharuskan mengisi akun dan *password*. Pada aplikasi ini diharuskan untuk mengatur konfigurasi server dan *IP address*. Tampilan awal Cubicost TBQ C-III diperlihatkan pada Gambar 4.34.

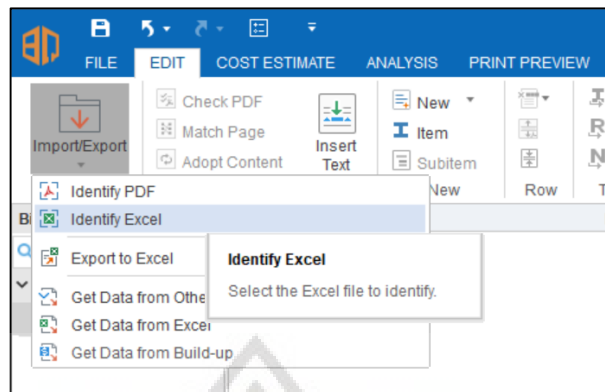


Gambar 4.34 Menu *Login* Program Cubicost TBQ C-III

2. *Import* data

Setelah berhasil masuk, program akan menampilkan tampilan utama yang berisi *tab* dan menu yang dapat digunakan untuk pemodelan. Pembuatan *bill of quantity* dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satu cara yang digunakan dalam pemodelan ini adalah *import* data dari Microsoft Excel. Tahapan *import* data dapat dilakukan dengan cara yaitu:

- a. Pada *tab edit*, klik pada menu *import/export*.
- b. Pilih *identify excel*. Pada pemodelan ini, *import* data yang dipilih dari Microsoft Excel. Tampilan tahapan *import* data diperlihatkan pada Gambar 4.35.

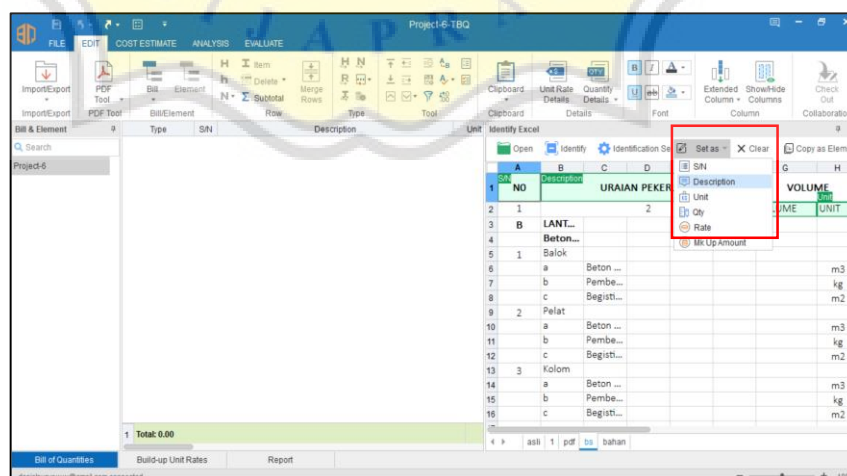


Gambar 4.35 Tampilan Tahapan *Import Data*

3. Pengaturan tabel

File excel yang dipilih akan muncul pada bagian kanan tampilan Cubicost TBQ C-III untuk diidentifikasi. Pengaturan tabel ini berfungsi untuk membuat TBQ memasukan tabel sesuai kolom yang sudah ditentukan. Pengaturan tabel disesuaikan dengan format Cubicost TBQ C-III. Pengaturan tabel dapat dilakukan dengan cara yaitu:

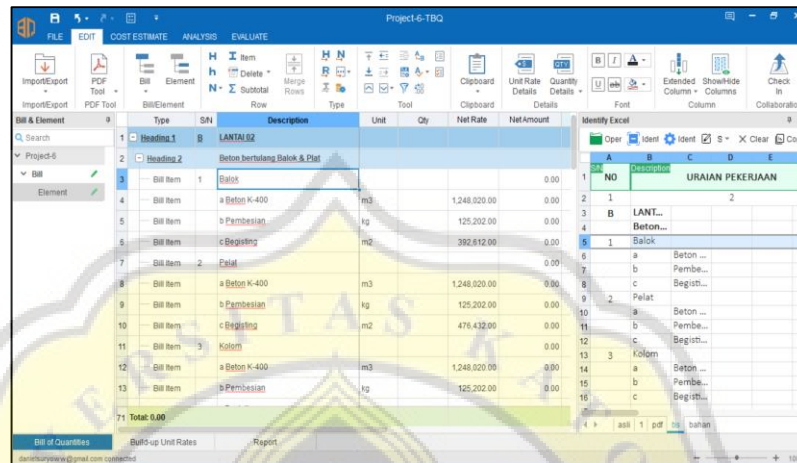
- Klik pada kepala tabel dari data excel yang akan diatur. Klik pada menu *set as*, pilih diantara *S/N* sampai *mark up amount*.
- Kepala tabel yang sudah dipilih akan berubah warna menjadi hijau.
- Apabila terjadi kesalahan pada pengaturan kepala tabel, klik pada menu *clear* dan ulangi langkah dari awal. Tampilan tahapan pengaturan tabel diperlihatkan pada Gambar 4.36



Gambar 4.36 Tampilan Tahapan Pengaturan Tabel



- d. Setelah pengaturan kepala tabel selesai, klik *identify*. Cubicost TBQ C-III akan memproses dan hasilnya akan tersedia pada bagian kiri layar. Tampilan sesudah proses *identify* tabel diperlihatkan pada Gambar 4.37.



Gambar 4.37 Tampilan Sesudah Proses *Identify* Tabel

4. Menghubungkan Cubicost TRB C-III dan TBQ C-III

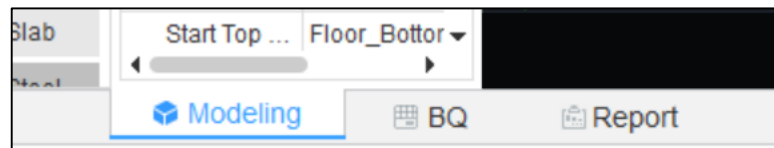
Volume pembesian yang sudah dimodelkan pada Cubicost TRB C-III dapat berintegrasi dengan Cubicost TBQ C-III untuk kebutuhan estimasi biaya. Proses integrasi tersebut dapat dilakukan dengan cara yaitu:

- a. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah klik menu *check in* yang ada pada bagian kanan atas TBQ C-III. Menu ini berfungsi supaya file TBQ C-III dapat terhubung dengan TRB C-III. Menu akan berubah menjadi *check out* sebagai indikator bahwa proses telah dilakukan. Tampilan *check in* dan *check out* diperlihatkan pada Gambar 4.38.



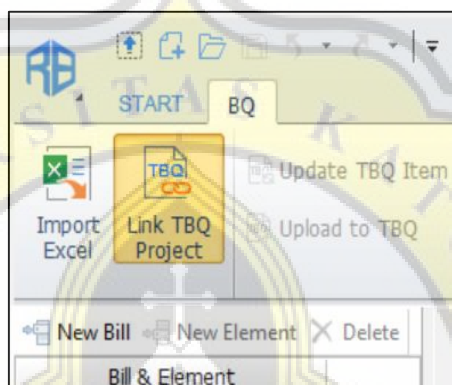
Gambar 4.38 Tampilan *Check In* dan *Check Out*

- b. Selanjutnya, masuk ke program Cubicost C-III dan buka file pemodelan. Pada bagian kiri bawah, klik menu BQ untuk memindahkan tampilan ke modul BQ. Menu BQ pada Cubicost TRB C-III diperlihatkan pada Gambar 4.39.



Gambar 4.39 Menu BQ pada Cubicost TRB C-III

- c. Pada modul BQ, untuk menghubungkan pemodelan TRB C-III dengan TBQ C-III klik menu *link TBQ project* yang tersedia pada bagian kiri atas. Tampilan menu *link TBQ project* diperlihatkan pada Gambar 4.40.



Gambar 4.40 Tampilan Menu *Link TBQ Project*

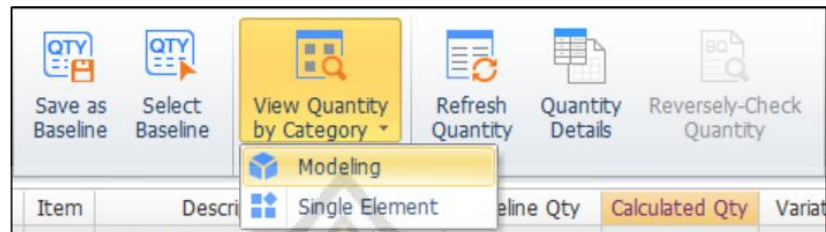
- d. Pilih *file* dari TBQ C-III yang akan dihubungkan, klik dua kali pada *file* tersebut dan *file* akan otomatis terhubung pada TRB C-III. Tampilan sesudah *file* terhubung diperlihatkan pada Gambar 4.41.

Type	Item	Description	Unit	Baseline Qty	Calculated Qty	Variation Qty	Rate	Amount	Remarks
1	Heading	LANTAI 02						0	
2	Heading	Beton bertulang Balok &						0	
3	Item	Balok	m3	0	(0)	0	0	0	
4	Item	a Beton K-400	m3	0	(0)	0	1248020	0	
5	Item	b Pembesian	kg	0	(0)	0	125202	0	
6	Item	c Begisting	m2	0	(0)	0	392612	0	
7	Item	Pelat	m2	0	(0)	0	0	0	
8	Item	a Beton K-400	m3	0	(0)	0	1248020	0	
9	Item	b Pembesian	kg	0	(0)	0	125202	0	
10	Item	c Begisting	m2	0	(0)	0	476432	0	
11	Item	Kolom	m3	0	(0)	0	0	0	
12	Item	a Beton K-400	m3	0	(0)	0	1248020	0	
13	Item	b Pembesian	kg	0	(0)	0	125202	0	
14	Item	c Begisting	m2	0	(0)	0	370832	0	
15	Heading	LANTAI 03						0	
16	Heading	Beton bertulang Balok &						0	
17	Item	Balok	m3	0	(0)	0	0	0	
18	Item	a Beton K-400	m3	0	(0)	0	1248020	0	
19	Item	b Pembesian	kg	0	(0)	0	125202	0	
20	Item	c Begisting	m2	0	(0)	0	392612	0	
21	Item	Balok	m3	0	(0)	0	0	0	

Gambar 4.41 Tampilan Sesudah *File* Terhubung



- e. Masukkan volume pembesian dari pemodelan TRB C-III melalui menu *view quantity by category*, pilih opsi *modeling*. Tampilan menu *view quantity by category* diperlihatkan pada Gambar 4.42.



Gambar 4.42 Tampilan Menu *View Quantity by Category*

- f. Klasifikasi volume pembesian pada setiap elemen akan muncul sebagai tabel terpisah. Pilih kotak tabel volume yang akan dihubungkan, kemudian klik dua kali pada tabel klasifikasi volume pembesian yang akan dimasukkan. Aktifkan indikator volume terhubung dengan menu *show association status*. Proses penghubungan volume diperlihatkan pada Gambar 4.43.

Type	Item	Description	Unit	Baseline Qty	Calculated Qty	Variation Qty	Rate	Amount	Remarks
1	Heading	LANTAI 02						6625537093.5	
2	Heading	Beton bertulang Balok &						6625537093.5	
3	Item	Balok		0	(0)	0		0	
4	Item	a Beton K-400	m3	0	(0)		1248020	0	
5	Item	b Pembesian	kg	0	52918.78	52918.78	125202	6625537093.5	
6	Item	c Begisting	m2	0	(0)	0	392612	0	

	22	25	26	29	Summary (kg)
1	0	23669.57	185.593		52918.78
2	0	30483.645	0	652.403	69149.505
3	0	4014.219	0	0	13182.543
4	0	8532.549	0	0	32191.6
5	0	24058.845	0	0	70373.289
6	0	0	0	0	12872.036

Gambar 4.43 Proses Penghubungan Volume

- g. Periksa volume yang sudah masuk melalui menu *quantity details*. Menu ini akan memunculkan tabel yang berisi deskripsi, *quantity* dan faktor. Seperti contoh dibawah, terdapat deskripsi yang menyebutkan bahwa data tersebut merupakan data pembesian dari balok, lantai 2, dan mutu tulangan. Tampilan menu *quantity details* diperlihatkan pada Gambar 4.44.



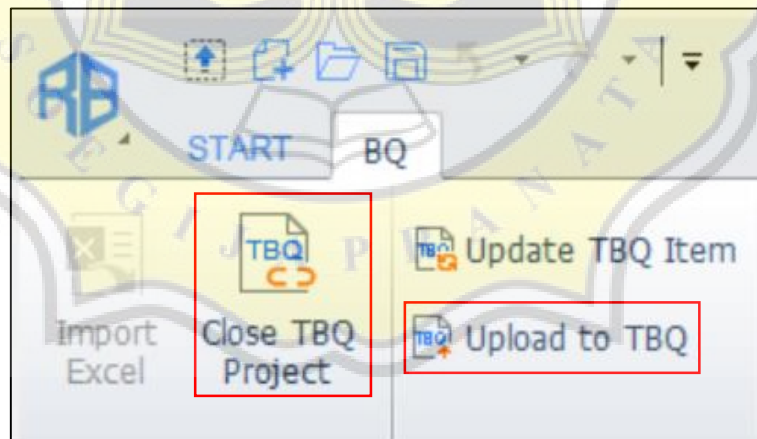
Tugas Akhir
Efisiensi Penggunaan 5D-BIM Terhadap Volume Material Dan Estimasi Biaya
Pada Proyek Konstruksi

Type	Item	Description	Unit	Baseline Qty	Calculated Qty	Variation Qty	Rate	Amount	Remarks
1	Heading	LANTAI 02						6625537093.5	
2	Heading	Beton bertulang Balok &						6625537093.5	
3	Item	Balok		0	(0)	0	0	0	
4	Item	a Beton K-400	m3	0	(0)	0	1248020	0	
5	Item	b Pembesian	kg	0	52918.78	52918.78	125202	6625537093.5	
6	Item	c Begisting	m2	0	(0)	0	392612	0	
7	Item	Pelat		0	(0)	0	0	0	
8	Item	a Beton K-400	m3	0	(0)	0	1248020	0	
9	Item	b Pembesian	kg	0	(0)	0	125202	0	
10	Item	c Begisting	m2	0	(0)	0	476432	0	

Description	Quantity	Factor
1 Element Type[Beam];Floor[12];Rebar Type[B1TD-40];Summary(kg)	52918.78	1.000
2		

Gambar 4.44 Tampilan Menu *Quantity Details*

- h. Setelah semua volume pembesian telah terhubung satu sama lain pada TRB C-III, data yang terdapat pada TBQ C-III harus diperbaharui. Klik pada menu *upload to TBQ*. Selanjutnya, hentikan koneksi TRB C-III dan TBQ C-III dengan cara klik pada menu *close TBQ project*. Tampilan menu *upload to TBQ* dan *close TBQ project* diperlihatkan pada Gambar 4.45.



Gambar 4.45 Tampilan Menu *Upload to TBQ* dan *Close TBQ Project*

- i. Pada pemodelan TBQ C-III, volume dari TRB C-III yang sudah terintegrasi akan terlihat indikator berwarna biru bertuliskan “TRB”. Indikator tersebut muncul secara otomatis. Tampilan volume yang sudah terintegrasi diperlihatkan pada Gambar 4.46.



Bill & Element	Type	SN	Description	Unit	Qty	Net Rate	NetAmount
1	Heading 1	B	LANTAI 02				
2	Heading 2		Beton bertulang Balok & Plat				
3	Bill Item	1	Balok				0.00
4	Bill Item	a	Beton K-400	m3		1,248,020.00	0.00
5	Bill Item	b	Pembesian	kg	52,919	125,202.00	6,625,564,638.00

Gambar 4.46 Tampilan Volume yang Sudah Terintegrasi

- j. Periksa volume yang sudah masuk pada Cubicost TBQ C-III, caranya adalah dengan klik pada menu *quantity details* pada *tab edit*. Menu ini akan menampilkan individu yang melakukan perubahan, tanggal jam perubahan dilakukan dan nama *project* berasal. Tampilan menu *quantity details* pada TBQ C-III diperlihatkan pada Gambar 4.47.

Quantity Expression: TRBQTY	Uploaded By	Date Uploaded	Project	Qty
	danielsuryoww@gmail.com	Dec 26, 2021 13:03:32	bs 2	52918.780

Gambar 4.47 Tampilan Menu *Quantity Details* pada TBQ C-III

- k. Setelah semua data diperiksa, hasil dari perhitungan Cubicost TBQ C-III diperlihatkan pada Lampiran L-102 dan L-110.



4.5 Perhitungan Volume Konvensional

Perhitungan volume material metode konvensional didapatkan dari RAB proyek dan perhitungan manual dengan bantuan aplikasi Microsoft Excel. Perhitungan dilakukan berdasarkan gambar kerja yang sudah didapatkan. Volume material yang dihitung yaitu beton, bekisting dan baja tulangan pada elemen struktur kolom, balok dan pelat lantai. Hasil rekapitulasi volume beton dan bekisting kolom metode konvensional Proyek A diperlihatkan pada Tabel 4.9.

Tabel 4.9 Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Kolom Metode Konvensional Proyek A

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 1	Kolom	98,358	557,960
Lantai 2	Kolom	114,609	666,343
Lantai 3.1	Kolom	30,177	174,857
Lantai 3.2	Kolom	55,952	328,467
Lantai 4	Kolom	70,944	410,160
Lantai 5	Kolom	26,184	343,680
Total		396,224	2.481,467

Hasil rekapitulasi volume beton dan bekisting balok metode konvensional Proyek A diperlihatkan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Balok Metode Konvensional Proyek A

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 2	Balok	262,787	1.781,3159
Lantai 3.1	Balok	386,531	2.387,1808
Lantai 3.2	Balok	84,890	540,125
Lantai 4	Balok	194,639	1.276,6239
Lantai 5	Balok	444,074	2.673,9488
Lantai 6	Balok	90,493	880,63885
Total		1.463,413	9.539,833

Hasil rekapitulasi volume beton dan bekisting pelat metode konvensional Proyek A diperlihatkan pada Tabel 4.11.



Tabel 4.11 Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Pelat Metode Konvensional Proyek A

Floor	Element Name	Quantity Name	
		Volume (m ³)	Area (m ²)
Lantai 2	Pelat	167,634	1.266,008
Lantai 3.1	Pelat	190,037	1.480,160
Lantai 3.2	Pelat	49,016	408,466
Lantai 4	Pelat	93,981	783,174
Lantai 5	Pelat	237,467	1.870,350
Lantai 6	Pelat	91,565	763,045
Total		829,700	6.571,204

Hasil rekapitulasi volume baja tulangan metode konvensional Proyek A diperlihatkan pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Rekapitulasi Volume Baja Tulangan Metode Konvensional Proyek A

Floor	Element Name	Volume (kg)	Floor	Element Name	Volume (kg)	Floor	Element Name	Volume (kg)
Lantai 1	Kolom	23.654,113	Lantai 2	Balok	46.397,357	Lantai 2	Pelat	21.236,189
Lantai 2	Kolom	25.665,556	Lantai 3.1	Balok	59.850,015	Lantai 3.1	Pelat	29.517,442
Lantai 3.1	Kolom	6.657,192	Lantai 3.2	Balok	11.453,272	Lantai 3.2	Pelat	6.140,378
Lantai 3.2	Kolom	12.298,163	Lantai 4	Balok	28.748,762	Lantai 4	Pelat	11.091,471
Lantai 4	Kolom	15.428,166	Lantai 5	Balok	65.791,771	Lantai 5	Pelat	31.985,225
Lantai 5	Kolom	5.484,996	Lantai 6	Balok	11.681,035	Lantai 6	Pelat	11.142,194
Total		89.188,186	Total		223.922,212	Total		111.112,899

Hasil rekapitulasi volume beton dan bekisting kolom metode konvensional Proyek B diperlihatkan pada Tabel 4.13.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Kolom Metode Konvensional Proyek B

Floor	Element Name	Quantity Name	
		Volume (m ³)	Area (m ²)
Lantai 1	Kolom	68,030	443,350
Lantai 2	Kolom	48,030	304,050
Lantai 3	Kolom	48,030	304,050
Lantai 4	Kolom	48,030	304,050
Lantai 5	Kolom	48,030	304,050
Lantai 6	Kolom	48,030	304,050
Lantai Atap	Kolom	11,450	84,570
Lantai Lift	Kolom	0,97	12,96
Total		320,600	2.061,130



Hasil rekapitulasi volume beton dan bekisting balok metode konvensional Proyek B diperlihatkan pada Tabel 4.14.

Tabel 4.14 Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Balok Metode Konvensional Proyek B

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume (m³)</i>	<i>Area (m²)</i>
Lantai 2	Balok	202,870	1.629,550
Lantai 3	Balok	159,090	1.324,020
Lantai 4	Balok	159,090	1.324,020
Lantai 5	Balok	159,090	1.324,020
Lantai 6	Balok	159,090	1.324,020
Lantai Atap	Balok	135,560	1.152,500
Lantai Lift	Balok	31,480	344,720
Lantai Atap Lift	Balok	2,400	36,670
Total		1.008,670	8.459,520

Hasil rekapitulasi volume beton dan bekisting pelat metode konvensional Proyek B diperlihatkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15 Rekapitulasi Volume Beton dan Bekisting Pelat Metode Konvensional Proyek B

<i>Floor</i>	<i>Element Name</i>	<i>Quantity Name</i>	
		<i>Volume(m³)</i>	<i>Area(m²)</i>
Lantai 2	Pelat	161,970	1.241,810
Lantai 3	Pelat	132,390	1.014,960
Lantai 4	Pelat	132,39	1.014,96
Lantai 5	Pelat	132,39	1.014,96
Lantai 6	Pelat	132,39	1.014,96
Lantai Atap	Pelat	112,07	859,19
Lantai Lift	Pelat	28,61	266,99
Lantai Atap Lift	Pelat	1,4	13,1
Total		833,61	6.440,93

Hasil rekapitulasi volume baja tulangan metode konvensional Proyek B diperlihatkan pada Tabel 4.16.



Tabel 4.16 Rekapitulasi Volume Baja Tulangan Metode Konvensional Proyek B

Floor	Element Name	Volume (kg)	Floor	Element Name	Volume (kg)	Floor	Element Name	Volume (kg)
Lantai 1	Kolom	19.120,61	Lantai 2	Balok	42.021,55	Lantai 2	Pelat	13.516,54
Lantai 2	Kolom	10.654,73	Lantai 3	Balok	32.885,60	Lantai 3	Pelat	10.964,93
Lantai 3	Kolom	10.654,73	Lantai 4	Balok	32.885,60	Lantai 4	Pelat	10.964,93
Lantai 4	Kolom	10.654,73	Lantai 5	Balok	32.885,60	Lantai 5	Pelat	10.964,93
Lantai 5	Kolom	10.654,73	Lantai 6	Balok	32.885,60	Lantai 6	Pelat	10.964,93
Lantai 6	Kolom	10.654,73	Lantai atap	Balok	28.141,51	Lantai atap	Pelat	9.291,21
Lantai atap	Kolom	2.550,53	Lantai lift	Balok	6.573,37	Lantai lift	Pelat	2.176,28
Lantai lift	Kolom	308,45	Lantai atap lift	Balok	475,49	Lantai atap lift	Pelat	134,72
Total		75.253,240	Total		208.754,320	Total		68.978,470

4.6 Perbandingan Volume dan Biaya

Berdasarkan pemodelan 5D-BIM menggunakan Cubicost TRB C-III, Cubicost TAS C-III dan Cubicost TBQ C-III serta perhitungan konvensional dengan bantuan aplikasi Microsoft Excel didapatkan hasil berupa total volume material dan total biaya. Rekapitulasi dan selisih volume beton dari kedua metode pada Proyek A diperlihatkan pada Tabel 4.17.

Tabel 4.17 Rekapitulasi dan Selisih Volume Beton Proyek A

Elemen	BIM (m ³)	Konvensional (m ³)	Selisih (%)
Kolom	396,207	396,224	0,004
Balok	1.455,345	1.463,414	0,554
Pelat	824,844	829,700	0,589

Rekapitulasi dan selisih volume bekisting dari kedua metode pada Proyek A tersebut diperlihatkan pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18 Rekapitulasi dan Selisih Volume Bekisting Proyek A

Elemen	BIM (m ²)	Konvensional (m ²)	Selisih (%)
Kolom	2.481,382	2.481,467	0,003
Balok	9.413,287	9.539,833	1,344
Pelat	6.526,401	6.571,204	0,686

Rekapitulasi dan selisih volume baja tulangan dari kedua metode tersebut pada Proyek A diperlihatkan pada Tabel 4.19.

Tabel 4.19 Rekapitulasi dan Selisih Volume Baja Tulangan Proyek A

Elemen	BIM (ton)	Konvensional (ton)	Selisih (%)
Kolom	89,589	89,188	-0,447
Balok	219,551	223,922	1,991
Pelat	107,969	111,113	2,912



Rekapitulasi dan selisih volume beton dari kedua metode pada Proyek B diperlihatkan pada Tabel 4.20.

Tabel 4.20 Rekapitulasi dan Selisih Volume Beton Proyek B

Elemen	BIM (m ³)	Konvensional (m ³)	Selisih (%)
Kolom	320,342	320,600	0,081
Balok	987,464	1.008,670	2,148
Pelat	834,312	833,610	-0,084

Rekapitulasi dan selisih volume bekisting dari kedua metode pada Proyek B tersebut diperlihatkan pada Tabel 4.21.

Tabel 4.21 Rekapitulasi dan Selisih Volume Bekisting Proyek B

Elemen	BIM (m ²)	Konvensional (m ²)	Selisih (%)
Kolom	2.064,188	2.061,130	-0,148
Balok	8.472,261	8.459,520	-0,150
Pelat	5.594,459	6.440,930	15,131

Rekapitulasi dan selisih volume baja tulangan dari kedua metode tersebut pada Proyek B diperlihatkan pada Tabel 4.22.

Tabel 4.22 Rekapitulasi dan Selisih Volume Baja Tulangan Proyek B

Elemen	BIM (ton)	Konvensional (ton)	Selisih (%)
Kolom	73,139	73,856	0,980
Balok	206,858	208,691	0,886
Pelat	93,219	68,978	-26,004

Rekapitulasi dan selisih total biaya beton dari kedua metode pada Proyek A diperlihatkan pada Tabel 4.23.

Tabel 4.23 Rekapitulasi dan Selisih Total Biaya Beton Proyek A

Elemen	BIM (Rp)	Konvensional (Rp)	Selisih (%)
Kolom	Rp494.474.260	Rp494.495.476	0,004
Balok	Rp1.816.299.667	Rp1.826.369.940	0,554
Pelat	Rp1.029.421.809	Rp1.035.482.194	0,589

Rekapitulasi dan selisih total biaya bekisting dari kedua metode pada Proyek A tersebut diperlihatkan pada Tabel 4.24.

Tabel 4.24 Rekapitulasi dan Selisih Total Biaya Bekisting Proyek A

Elemen	BIM (Rp)	Konvensional (Rp)	Selisih (%)
Kolom	Rp920.175.850	Rp920.207.371	0,003
Balok	Rp3.695.769.436	Rp3.745.452.914	1,344
Pelat	Rp3.109.386.281	Rp3.130.731.669	0,686



Rekapitulasi dan selisih total biaya baja tulangan dari kedua metode tersebut pada Proyek A diperlihatkan pada Tabel 4.25.

Tabel 4.25 Rekapitulasi dan Selisih Total Biaya Baja Tulangan Proyek A

Elemen	BIM (Rp)	Konvensional (Rp)	Selisih (%)
Kolom	Rp1.121.668.955	Rp1.116.653.926	-0,447
Balok	Rp2.748.828.377	Rp2.803.550.878	1,991
Pelat	Rp1.351.794.826	Rp1.391.155.718	2,912

Rekapitulasi dan selisih total biaya beton dari kedua metode pada Proyek B diperlihatkan pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26 Rekapitulasi dan Selisih Total Biaya Beton Proyek B

Elemen	BIM (Rp)	Konvensional (Rp)	Selisih (%)
Kolom	Rp368.202.056	Rp368.498.602	0,081
Balok	Rp1.134.994.084	Rp1.159.368.324	2,148
Pelat	Rp958.960.716	Rp958.153.835	-0,084

Rekapitulasi dan selisih total biaya bekisting dari kedua metode pada Proyek B tersebut diperlihatkan pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27 Rekapitulasi dan Selisih Total Biaya Bekisting Proyek B

Elemen	BIM (Rp)	Konvensional (Rp)	Selisih (%)
Kolom	Rp765.466.964	Rp764.332.960	-0,148
Balok	Rp3.326.311.336	Rp3.321.309.066	-0,150
Pelat	Rp2.665.379.290	Rp3.068.665.162	15,131

Rekapitulasi dan selisih total biaya baja tulangan dari kedua metode tersebut pada Proyek B diperlihatkan pada Tabel 4.28.

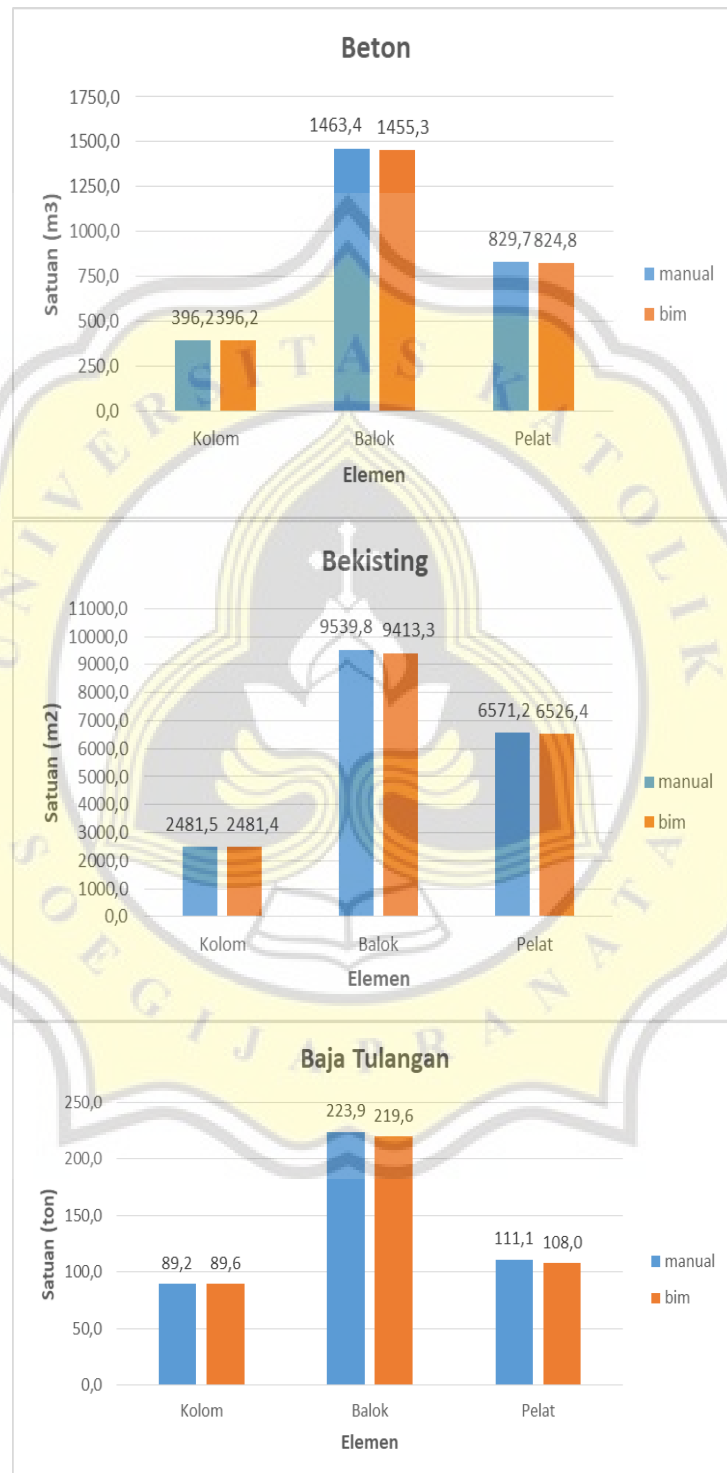
Tabel 4.28 Rekapitulasi dan Selisih Total Biaya Baja Tulangan Proyek B

Elemen	BIM (Rp)	Konvensional (Rp)	Selisih (%)
Kolom	Rp915.716.573	Rp924.691.891	0,980
Balok	Rp2.589.909.091	Rp2.612.853.058	0,886
Pelat	Rp1.167.115.503	Rp863.618.356	-26,004

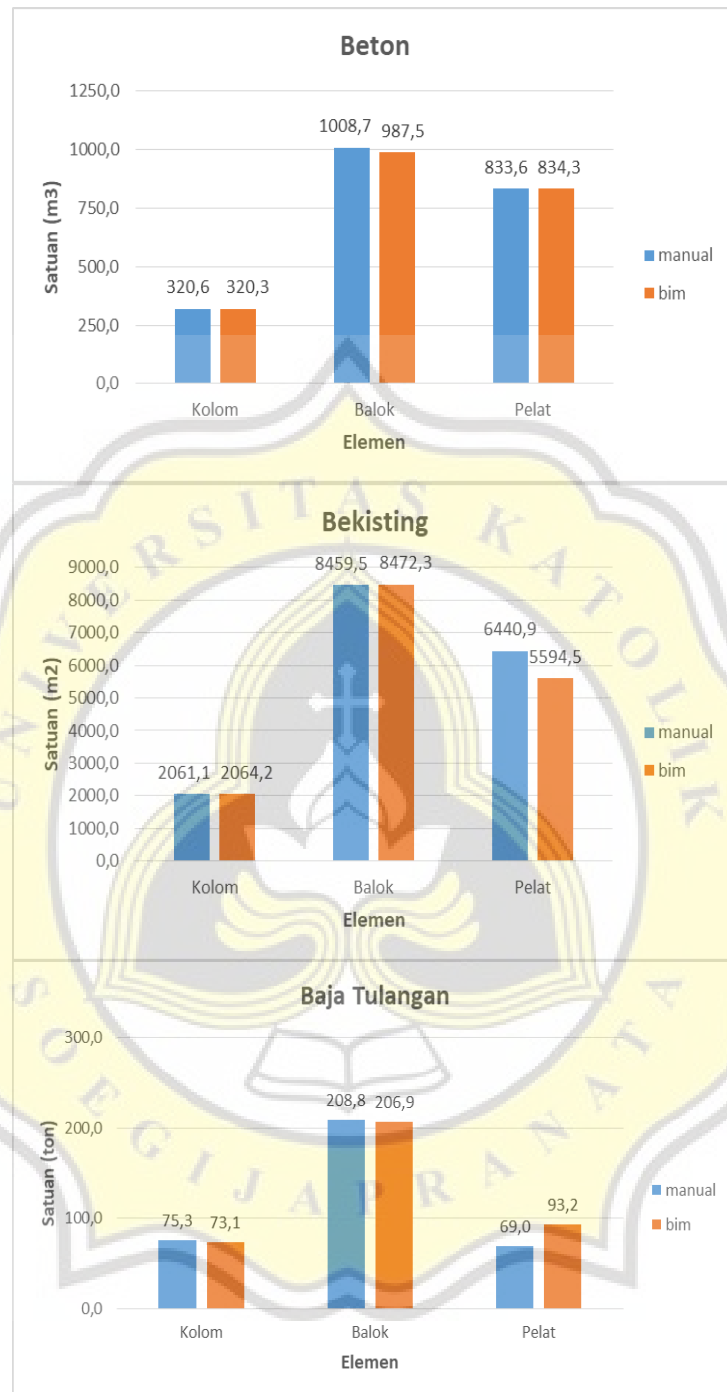
Jumlah kebutuhan material yang didapatkan dari kedua metode di atas memiliki selisih yang beragam. Pada proyek A, selisih volume beton rata-rata sebesar 0,382%. Selisih volume bekisting rata-rata sebesar 0,678%. Selisih volume baja tulangan rata-rata sebesar 1,485%. Pada proyek B, selisih volume beton rata-rata sebesar 0,715%. Selisih volume bekisting rata-rata sebesar 4,944%. Selisih volume



baja tulangan rata-rata sebesar -8,046%. Selisih volume material Proyek A dan Proyek B diperlihatkan pada Gambar 4.48 dan Gambar 4.49.



Gambar 4.48 Grafik Selisih Volume Material Proyek A



Gambar 4.49 Grafik Selisih Volume Material Proyek B

Selisih volume material dan biaya antara metode 5D-BIM dengan metode konvensional tidak signifikan. Selisih yang didapatkan berkisar antara 0-3% dan hanya 2 elemen yaitu pada bekisting pelat lantai Proyek B dan baja tulangan pelat lantai Proyek B yang memiliki selisih sangat besar. Berdasarkan hal tersebut,



efisiensi penggunaan 5D-BIM pada aspek volume dan biaya material dapat dikatakan rendah karena selisih kurang dari 3%.

Faktor-faktor yang dapat menyebabkan selisih antara kedua metode tersebut antara lain:

1. Pendekatan perhitungan

Cubicost TAS C-III dapat melakukan pengurangan pada elemen yang berpotongan atau bersinggungan. Pengaturan tersebut dapat dilakukan dengan cara:

- Klik pada *tab quantity*, kemudian pilih elemen atau model *entity* contoh: balok.
- Klik menu *view expression*. Periksa pada kolom hijau yang muncul keterangan mengenai pengurangan volume. Tampilan sebelum volume *deduction* diperlihatkan pada Gambar 4.50.

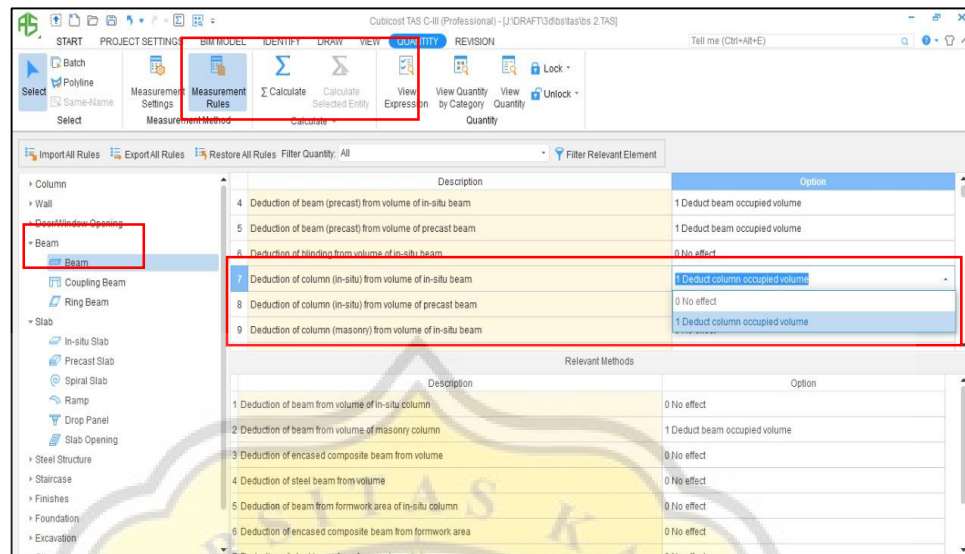
Quantity Name	Quantity Expression	Quantity	Unit
1 Volume	$0.400 \times \text{Width} \times 1.000 \times \text{Height} \times 3.500 \times \text{Length of centerline}$	1.400	m ³
2 Area of formwork	$3.300 \times \text{Original area of formwork to left side} + 1.400 \times \text{Original area of formwork to right side} + 1.400 \times \text{Original area of formwork to soffit of beam} - 1.440 \times \text{Deduct column} - 0.696 \times \text{Deduct in-situ slab}$	6.264	m ²
3 Area of formwork to side of beam	$3.300 \times \text{Original area of formwork to left side} + 3.700 \times \text{Original area of formwork to right side} - 1.200 \times \text{Deduct column} - 0.696 \times \text{Deduct in-situ slab}$	5.104	m ²
4 Area of formwork to soffit of beam	$1.400 \times \text{Original area of formwork to soffit of beam} - 0.240 \times \text{Deduct column}$	1.160	m ²
5 Girth of section	$(0.400 \times \text{Width} + 1.000 \times \text{Height}) \times 2$	2.800	m
6 Net length	$3.500 \times \text{Length of beam} - 0.600 \times \text{Deduct column}$	2.900	m
7 Weight of rebar	$1.400 \times \text{Volume} \times 150.000 \times \text{Steel ratio}$	210.000	kg

Gambar 4.50 Tampilan Sebelum Volume Deduction

- Pengaturan *deduction* dapat dilakukan melalui menu *measurement rules* yang terdapat pada *tab quantity*. Kemudian klik pada elemen balok, dan lakukan pengaturan *deduction* pada kolom dan pelat. Tampilan menu *measurement rules* diperlihatkan pada Gambar 4.51



Tugas Akhir Efisiensi Penggunaan 5D-BIM Terhadap Volume Material Dan Estimasi Biaya Pada Proyek Konstruksi



Gambar 4.51 Menu Measurement Rules

d. Setelah itu, untuk memeriksa perubahan volume akibat dari pengaturan *deduction* dapat melihat dari menu *view expression*. Tampilan sesudah volume *deduction* diperlihatkan pada Gambar 4.52.



Gambar 4.52 Tampilan Sesudah Volume Deduction

Volume beton balok sebelum pengaturan adalah $1,4 \text{ m}^3$ dan setelah pengaturan volume *deduction* menjadi $1,021 \text{ m}^3$. Volume tersebut berkurang karena pengaturan yang menjadikan volume balok secara otomatis dikurangi dengan volume kolom dan pelat lantai yang berpotongan dengan balok.



Pada Proyek A, selisih volume untuk kedua metode cenderung tidak besar. Hal itu disebabkan perhitungan manual dan perhitungan dengan Cubicost dilakukan dengan pendekatan yang sama. Pada Proyek B, hasil perhitungan bekisting pelat lantai menggunakan Cubicost dan konvensional memiliki selisih 15,13%. Hal itu disebabkan perhitungan Cubicost menggunakan *deduction* terhadap balok dan kolom. *Deduction* adalah pengurangan dalam perhitungan kebutuhan material akibat adanya perpotongan antar elemen. Apabila perhitungan Cubicost tanpa *deduction*, maka selisih dengan metode konvensional didapatkan sebesar -0,507%.

Penelitian yang dilakukan dengan aplikasi BIM lain yaitu Revit oleh Laorent, dkk., (2019) menyatakan bahwa perhitungan volume beton menggunakan BIM dengan *software* Revit memiliki hasil yang akurat pada elemen struktur kolom dan balok, karena pada kolom dihitung dengan menggunakan bentang *elevation to elevation* dan pada balok dihitung menggunakan bentang bersih sisi dalam kolom. Tetapi untuk elemen struktur pelat, Revit langsung menghitung volume beton sesuai dengan pemodelan plat yang digambar, tanpa mengurangi volume balok dan kolom yang ada didalamnya.

Sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Laorent, dkk., (2019) bahwa perhitungan volume dengan BIM memiliki akurasi yang baik apabila dikerjakan dengan pendekatan perhitungan yang sama. Aplikasi BIM hanya sebagai alat bantu untuk estimator yang harus diikuti dengan pemahaman tentang dasar pendekatan perhitungan.

2. Perbedaan asumsi

Selisih volume terjadi disebabkan oleh perbedaan asumsi perhitungan. Hal itu diperlihatkan pada perhitungan Proyek B. Hasil dari perbandingan antara perhitungan konvensional dengan perhitungan menggunakan Cubicost pada material baja tulangan elemen pelat lantai memiliki selisih yang cukup besar. Pada perhitungan baja tulangan pelat lantai di atap *lift*, volume yang dihasilkan Cubicost sebesar 182,966 kg. Pada perhitungan baja tulangan pelat lantai di atap *lift*, volume perhitungan konvensional hanya sebesar 134,72 kg. Apabila



perhitungan manual secara mandiri dilakukan, volume baja tulangan pelat lantai di atap *lift* adalah sebesar 185,89 kg. Hasil tersebut mendekati hasil perhitungan menggunakan Cubicost. Berdasarkan hal tersebut, terdapat perbedaan asumsi yang tidak diketahui mengakibatkan selisih volume.

Pada penelitian yang dilakukan Anindya, dkk., (2020) Cubicost TRB memiliki beberapa keterbatasan antara lain yaitu jumlah tulangan pelat lantai yang menerus arah X dan Y tidak dapat disamakan. Pada penelitian ini, Cubicost TRB C-III merupakan versi terbaru yang mungkin sudah memperbaiki keterbatasan tersebut.

3. Integrasi pengolahan data

Pengolahan data perhitungan konvensional umumnya dikerjakan oleh beberapa orang. Proses perpindahan data pada metode konvensional ini sering kali menimbulkan perselisihan. Proses perhitungan yang melalui banyak individu dengan berbagai *device* (perangkat) yang berbeda-beda menimbulkan potensi adanya kesalahan atau *human error*.

Proses pengerjaan dengan menggunakan BIM dapat mengurangi potensi terjadinya *human error*. Kjartansdóttir, dkk., (2017), menyatakan bahwa salah satu manfaat yang ditawarkan oleh BIM adalah menjadi sumber informasi terpercaya yang dapat diakses selama siklus hidup konstruksi berlangsung. *Building information modeling* dapat mendukung proses pengolahan data yang terintegrasi. Setiap *stakeholder* dapat berpartisipasi penuh mulai dari *owner*, konsultan, MK sampai kontraktor.

Integrasi dari setiap *stakeholder* dari proses pemodelan *building information modeling* juga memiliki beberapa batasan atau kelemahan. *BIM maturity* pada setiap *stakeholder* berbeda-beda. Level pemahaman masing-masing individu menjadi kendala pada pemodelan BIM. Succar (2010), menyatakan bahwa pada *BIM competency sets*, salah satu bagian penting yaitu bagian proses. Bagian ini termasuk didalamnya struktur organisasi, sumber daya manusia dan produk/jasa. Seperti contoh pada proses kolaborasi diperlukan keterampilan dalam berbagi basis data.



Perbedaan level pemahaman ini juga dapat menimbulkan potensi terjadinya kesalahan atau *human error*. Proses pengerjaan dengan BIM juga harus diikuti dengan pemahaman yang baik untuk memaksimalkan efisiensi. Oleh karena itu, faktor *human error* masih menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi adanya selisih dalam perhitungan.

Seperti yang tertulis pada bab sebelumnya, Wyngaard, dkk., (2011) menyatakan bahwa tiga kunci dari variabel *triple constraint* manajemen proyek yang saling terhubung adalah *scope*, biaya dan waktu. Selain perhitungan volume material dan biaya, pada proses estimasi biaya menggunakan 5D-BIM juga didapatkan efisiensi waktu. Efisiensi waktu yang dimaksud adalah efisiensi waktu dalam proses pengerjaan estimasi biaya. Perbandingan tahapan pekerjaan estimasi dengan metode konvensional dan Cubicost diperlihatkan pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29 Perbandingan Tahapan Pekerjaan Estimasi Antara Metode Konvensional dan Cubicost

No	Metode Konvensional	No	Cubicost
1	Memeriksa kelengkapan gambar	1	Memeriksa kelengkapan gambar
2	Mempelajari gambar kerja dan standar detail setiap elemen	2	Mempelajari gambar kerja dan standar detail setiap elemen
3	Membuat template perhitungan tulangan untuk setiap elemen struktur (kolom, balok, pelat)	3	Import gambar (Cad) ke TRB dan sesuaikan ketentuan yang ada
4	Mengukur panjang dimensi setiap elemen struktur di Cad	4	Membuat grid axis di TRB dengan cara <i>auto-identify</i>
5	Memasukkan informasi panjang elemen ke dalam Ms. Excel	5	Membuat elemen struktur (kolom, balok, pelat) dengan pengaturan tulangan
6	Memasukkan informasi detail tulangan ke dalam Ms. Excel	6	Calculate, perhitungan tulangan selesai
7	Hitung berurutan sesuai lantai elevasi elemen struktur	7	Export hasil ke dalam bentuk Cubic. untuk dikerjakan di TAS
8	Membuat template perhitungan beton untuk setiap elemen struktur	8	Memeriksa dimensi dan calculation rule
9	Hitung berurutan sesuai lantai elevasi elemen struktur	9	Calculate, perhitungan beton dan bekisting selesai
10	Membuat template perhitungan bekisting untuk setiap elemen struktur	10	Data dari TAS dan TRB terintegrasi dengan TBQ untuk estimasi biaya
11	Hitung berurutan sesuai lantai elevasi elemen struktur		
12	Input harga satuan pekerjaan		
13	Volume material direkap untuk menghitung estimasi biaya		



Berdasarkan hal tersebut, metode Cubicost mampu mempersingkat tahapan pekerjaan. Proses *input* data sampai hasil akhir menunjukkan bahwa metode perhitungan dengan Cubicost lebih efisien dalam keseluruhan pekerjaan estimasi biaya. Hal tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan Anindya, dkk., (2020) yaitu Cubicost TRB memiliki langkah yang lebih sedikit dalam melakukan *quantity take off*.

