

BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

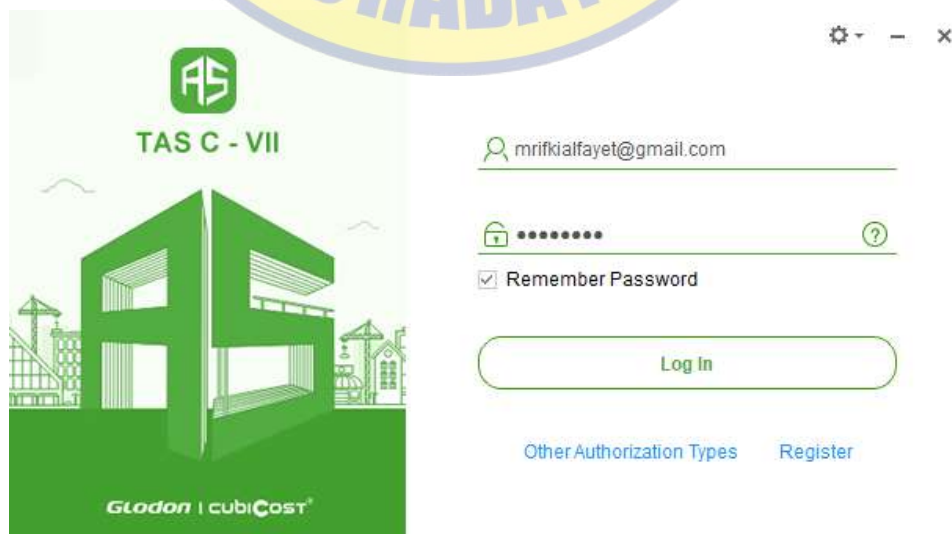
4.1 Pemodelan dengan Cubicost TAS

Sebelum dilakukan pemodelan elemen struktur dalam perangkat lunak Cubicost, terdapat sejumlah tahapan awal yang perlu dilakukan agar proses pemodelan berjalan secara sistematis dan akurat. Tahapan-tahapan ini mencakup proses *login* ke dalam sistem, pengaturan proyek, impor gambar kerja, hingga pembuatan sumbu *grid* sebagai dasar pemodelan. Setiap langkah tersebut dijelaskan sebagai berikut:

1. Masuk ke Sistem TAS

Langkah pertama yang harus dilakukan oleh pengguna sebelum dapat memulai proses pemodelan adalah masuk ke dalam sistem Cubicost TAS. Setelah perangkat lunak dijalankan, sistem akan menampilkan halaman awal berupa *form login* yang mengharuskan pengguna untuk memasukkan *username* dan *password* sesuai dengan kredensial yang telah diberikan atau didaftarkan sebelumnya. *Form login* ini merupakan pengaman awal yang berfungsi untuk mengelola hak akses pengguna, serta memastikan bahwa hanya personel yang berwenang yang dapat melakukan perubahan atau pengolahan data proyek.

Tampilan login ini ditunjukkan pada **Gambar 4. 1**, yang memperlihatkan area isian data akun dan tombol konfirmasi untuk mengakses sistem.



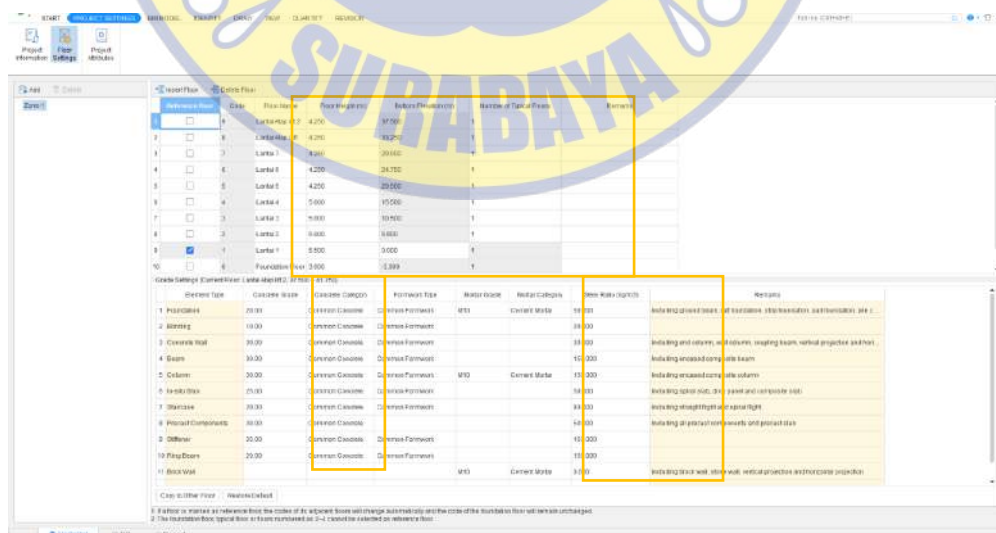
Gambar 4. 1 Tampilan Masuk pada Cubicost TAS

2. Pengaturan Awal Proyek (*Project Setting*)

Setelah berhasil masuk ke dalam sistem, pengguna akan diarahkan ke tampilan utama Cubicost TAS. Pada tahap ini, sebelum melakukan pemodelan elemen struktur, pengguna diwajibkan untuk melakukan pengaturan proyek terlebih dahulu. Pengaturan ini meliputi dua komponen utama, yaitu pengaturan lantai (*floor setting*) dan pengaturan mutu material (*grade setting*).

- Floor Setting* merupakan fitur yang digunakan untuk mendefinisikan tinggi elevasi masing-masing lantai yang akan dimodelkan. Nilai elevasi ini disesuaikan berdasarkan informasi teknis yang tercantum pada gambar arsitektur atau struktur, sehingga struktur 3D yang dibuat sesuai dengan kondisi aktual bangunan.
- Grade Setting* digunakan untuk mengatur spesifikasi mutu material bangunan yang digunakan dalam proyek, seperti *concrete grade* dan *steel ratio* (kg/m^3). Fitur ini memberikan fleksibilitas untuk menentukan mutu berbeda pada tiap lantai atau elemen struktur yang berbeda.

Tampilan antarmuka dari kedua menu tersebut ditampilkan secara lengkap pada **Gambar 4. 2**, yang memperlihatkan letak masing-masing menu serta contoh isian data yang dapat dimasukkan oleh pengguna.



Gambar 4. 2 *Floor Setting* dan *Grade Setting*

3. Pengimporan Gambar Kerja (*Import Drawing*)

Langkah berikutnya dalam persiapan proyek adalah melakukan pengimporan gambar kerja (*import drawing*) ke dalam sistem Cubicost TAS . Gambar kerja yang diimpor dapat berupa file dengan ekstensi .dwg (AutoCAD), sesuai dengan format gambar teknis yang digunakan pada proyek.

Proses pengimporan gambar dilakukan melalui menu *Drawing Manager* yang dapat diakses melalui tab *Identify*. Di dalam menu ini, pengguna memilih opsi Add Drawing, lalu menelusuri direktori penyimpanan untuk memilih file gambar yang akan digunakan sebagai dasar pemodelan. Setelah gambar berhasil dimasukkan, pengguna memiliki opsi untuk memisahkan gambar jika dalam satu *file* terdapat lebih dari satu tampilan (misalnya denah, potongan, atau detail).

Fitur pemisahan gambar ini disebut *Split Drawing*, yang sangat berguna dalam mempercepat proses identifikasi dan pengolahan elemen struktur secara spesifik. Misalnya, gambar denah lantai dapat dipisahkan dari gambar potongan atau detail kolom agar pemodelan lebih fokus dan presisi. Antarmuka dari proses pengimporan gambar dapat dilihat pada **Gambar 4. 3**.



Gambar 4. 3 *Import Drawing*

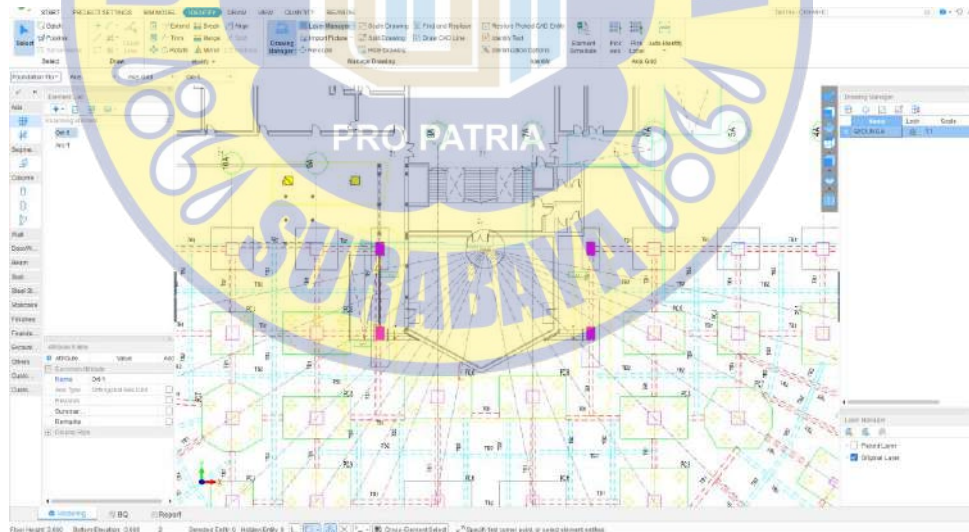
4. Pembuatan *Grid* Sumbu (*Axis Grid*)

Tahap terakhir dalam pengaturan awal proyek sebelum masuk ke proses pemodelan elemen struktur adalah pembuatan *grid* sumbu (*axis grid*). *Grid* ini akan menjadi acuan utama dalam penempatan elemen-elemen struktural seperti kolom, balok, dan pelat. Oleh karena itu, pembuatan *grid* yang presisi sangat penting untuk menghasilkan model struktur yang representatif.

Dalam Cubicost TAS, terdapat dua metode untuk membuat *grid* sumbu, yaitu secara manual dan secara otomatis (*auto-identify*). Pada penelitian ini

digunakan metode otomatis karena lebih efisien dan meminimalkan kesalahan pemilihan elemen. Langkah-langkah pembuatan *axis grid* secara otomatis adalah sebagai berikut:

1. Pilih menu *Pick Axis* pada tab *Identify*.
2. Pada opsi *Selection Mode*, pilih *Select by Layer* agar sistem hanya memilih garis yang berada di layer tertentu yang telah disiapkan pada gambar kerja.
3. Klik garis-garis sumbu yang akan digunakan. Setelah garis berubah menjadi warna biru, klik kanan untuk mengonfirmasi.
4. Ulangi proses untuk label sumbu dengan memilih *Pick Label*, lalu tentukan label angka atau huruf yang digunakan pada sumbu bangunan.
5. Setelah semua garis dan label sumbu dikenali oleh sistem, klik tombol *Auto-Identify* agar perangkat lunak secara otomatis menggabungkan garis dan label menjadi *grid* koordinat yang siap digunakan dalam proses pemodelan. Tampilan menu *axis grid* dan langkah-langkahnya divisualisasikan dalam **Gambar 4. 4**.



Gambar 4. 4 *Axis Grid*

Setelah tahapan konfigurasi awal pada perangkat lunak Cubicsoft TAS diselesaikan, maka selanjutnya adalah pemodelan elemen struktur. Pemodelan akan dilakukan secara sistematis terhadap masing-masing komponen struktural utama, yang meliputi fondasi, kolom, sloof, balok, pelat lantai, serta elemen tangga. Setiap elemen akan dijelaskan secara rinci dalam subbab-subbab berikut, dengan mengacu

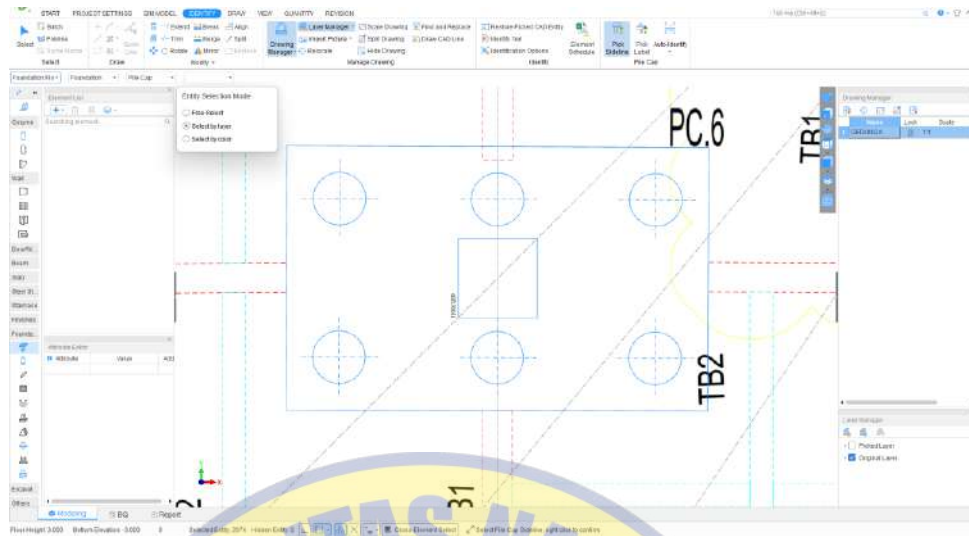
pada data gambar kerja dan standar teknis yang berlaku. Tahapan ini bertujuan untuk menghasilkan model tiga dimensi yang akurat dan sesuai dengan kondisi aktual di lapangan, sebagai dasar perhitungan volume pekerjaan struktur.

4.1.1 Pemodelan Fondasi

Pada penelitian ini, elemen fondasi yang digunakan adalah *spun pile* dengan *pile cap*, yaitu struktur beton bertulang yang berfungsi untuk mendistribusikan beban dari kolom ke beberapa tiang pancang di bawahnya. *Pile cap* memiliki peran vital dalam memastikan stabilitas vertikal dan lateral bangunan. Pemodelan *pile cap* dilakukan dengan menggunakan fitur identifikasi otomatis (*auto-identify*) pada perangkat lunak Cubicost TAS, dengan mengikuti tahapan pemilihan garis tepi (*sideline*) dan label. Langkah-langkah pemodelan *pile cap* adalah sebagai berikut:

1. Buka tab *Identify*, lalu klik menu *Pick Sideline*.
2. Atur mode seleksi ke *Select by Layer* untuk menyesuaikan pilihan berdasarkan layer gambar kerja.
3. Pilih garis tepi dari *pile cap* yang terdapat pada gambar, klik kiri hingga garis berubah menjadi warna biru, lalu klik kanan untuk mengonfirmasi pemilihan.
4. Selanjutnya, klik *Pick Label* untuk memilih nama atau tipe elemen.
5. Pilih label *pile cap* menggunakan metode *Select by Layer*, klik kiri, dan konfirmasi dengan klik kanan.
6. Setelah semua *sideline* dan label teridentifikasi, klik tombol *Auto-Identify* untuk menghasilkan model 3D awal dari *pile cap*.

Antarmuka proses pemodelan *pile cap* dapat dilihat pada, sedangkan hasil visualisasi dari *pile cap* ditunjukkan pada **Gambar 4. 6.**



Gambar 4. 5 Menu Pemodelan *Pile Cap*



Gambar 4. 6 Hasil Pemodelan *Pile Cap*

Perlu diperhatikan bahwa hasil pemodelan awal melalui *auto-identify* hanya menghasilkan geometri dua dimensi dasar (panjang dan lebar) dari *pile cap*. Oleh karena itu, tinggi *pile cap* serta atribut teknis lainnya seperti mutu beton dan rasio tulangan dimasukkan secara manual melalui menu *Attribute Editor*. Penyesuaian ini untuk menjamin akurasi perhitungan volume dalam proses *Quantity Take-Off* (QTO).

4.1.2 Pemodelan Kolom

Kolom merupakan salah satu elemen struktural vertikal yang memiliki peran vital dalam mendistribusikan beban dari elemen horizontal seperti balok dan pelat

ke elemen pondasi. Dalam pemodelan tiga dimensi pada Cubicost TAS, akurasi geometri dan parameter kolom sangat penting karena akan langsung memengaruhi hasil perhitungan volume beton dan estimasi biaya struktur. Langkah-langkah pemodelan kolom dilakukan sebagai berikut:

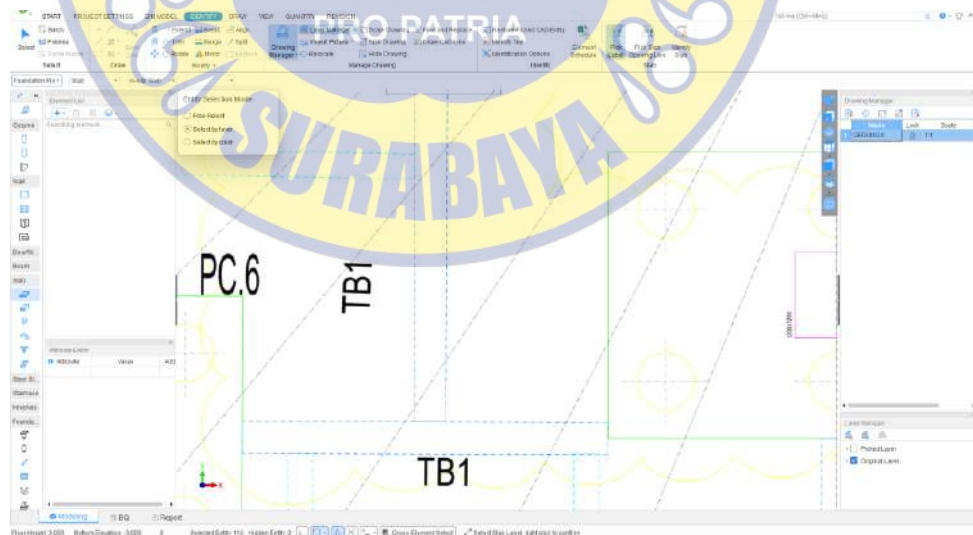
1. Akses tab *Identify* dan klik menu *Pick Sideline* untuk memulai proses identifikasi garis tepi (*boundary*) dari elemen kolom berdasarkan gambar kerja.
2. Aktifkan mode *Select by Layer* untuk memastikan hanya garis-garis dalam layer kolom yang akan terdeteksi. Ini penting agar sistem tidak salah menangkap elemen struktur lain yang berdekatan.
3. Sorot garis tepi kolom dengan klik kiri hingga warna berubah menjadi biru sebagai tanda bahwa garis telah dipilih, kemudian klik kanan untuk mengonfirmasi.
4. Lanjutkan dengan menu *Pick Label*, lalu pilih label yang sesuai dengan jenis kolom yang digunakan. Penamaan label harus disesuaikan dengan standar proyek agar tidak terjadi kekeliruan dalam kuantifikasi.
5. Setelah seluruh *sideline* dan label berhasil dikenali, klik tombol *Auto-Identify* untuk menghasilkan bentuk 3D dari kolom secara otomatis.

Visualisasi dari proses ini dapat dilihat pada **Gambar 4. 7** untuk antarmuka pemilihan data dan **Gambar 4. 8** untuk hasil pemodelan kolom.

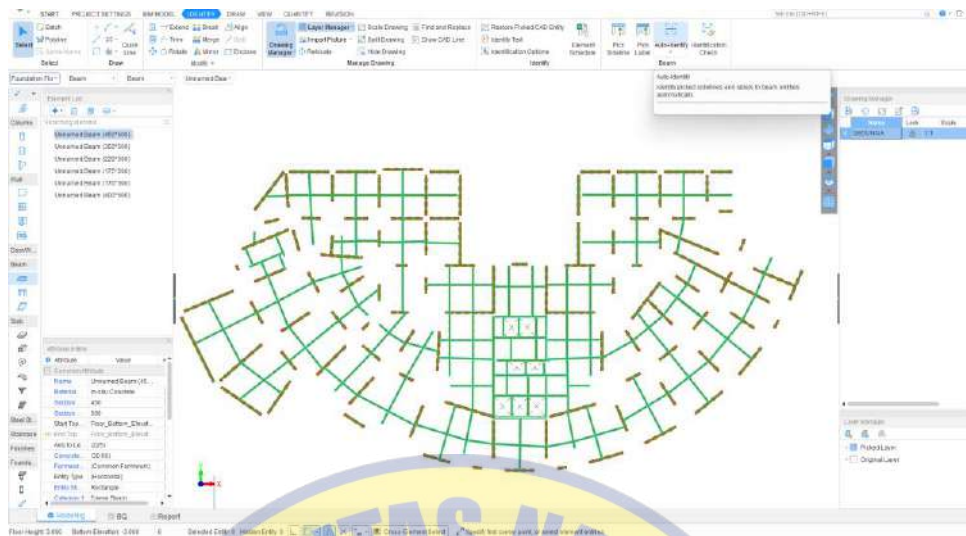
pelat lantai dan mentransfer beban ke kolom-kolom penyangga. Pemisahan antara sloof dan balok pada Cubicost TAS tergantung pada pengelompokan layer serta konvensi penamaan label yang digunakan dalam gambar kerja. Tahapan pemodelan sloof dan balok dilakukan melalui prosedur sebagai berikut:

1. Buka tab *Identify*, kemudian klik *Pick Sideline* untuk memulai proses seleksi garis tepi elemen.
2. Gunakan mode *Select by Layer* untuk memastikan bahwa hanya garis sloof atau balok yang terpilih.
3. Klik kiri pada garis yang merepresentasikan sloof atau balok hingga berubah menjadi biru, kemudian klik kanan untuk konfirmasi.
4. Setelah itu, pilih *Pick Label* dan tentukan jenis label yang sesuai, bergantung pada notasi yang digunakan dalam gambar rencana.
5. Klik *Auto-Identify* untuk menghasilkan model 3D dari sloof atau balok.

Tampilan menu identifikasi elemen balok ditunjukkan pada **Gambar 4. 9**, sedangkan hasil pemodelan visual ditampilkan pada **Gambar 4. 10**.



Gambar 4. 9 Menu Pemodelan Sloof dan Balok



Gambar 4. 10 Hasil Pemodelan Sloof dan Balok

Dilakukan penyesuaian properti balok seperti tinggi, lebar, panjang bentang, serta jumlah lapis tulangan melalui menu *Attribute Editor*.

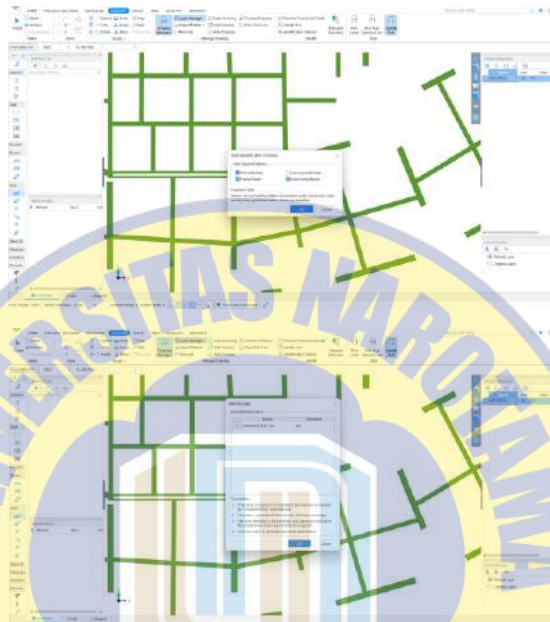
4.1.4 Pemodelan Pelat Lantai

Pelat lantai (*slab*) merupakan elemen struktur datar horizontal yang menerima beban hidup, beban mati, dan meneruskannya ke sistem balok. Pelat merupakan salah satu elemen dengan area luas yang berdampak signifikan terhadap total volume beton dalam struktur bangunan, sehingga keakuratan pemodelannya menjadi sangat penting dalam perhitungan *Quantity Take-Off* (QTO). Prosedur pemodelan pelat lantai menggunakan Cubicost TAS meliputi langkah-langkah berikut:

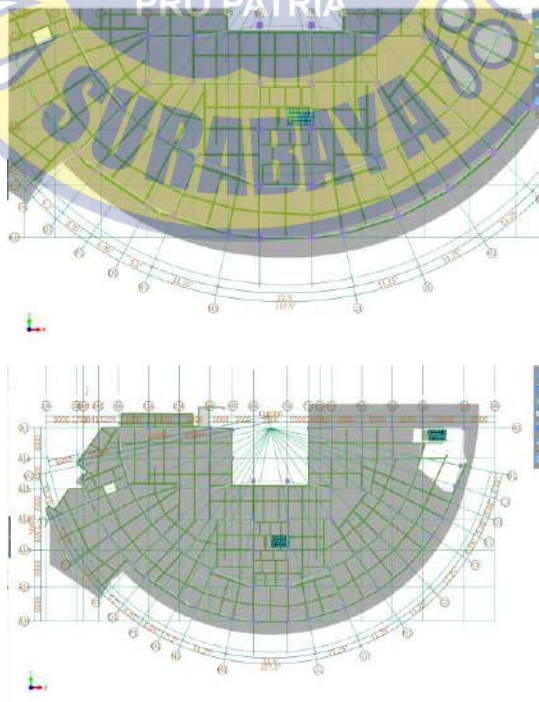
1. Masuk ke tab *Identify*, lalu klik *Pick Label* untuk mengidentifikasi jenis pelat yang akan digunakan. Label umumnya menunjukkan tebal pelat dan tipenya.
2. Aktifkan *Select by Layer* dan pilih label yang sesuai, lalu klik kanan untuk mengonfirmasi.
3. Selanjutnya, klik *Pick Slab Opening Line* untuk memilih area bidang pelat pada gambar. Garis yang dipilih harus menutup dengan sempurna agar sistem dapat mengidentifikasi pelat sebagai area tertutup.
4. Klik kiri pada area pelat, lalu klik kanan setelah seluruh batas pelat terpilih.

5. Setelah semua garis dan label dikenali, sistem akan membentuk model 3D pelat lantai.

Antarmuka proses ini ditampilkan pada Gambar 4.7, dan hasil visualisasi akhir dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4. 11 Menu Pemodelan Pelat Lantai



Gambar 4. 12 Hasil Pemodelan 3D Pelat

Pelat dapat dimodifikasi lebih lanjut dalam hal ketebalan, mutu beton, sistem pelat (satu arah atau dua arah), serta pembagian zona lantai. Dalam penelitian ini, pelat pada setiap lantai tipikal dapat diduplikasi ke lantai atas melalui fitur duplikasi lantai (*copy floor settings*), sehingga mempercepat proses pemodelan dan tetap menjaga konsistensi data.

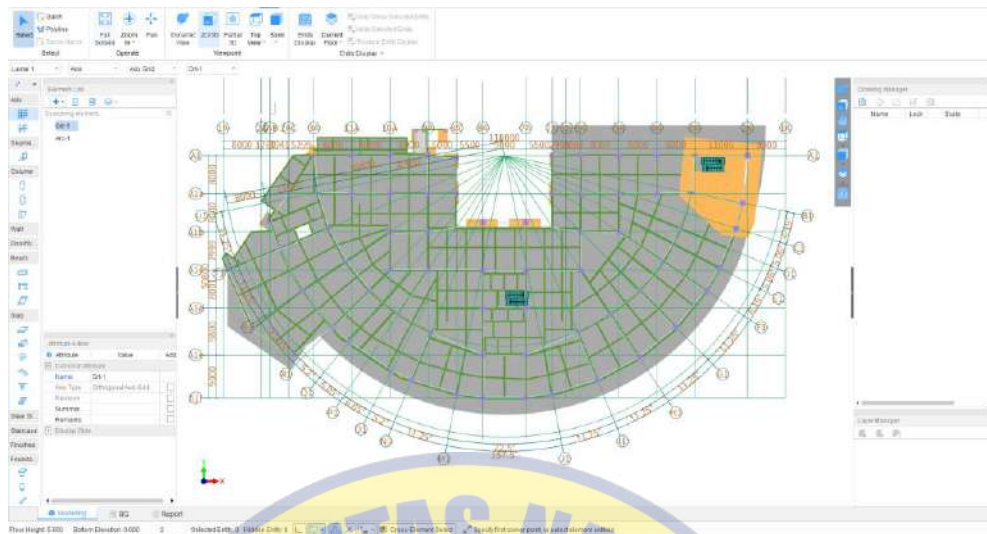
4.1.5 Hasil Pemodelan 2D

Setelah seluruh proses identifikasi elemen struktur dilakukan, perangkat lunak Cubicost TAS secara otomatis menghasilkan tampilan pemodelan dalam bentuk gambar dua dimensi (2D view) untuk masing-masing lantai. Visualisasi ini berguna sebagai representasi denah struktural yang menunjukkan posisi dan konfigurasi elemen-elemen utama seperti *pile cap*, kolom, balok, dan pelat lantai.

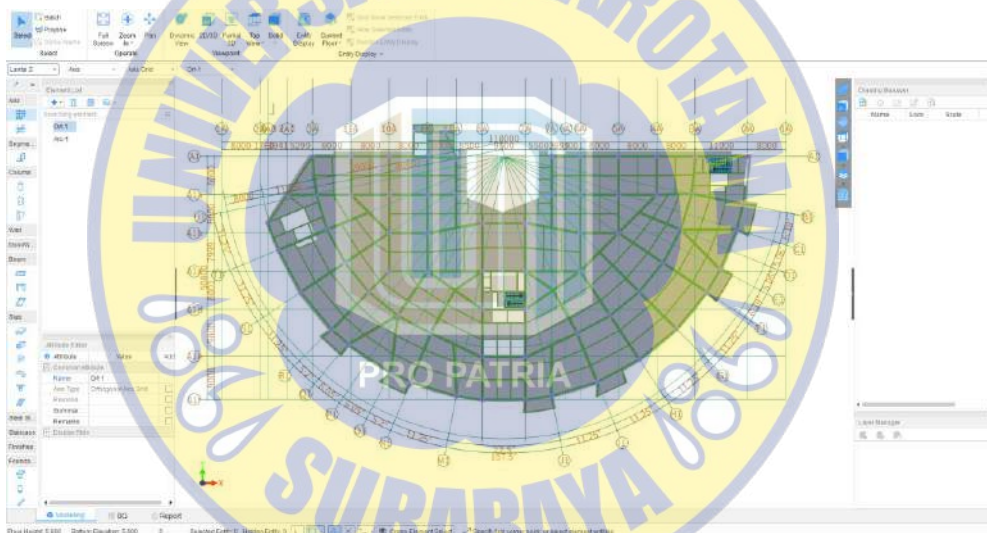
Gambar-gambar yang ditampilkan pada **Gambar 4. 13** hingga **Gambar 4. 22** memperlihatkan hasil pemodelan struktur dalam tampilan rencana (*plan view*) berdasarkan setiap lantai bangunan. Tampilan ini merupakan interpretasi digital dari gambar kerja dua dimensi yang telah diidentifikasi sebelumnya. Setiap model 2D memperlihatkan susunan elemen struktural berdasarkan koordinat *grid* yang telah ditetapkan sebelumnya, termasuk titik kolom, jalur balok utama dan anak, distribusi pelat, serta posisi bordes dan tangga bila tersedia pada lantai tersebut.



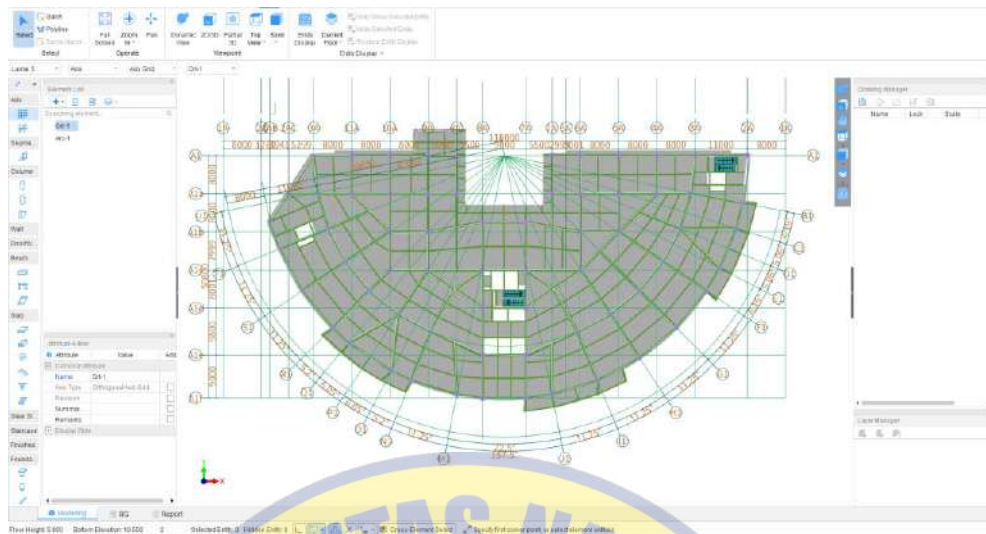
Gambar 4. 13 Pemodelan Struktur Fondasi



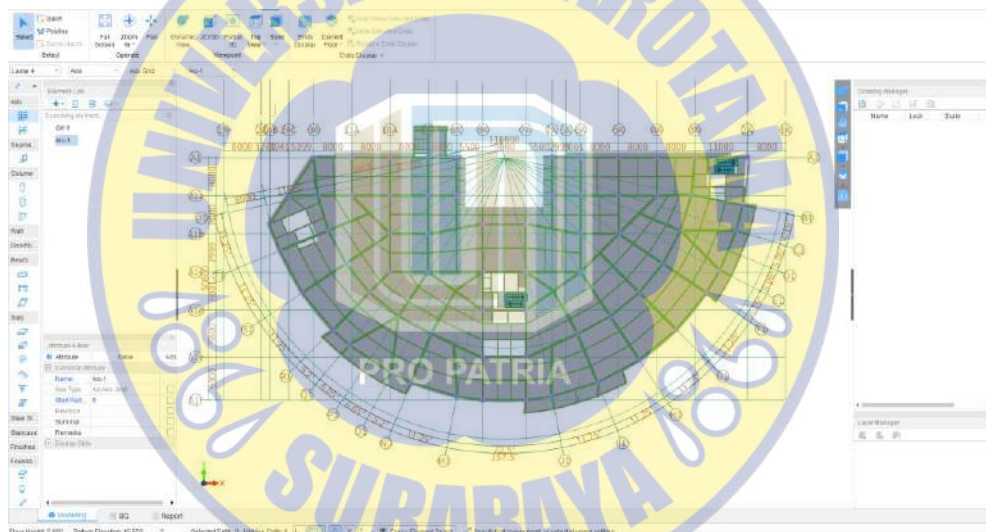
Gambar 4. 14 Pemodelan Struktur Lantai 1



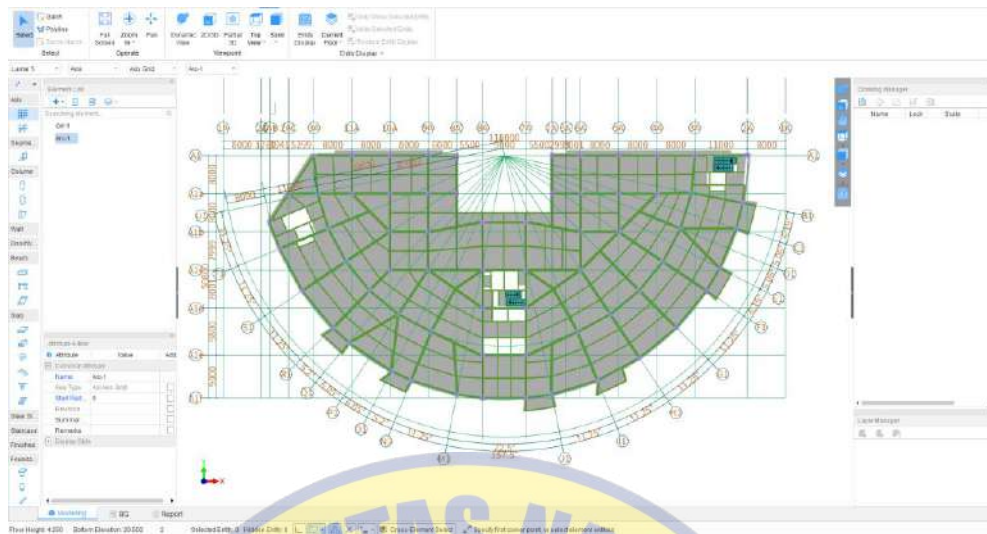
Gambar 4. 15 Pemodelan Struktur Lantai 2



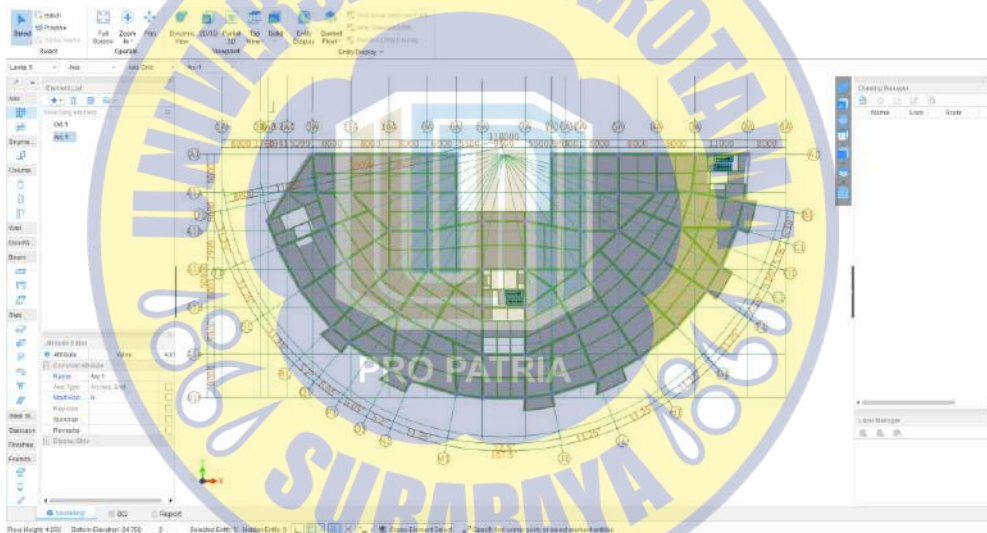
Gambar 4. 16 Pemodelan Struktur Lantai 3



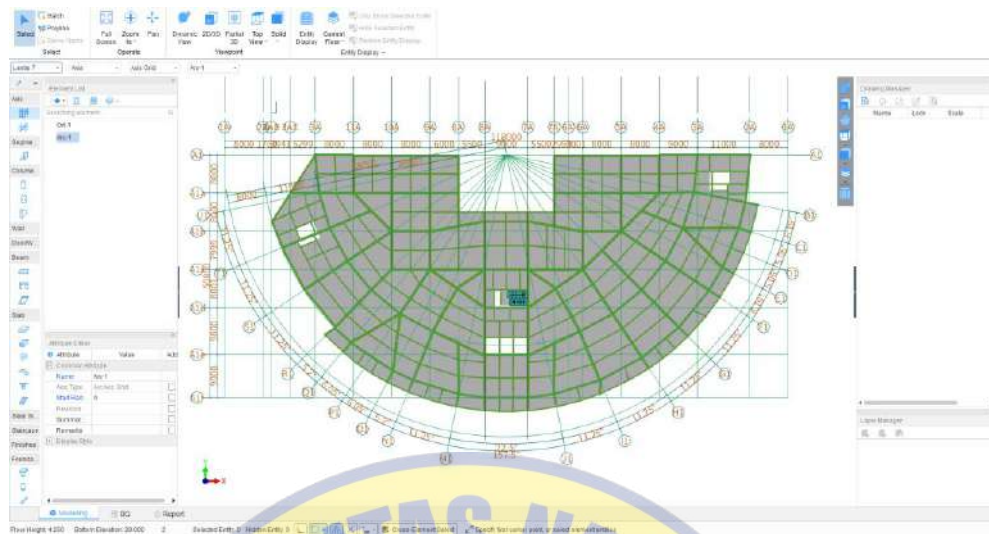
Gambar 4. 17 Pemodelan Struktur Lantai 4



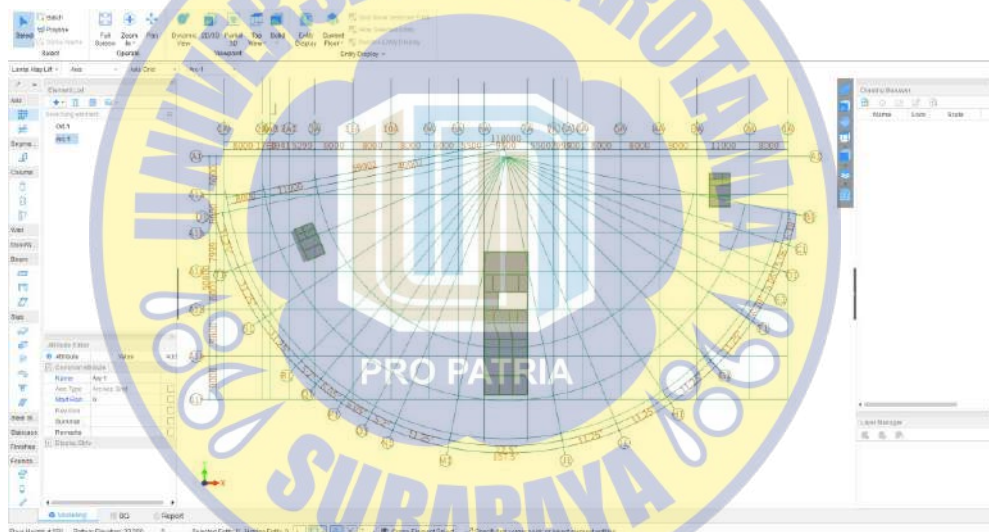
Gambar 4. 18 Pemodelan Struktur Lantai 5



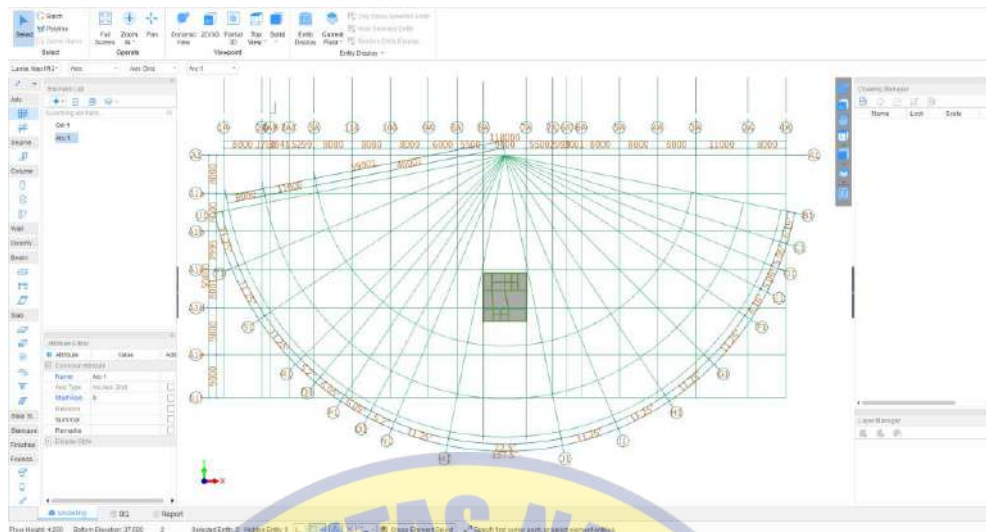
Gambar 4. 19 Pemodelan Struktur Lantai 6



Gambar 4. 20 Pemodelan Struktur Lantai 7



Gambar 4. 21 Pemodelan Struktur Lantai 8



Gambar 4. 22 Pemodelan Struktur Lantai 9

4.1.6 Hasil Pemodelan 3D

Sebagai kelanjutan dari proses identifikasi elemen secara terpisah pada setiap lantai pada Cubicost TAS, disajikan model tiga dimensi (3D view). **Gambar 4. 23** menunjukkan hasil pemodelan tiga dimensi keseluruhan dari bangunan yang dimodelkan.



Gambar 4. 23 Pemodelan 3D Struktur Bangunan

4.2 Pemodelan dengan Cubicost TRB

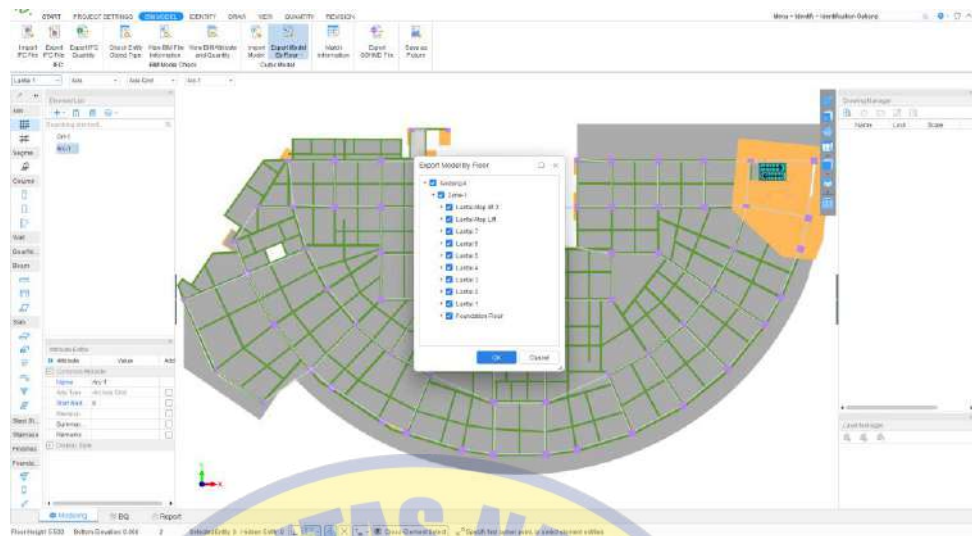
Cubicost TRB merupakan salah satu perangkat lunak BIM yang dikembangkan oleh Glodon untuk mendukung proses perhitungan volume tulangan secara otomatis dan terintegrasi. Berbeda dengan Cubicost TAS yang berfokus pada

pemodelan geometri struktur bangunan, TRB lebih diarahkan pada penambahan detail tulangan (*reinforcement*), baik untuk pondasi, kolom, balok, maupun pelat lantai. Dengan integrasi data yang efisien antar modul Cubicost, proses perpindahan dari TAS ke TRB tidak memerlukan input ulang, sehingga dapat menghemat waktu dan meminimalkan kesalahan input.

Dalam penelitian ini, Cubicost TRB digunakan untuk memodelkan dan menghitung volume tulangan berdasarkan gambar kerja yang telah dianalisis sebelumnya. Seluruh pemodelan struktur dilakukan terlebih dahulu di TAS, kemudian file hasil pemodelan tersebut diekspor ke TRB untuk ditambahkan detail tulangan. Pemanfaatan fitur ini mendukung estimasi kebutuhan material secara presisi dan berbasis model tiga dimensi.

1. Ekspor Model dari TAS

Proses ekspor dimulai dengan membuka tab BIM Model di dalam Cubicost TAS, kemudian memilih menu *Export Model*. Pada tahap ini, pengguna akan diberikan dua opsi metode ekspor, yaitu *Export by Floor* dan *Export by Entity*. Dalam penelitian ini digunakan metode *Export by Floor*, karena dianggap lebih efektif untuk memilih dan memilah bagian struktur berdasarkan tingkat lantai bangunan. Pengguna dapat menandai elemen-elemen struktur yang diinginkan, seperti pondasi, kolom, balok, dan pelat, yang kemudian akan disiapkan untuk dibawa ke TRB. Antarmuka dari fitur *Export Model by Floor* disajikan pada **Gambar 4. 24**.

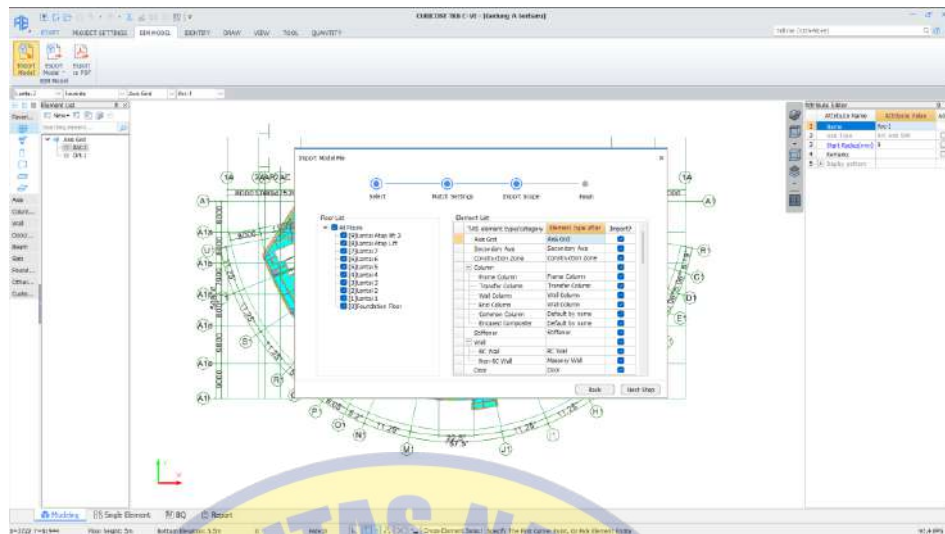


Gambar 4. 24 Antarmuka *Export Model by Floor*

Seluruh elemen yang dicentang akan disimpan dalam satu berkas model yang kemudian siap untuk diimpor ke TRB. Pemilahan ini juga mempermudah proses verifikasi jika terdapat revisi atau pembaruan pada model tertentu di tahap berikutnya.

2. Impor Model ke TRB

Setelah proses ekspor selesai, file model kemudian dimasukkan ke dalam Cubicost TRB. Langkah pertama adalah membuka aplikasi TRB dan melakukan *login* seperti biasa. Setelah berhasil masuk ke tampilan awal (*interface*), pengguna mengakses kembali tab BIM Model, kemudian memilih menu **Import Model** untuk memulai proses integrasi file. Antarmuka dari *Import File* disajikan pada **Gambar 4. 25**



Gambar 4. 25 Antarmuka *Setting Import File*

Setelah *file* berhasil dimuat, sistem akan menampilkan beberapa pengaturan awal, di antaranya *Match Settings* yang berfungsi untuk menentukan zona atau area kerja tertentu, serta *Import Scope* yang digunakan untuk memilih elemen-elemen struktur mana saja yang ingin dimasukkan ke dalam pemodelan TRB. Pengaturan ini bersifat penting karena akan memengaruhi keluaran model dan volume tulangan yang dihasilkan.

Dengan mengikuti dua tahapan ini secara sistematis, proses integrasi antara model geometris (TAS) dan model tulangan (TRB) dapat berjalan. Prosedur ini juga memastikan bahwa tidak ada elemen yang tertinggal atau salah input, serta menjamin kesesuaian antara model digital dengan gambar kerja yang menjadi acuan desain struktur.

4.3 Pengaturan Tulangan dengan Cubicost TRB

4.3.1 Pengaturan Tulangan Fondasi

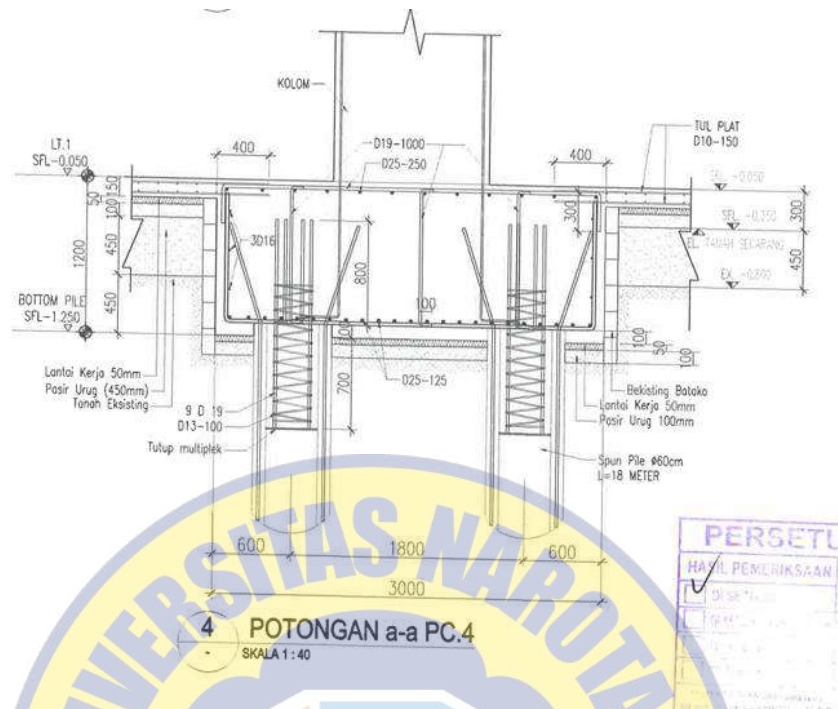
Fondasi pilecap yang dimodelkan terdiri dari berbagai tipe dengan kode PC, seperti PC.2, PC.4, PC.9A, PC.11A, hingga PC.8A sebagaimana tercantum dalam daftar pondasi. Seluruh fondasi memiliki tebal selimut beton sebesar 40 milimeter pada seluruh sisi dan menggunakan konfigurasi tulangan yang seragam. Tulangan utama pada bagian atas dan bawah, baik arah x maupun y, menggunakan diameter 25 milimeter, sementara tulangan samping menggunakan diameter 16 milimeter

untuk kedua arah. Selain itu, digunakan tulangan kait berdiameter 19 milimeter, juga pada arah x dan y.

Salah satu tipe *pilecap*, yaitu PC.4, dijadikan contoh pemodelan menggunakan modul 3D seperti diperlihatkan pada **Gambar 4. 26**, dengan formula perhitungannya ditunjukkan pada **Tabel 4. 1**. Sementara itu, *pilecap* lain dengan bentuk atau karakteristik tertentu dimodelkan menggunakan modul *single drawing* karena tidak tersedia templat penulangan yang sesuai untuk tipe tersebut dalam modul 3D.

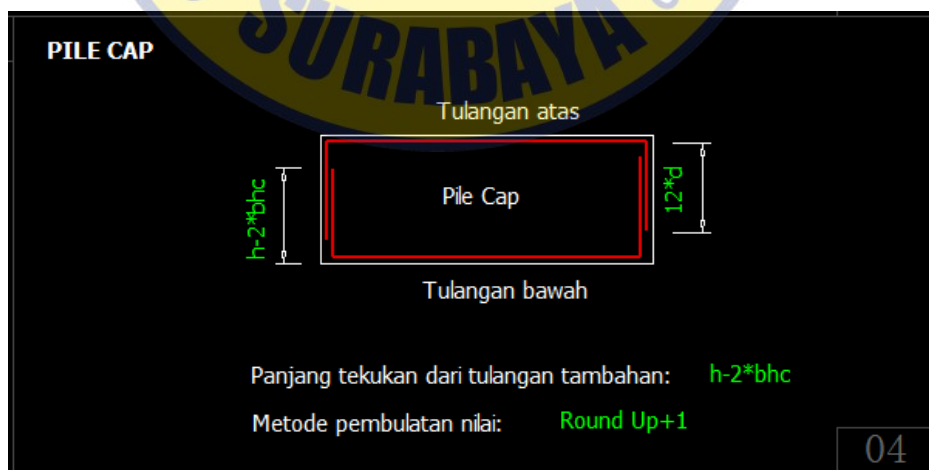


Gambar 4. 26 Pemodelan Fondasi PC 4



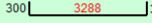

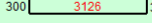
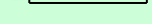
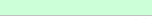
Gambar 4. 27 Penulangan Pondasi PC.4 Berdasarkan Detail Perencanaan

Berdasarkan gambar detail dari perencana yang ditampilkan pada **Gambar 4. 27**, panjang kait tulangan dicantumkan secara eksplisit, yaitu sebesar 1000 milimeter. Jumlah tulangan pada masing-masing fondasi dihitung dengan pembulatan ke atas sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam gambar aturan perhitungan (*calculation rule*) untuk pondasi



Gambar 4. 28 Calculation Rules pada Pile Cap

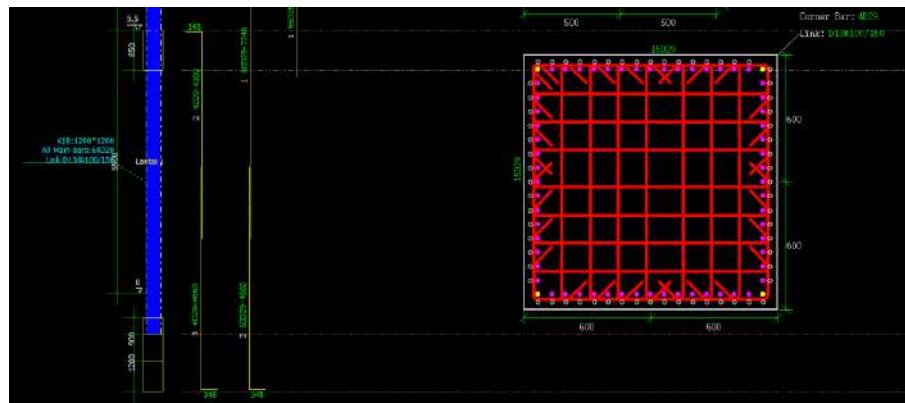
Tabel 4. 1 Hitung Panjang Tulangan Fondasi pada Cubicost TRB

	Rebar	Strength	Diamete	Shape	Shape	Calculation Formula	Formula Description	Cutting-	Quantit	Total	Rebar	Constru	Remarks
1*	Top Bar - Parallel with Length.1	BJTD-40	25	64	300  300	$3368-2*40+2*(12*d)$	Net length-Double cover+2 times bend	3888	14	209.89	Main bar	Default: Construc Zone	Top Bar - Parallel with Length.1
2	Bottom Bar - Parallel with Length.1	BJTD-40	25	64	1120  1120	$3368-2*40+2*(1200-2*40)$	Net length-Double cover+2 times bend	5528	26	554.215	Main bar	Default: Construc Zone	Bottom Bar - Parallel with Length.1
3	Top Bar - Parallel with Width.1	BJTD-40	25	64	300  300	$3206-2*40+2*(12*d)$	Net length-Double cover+2 times bend	3726	15	215.512	Main bar	Default: Construc Zone	Top Bar - Parallel with Width.1
4	Bottom Bar - Parallel with Width.1	BJTD-40	25	64	1120  1120	$3206-2*40+2*(1200-2*40)$	Net length-Double cover+2 times bend	5366	28	579.356	Main bar	Default: Construc Zone	Bottom Bar - Parallel with Width.1
5	Side Main Bar .1	BJTD-40	16	0	 12000	$(3368+3206)*2-8*40+1*886+886$	(Foundation bottom length +Foundation bottom width)*2-8*Cover+Lap	$\frac{12000}{2}$ 600	3	69.204	Main bar	Default: Construc Zone	Side Main Bar.1

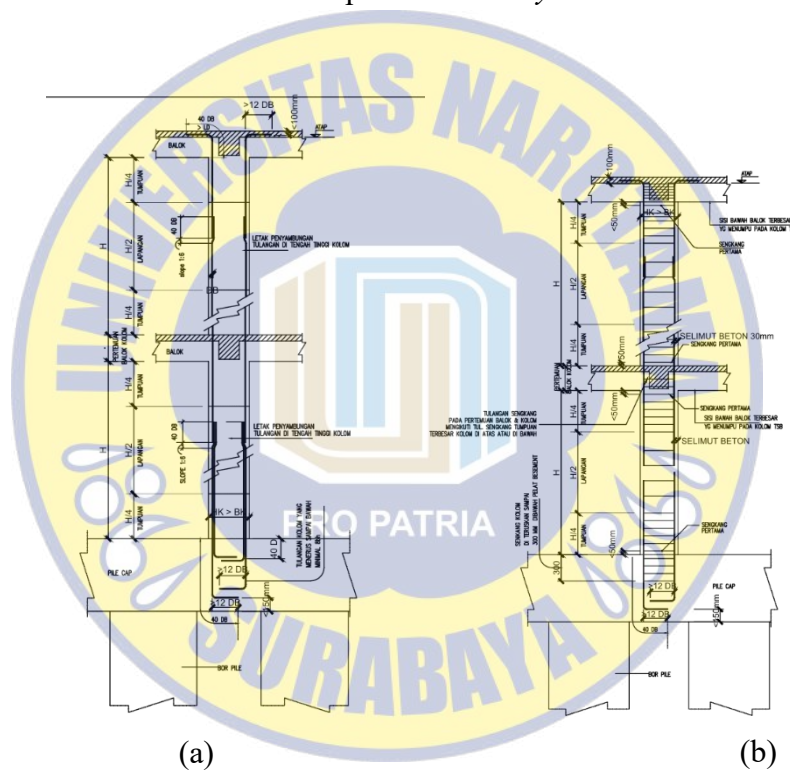
4.3.2 Pengaturan Tulangan Kolom

Kolom yang dimodelkan terdiri atas beberapa tipe, yaitu K1, K1A, K1B, K2, K2A, K3, K4, K4A, dan K5. Sebagai contoh, kolom K1B digunakan untuk merepresentasikan konfigurasi penulangan pada pemodelan ini. Tulangan pokok kolom K1B berdiameter 29 milimeter sebanyak 64 buah. Semua tulangan pokok diikat oleh sengkang dengan konfigurasi dan jarak yang berbeda sesuai zona struktur. Sengkang pada daerah tumpuan menggunakan diameter 13 milimeter dengan panjang 4,60 meter dan jarak antar sengkang sebesar 100 milimeter. Sedangkan pada daerah lapangan, digunakan sengkang dengan diameter dan panjang yang sama, namun jaraknya menjadi 150 milimeter. Tulangan kait horizontal (kait H) dan vertikal (kait V) masing-masing memiliki panjang 16,10 meter, hook 2,18 meter, dengan jarak penempatan 100 milimeter (horizontal) dan 150 milimeter (vertikal). Pada sambungan (*joint*) antara kolom dan balok, sengkang *joint* horizontal dan vertikal memiliki panjang masing-masing 4,31 meter, dengan jarak penempatan 150 milimeter.

Pemodelan dilakukan dengan menggunakan fitur *calculation rules* dan *attribute editor* pada perangkat lunak Cubicost TRB yang mampu mengakomodasi pengaturan jarak sengkang pada zona sambungan kolom-balok. Dalam hal ini, jarak sengkang pada area sambungan (*joint*) mengikuti jarak pada daerah lapangan dan tumpuan sesuai arah horizontal maupun vertikal.



Gambar 4. 29 Tampilan *Rebar Layout* Kolom K1B

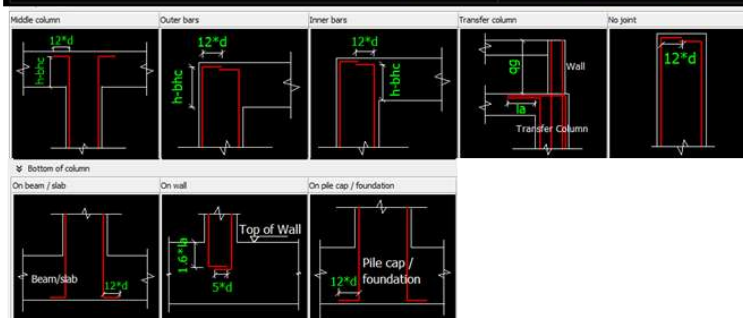
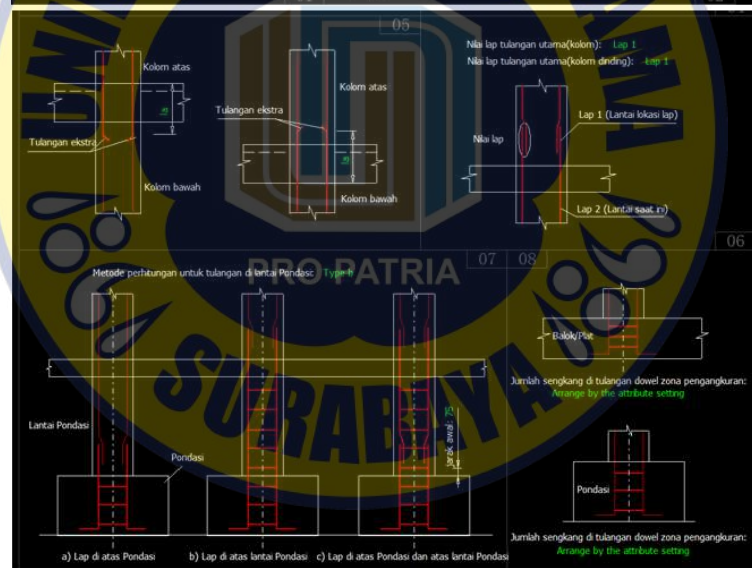


Gambar 4. 30 Penulangan Kolom Berdasarkan Detail Perencana. (a) Sambungan Lewatan Tulangan Kolom (b) Detail Penulangan Senggang pada Kolom

Berdasarkan gambar detail perencanaan yang ditampilkan pada **Gambar 4. 30**, ilustrasi *rebar layout* penulangan kolom K1B dapat dilihat pada **Gambar 4. 29**, sedangkan rumus perhitungan tercantum pada **Tabel 4. 2** dan detail *calculation rules* pada **Gambar 4. 31**.

Tabel 4. 2 Hitung Panjang Tulangan Kolom pada Cubicost TRB

Rebar	Strength	Diamete	Shape	Shape	Calculation Formula	Formula Description	Cutting- Quantit	Total	Rebar	
1	BJTD-40	29	1		6350-2001+1604+1293	Column Height-Kicker on this floor+Kicker+Lap with rebar in upper floor	7246	60	2255.97	Main bar
2	BJTD-40	29	601		6350-2001-850+850-40+348	Column Height-Kicker on this floor-Joint Height+Joint height - Cover+Bending of variable sectioned column top	4657	4	96.661	Main bar
3	BJTD-40	29	637		2001+1499+1200-40+12*29	Kicker on this floor+Lap+ Foundation thickness-Cover +Bend set in joint settings	5008	64	1663.137	Dowel Bar
4	BJTD-40	13	195		2*((1120+1120)+12*d		4636	46	222.426	Link
5	BJTD-40	13	195		2*((1120+1120)+12*d		4636	12	58.024	Link
6	BJTD-40	13	485		1120+12*d		1276	644	857.079	Hook
7	BJTD-40	13	485		1120+12*d		1276	168	223.586	Hook



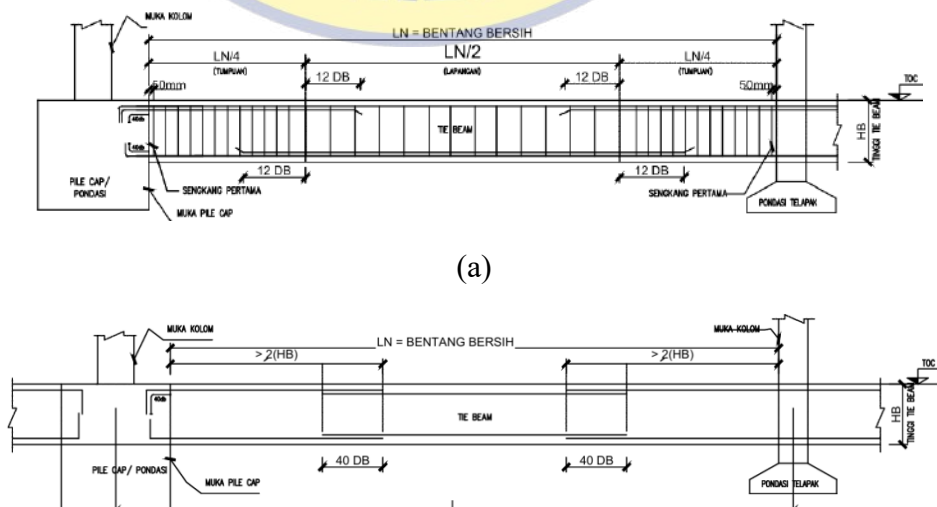
Gambar 4. 31 Calculation Rules pada Kolom

4.3.3 Pengaturan Tulangan *Tie Beam* dan Balok

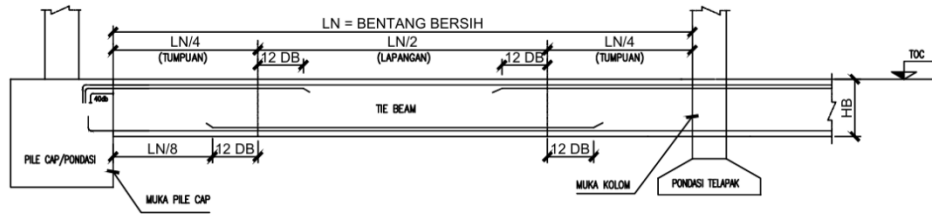
Pengaturan diameter tulangan utama, tulangan peminggang, serta sengkang pada setiap jenis balok dan *tie beam* dilakukan melalui fitur *attribute editor* dalam Cubicost TRB. Balok yang dimodelkan terdiri atas berbagai jenis, yaitu TB1, TB2, B3A, B5, B4, B2, B7, CB4, B3, B1, B6, B1A, B3C, BS, CB2, CB5, dan B3B. Pemodelan penulangan disusun seragam dengan parameter teknis yang ditetapkan berdasarkan gambar detail perencanaan. Pemodelan penulangan *Tie Beam* dapat dilihat pada **Gambar 4.32**.



Gambar 4.32 Tampilan 3D Tulangan *Tie Beam* TB1



(b)



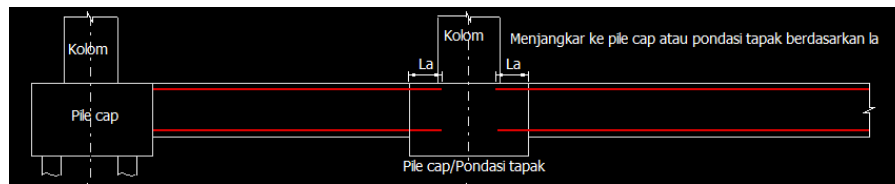
(c)

Gambar 4. 33 Penulangan *Tie Beam* Berdasarkan Detail Perencana. (a) Sambungan Lewatan Tulangan Balok (b) Detail Penulangan Senggang pada Balok (c) Pemutusan Tulangan Balok

Tulangan peminggang dipasang menggunakan diameter 19 milimeter dengan total panjang pemakaian sekitar 18,08 meter. Sementara itu, tulangan sengkang menggunakan diameter 10 milimeter dengan total panjang tulangan sengkang mencapai sekitar 42,5 meter. Selain itu, digunakan pula tulangan sengkang tambahan (ekstra) tipe U yang dipasang pada zona tertentu dengan pola pemasangan yang sama, dengan panjang total sekitar 43,39 meter.

Tulangan kait diterapkan baik secara vertikal maupun horizontal. Kait vertikal memiliki jarak antar sengkang sebesar 300 milimeter dan panjang total sekitar 10,34 meter. Sementara itu, kait horizontal dipasang dengan panjang keseluruhan mencapai 10,78 meter. Seluruh konfigurasi penulangan tersebut dimodelkan menggunakan fitur *calculation rule* yang tersedia dalam Cubicost TRB sebagaimana terlihat pada **Gambar 4. 34**.





Gambar 4. 34 Tampilan *Calculation Rules* Balok dan Tie Beam

Tabel 4. 3 Perhitungan Penulangan Balok dan Sloof

	Rebar	Strength	Diameter	Shape	Shape	Calculation Formula	Formula Description	Cutting	Quantit	Total	Rebar	Constru	Remarks
1*	1	B17D-40	25	629		1396+7540+1396	Anchorage length of joint settings=net length+ Anchorage length of joint settings	10340	2	79.742	Mem bar	Default Constru- ction Zone	A1a-A1 axe Top continuous bar(Corner Bar)
2	2	B17D-40	25	629		1396+7540+1396	Anchorage length of joint settings=net length+ Anchorage length of joint settings	10340	5	199.355	Mem bar	Default Constru- ction Zone	A1a-A1 axe Top continuous bar
3	3	B17D-40	19	629		459+40+157*d+7540+459+40+157*d	Support width-Cover+Bend +tie length+Support width-Cover+Bend	8938	4	79.62	Mem bar	Default Constru- ction Zone	A1a-A1 axe Side Main Bar
4	4	B17D-40	25	64		300+225+7540+300+225	Anchorage length of joint settings=net length+ Anchorage length of joint settings	8598	2	66.388	Mem bar	Default Constru- ction Zone	A1a-A1 axe Bottom continuous bar(Corner Bar)
5	5	B17D-40	25	64		300+225+7540+300+225	Anchorage length of joint settings=net length+ Anchorage length of joint settings	8598	5	165.769	Mem bar	Default Constru- ction Zone	A1a-A1 axe Bottom continuous bar
6	6	B17D-40	10	185		$2*((450-2*40)+(900-2*40))+(17.8*d)$		2358	40	72.601	Link	Default Constru- ction Zone	Span 1
7	7	B17D-40	10	485		$(900-2*40)+(17.8*d)$		998	40	28.325	Link	Default Constru- ction Zone	Span 1
8	8	B17D-40	10	485		$(450-2*40)+(17.8*d)$		548	40	13.325	Hook	Default Constru- ction Zone	Span 1;Span 1

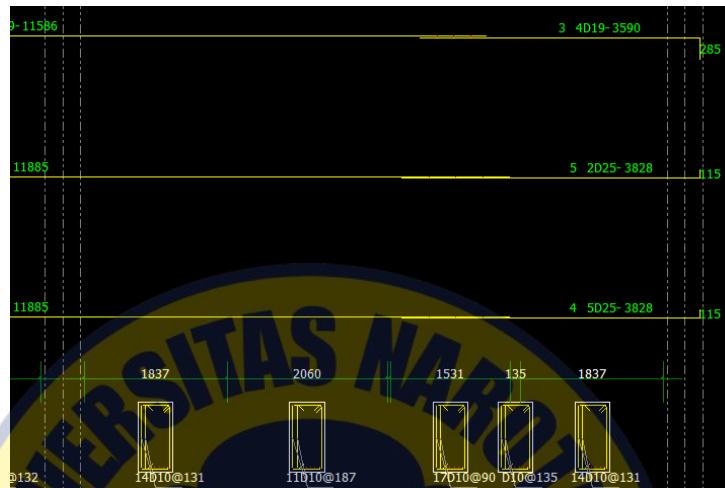
Berdasarkan gambar detail perencanaan yang ditampilkan pada **Gambar 4. 30**, Ilustrasi *rebar layout* penulangan kolom K1B dapat dilihat pada **Gambar 4. 29**, sedangkan rumus perhitungan tercantum pada **Tabel 4. 2** dan detail *calculation rules* pada **Gambar 4. 31**.



Gambar 4. 35 *Calculation Rules* pada Beam

Berdasarkan gambar detail perencanaan yang ditampilkan pada **Gambar 4. 33**, Ilustrasi *rebar layout* penulangan tie beam TB1 dapat dilihat pada **Gambar 4. 36**,

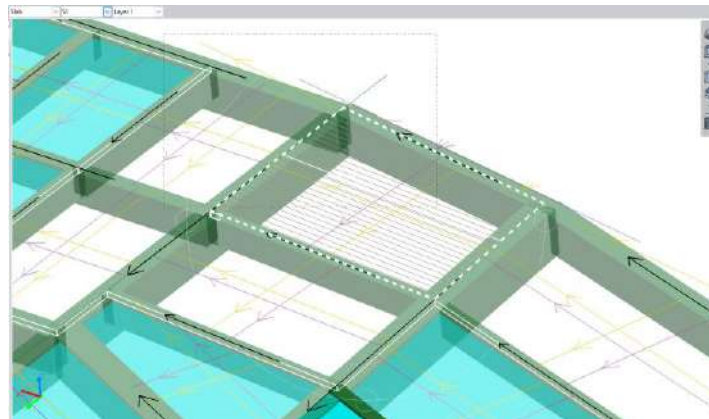
sedangkan rumus perhitungan tercantum pada **Tabel 4. 3** Perhitungan Penulangan Balok dan Sloof dan detail *calculation rules* pada **Gambar 4. 35**.



Gambar 4. 36 Sambungan Lewatan Pada Tampilan *Rebar Layout* Elemen Balok.

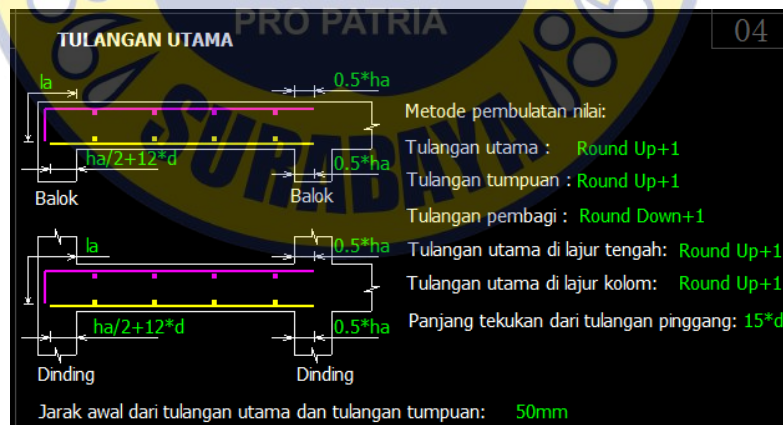
4.3.4 Pengaturan Tulangan Pelat Lantai

Pada pemodelan tulangan pelat lantai, digunakan selimut beton setebal 30 milimeter serta tulangan utama berdiameter 10 milimeter untuk tipe pelat SA, S1, dan S4. Sedangkai pelat lantai dengan tipe S2 dan S3 menggunakan tulangan berdiameter 13 milimeter . Sesuai gambar kerja, jarak antar batang tulangan utama ditetapkan sebesar 150 milimeter. Perhitungan volume pekerjaan baja tulangan pada pelat meliputi penulangan arah x untuk tualangan atas dan bawah serta penulangan arah y untuk penulangan atas dan bawah. Proses pemodelan ini divisualisasikan pada **Gambar 4. 37** yang menampilkan hasil pemodelan 3D penulangan pelat.



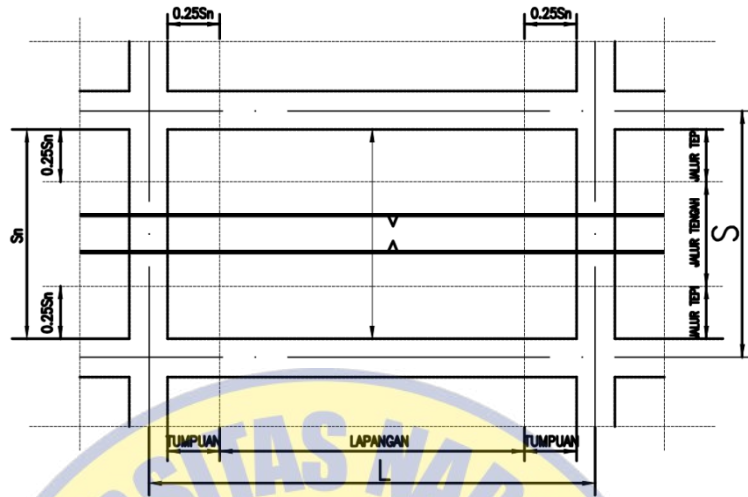
Gambar 4. 37 Pemodelan Tulangan pada Pelat Lantai

Jumlah batang tulangan untuk setiap pelat dihitung dengan metode pembulatan ke atas sesuai praktik perencanaan. Pengaturan tersebut dimasukkan melalui *calculation rule* sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 4. 38**. Selain itu, detail penulangan pelat untuk sumbu panjang dan sumbu pendek ditampilkan secara terpisah pada **Gambar 4. 39** dan **Gambar 4. 40**. Apabila digunakan *wiremesh* sebagai pengganti tulangan konvensional pada zona tertentu, pengaturannya mengacu pada gambar detail yang ditampilkan pada **Gambar 4. 41**.



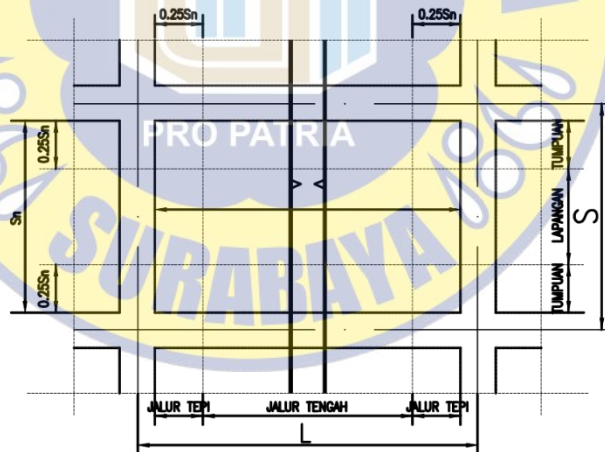
Gambar 4. 38 *Calculation Rule* Tulangan Utama pada Pelat Lantai

SUMBU PANJANG

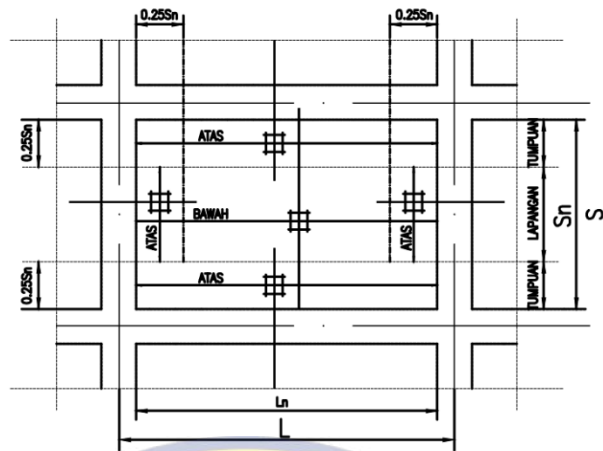


Gambar 4. 39 Penulangan Pelat untuk Sumbu Panjang Berdasarkan Detail Perencana

SUMBU PENDEK



Gambar 4. 40 Penulangan Pelat untuk Sumbu Pendek Berdasarkan Detail Perencana



Gambar 4. 41 Penulangan Pelat dengan *Wiremesh* Berdasarkan Detail Perencana

Perhitungan jumlah dan panjang tulangan pelat lantai dilakukan berdasarkan rumus dan parameter teknis yang dimasukkan dalam *calculation rule* Cubicost TRB. Rumus perhitungan ini mencakup variabel panjang bentang, jarak antar tulangan, diameter tulangan, serta kebutuhan penjangkaran sesuai standar. Seluruh perhitungan dirancang agar sesuai dengan gambar kerja dan kebutuhan pelaksanaan di lapangan. Contoh penerapan rumus dan formulasi teknis tersebut dapat dilihat pada **Tabel 4. 4**, yang menampilkan tampilan rumus perhitungan penulangan pelat secara lengkap dan terstruktur.

Tabel 4. 4 Tampilan Contoh Rumus Hitungan Penulangan Pelat

	Rebar	Strength	Diameter	Shape	Shape	Calculation Formula	Formula Description	Cutting- Quantit	Total	Rebar	Constru	Remarks
1	1	B3TD-40	10	9	4149	$0,5 \times 450 + 3750 + 0,5 \times 350$	Net length+Set anchorage +Set anchorage	4140	4	10,24	Main bar	X-directionBottom bar
2	2	B3TD-40	10	9	4149	$0,5 \times 450 + 3750 + 0,5 \times 350$	Net length+Set anchorage +Set anchorage	4140	4	10,24	Main bar	X-directionBottom bar
3	3	B3TD-40	10	9	4150	$0,5 \times 450 + 3750 + 0,5 \times 350$	Net length+Set anchorage +Set anchorage	4150	4	10,242	Main bar	X-directionBottom bar
4	4	B3TD-40	10	9	4150	$0,5 \times 450 + 3750 + 0,5 \times 350$	Net length+Set anchorage +Set anchorage	4150	4	10,242	Main bar	X-directionBottom bar
5	5	B3TD-40	10	9	4151	$0,5 \times 450 + 3751 + 0,5 \times 350$	Net length+Set anchorage +Set anchorage	4151	1	2,561	Main bar	X-directionBottom bar

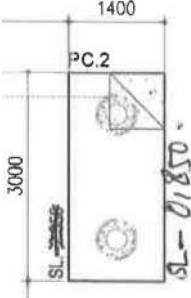
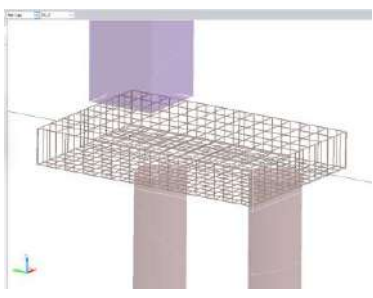
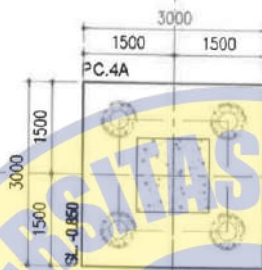
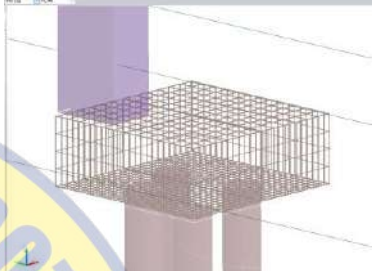
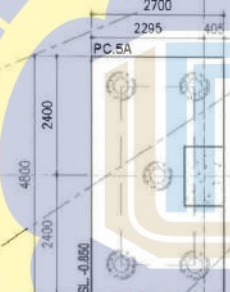
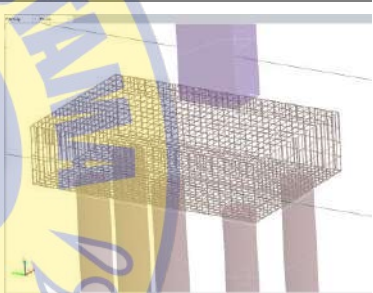
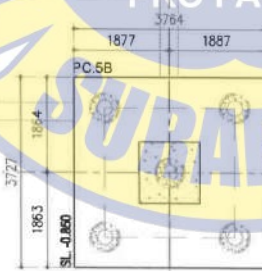
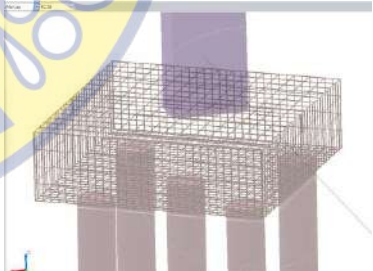
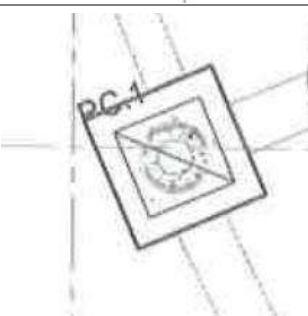
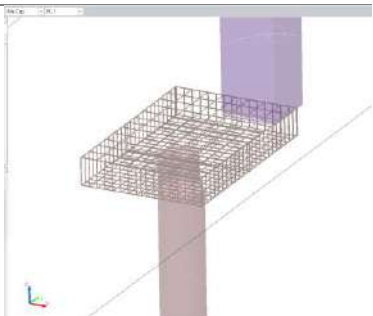
4.3.5 Hasil Pemodelan

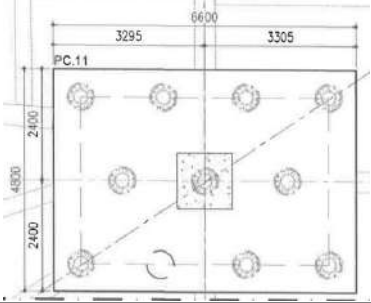
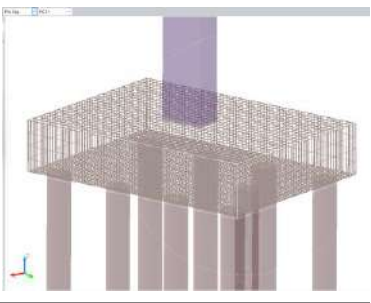
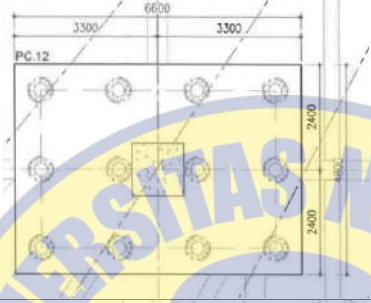
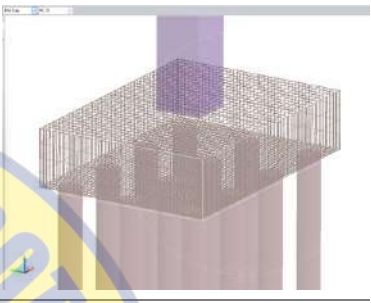
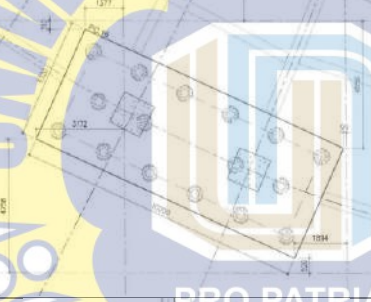

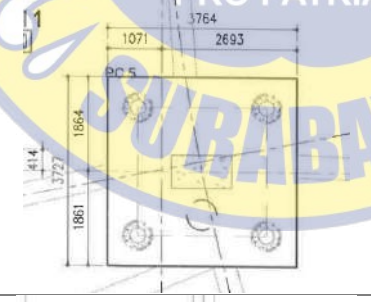
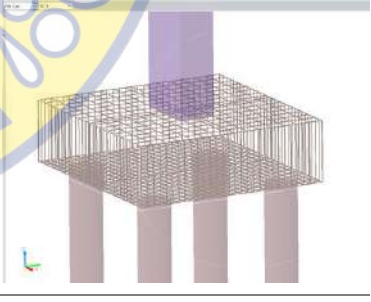
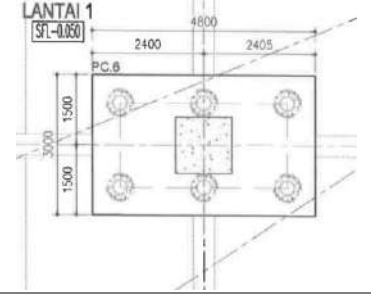
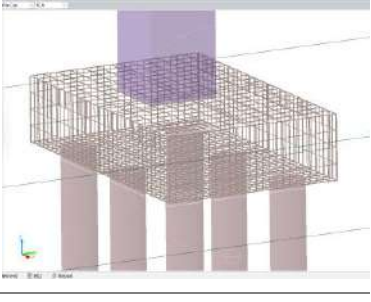
Setelah seluruh proses pengaturan tulangan untuk elemen-elemen struktural dilakukan pada subbab sebelumnya, tahap selanjutnya adalah memperoleh hasil visualisasi pemodelan tulangan yang dihasilkan oleh perangkat lunak Cubicost

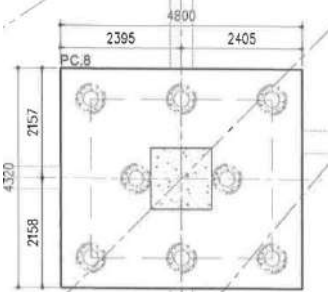
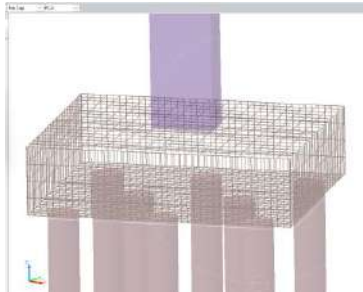

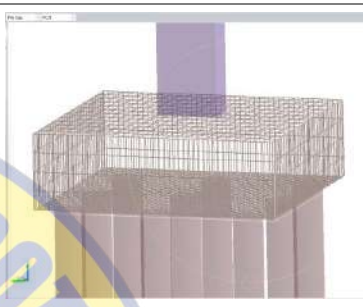
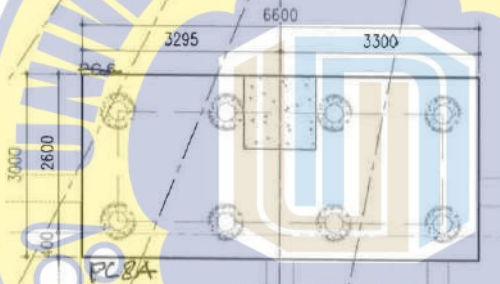

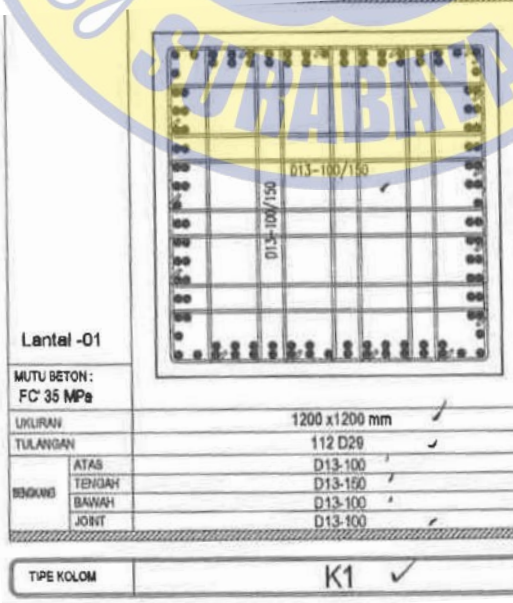
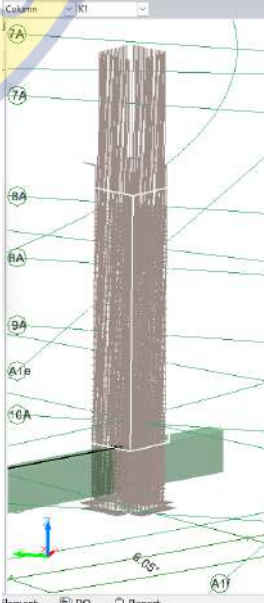
TRB. Representasi bentuk model tiga dimensi (3D) dari susunan tulangan pada masing-masing elemen struktur disajikan dalam **Tabel 4. 5**.

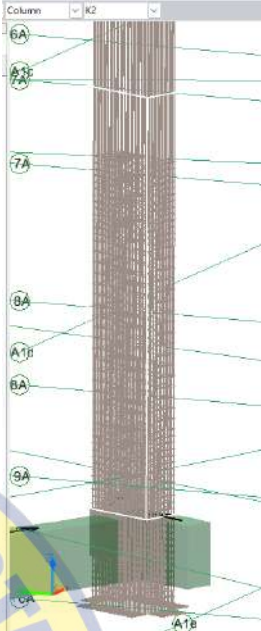
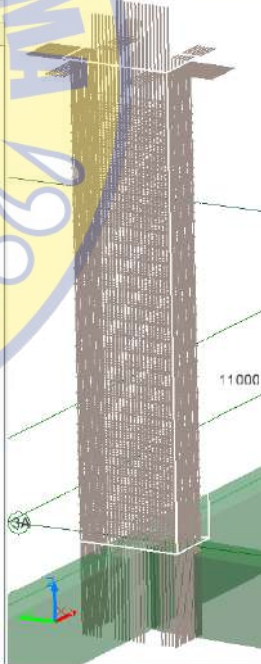
Tabel 4. 5 Representasi Model Tiga Dimensi Elemen Struktur

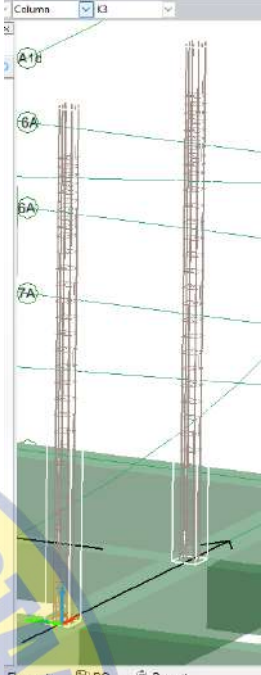
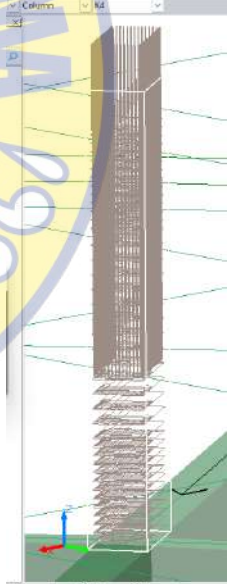
Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan
Fondasi (<i>Pile Cap</i>)		
PC.2		
PC.4		
PC.9A		
PC.11 A		

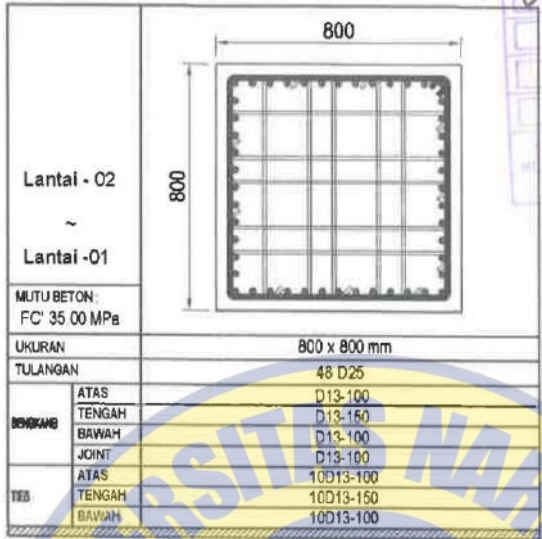
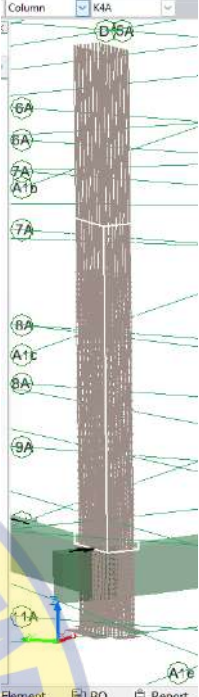
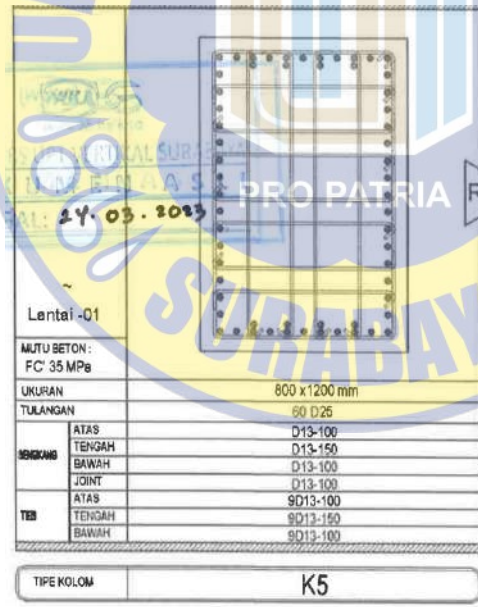
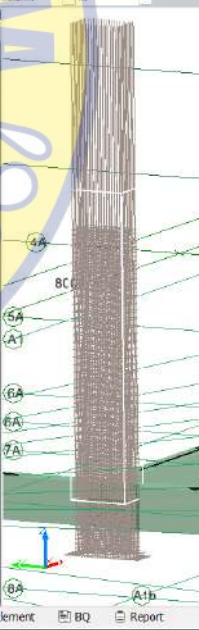
Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan
PC.2'		
PC.4A		
PC.5A		
PC.5B		
PC.1		

Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan
PC.11		
PC.12		
PC.16		
PC.5		
PC.6		

Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan																				
PC.8																						
PC.9																						
PC.8A																						
K1																						
	 <table><tr><th colspan="2">Lantai -01</th></tr><tr><td>MUTU BETON :</td><td>FC' 35 MPa</td></tr><tr><td>UKURAN</td><td>1200 x 1200 mm</td></tr><tr><td>TULANGAN</td><td>112 D29</td></tr><tr><td rowspan="4">BAGIAN</td><td>ATAS</td><td>D13-100</td></tr><tr><td>TENGAH</td><td>D13-150</td></tr><tr><td>BAWAH</td><td>D13-100</td></tr><tr><td>JOINT</td><td>D13-100</td></tr><tr><td colspan="2">TIPE KOLOM</td><td>K1</td></tr></table>	Lantai -01		MUTU BETON :	FC' 35 MPa	UKURAN	1200 x 1200 mm	TULANGAN	112 D29	BAGIAN	ATAS	D13-100	TENGAH	D13-150	BAWAH	D13-100	JOINT	D13-100	TIPE KOLOM		K1	
Lantai -01																						
MUTU BETON :	FC' 35 MPa																					
UKURAN	1200 x 1200 mm																					
TULANGAN	112 D29																					
BAGIAN	ATAS	D13-100																				
	TENGAH	D13-150																				
	BAWAH	D13-100																				
	JOINT	D13-100																				
TIPE KOLOM		K1																				

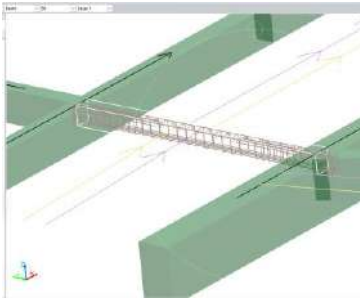
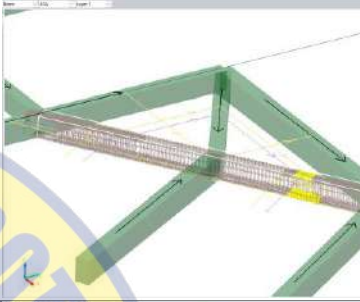

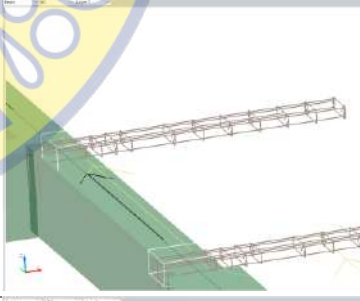
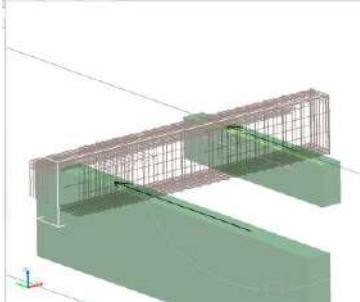
Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan
K2	<div><div>Lantai - 04</div><div>~</div><div>Lantai -01</div><div>MUTU BETON: FC' 35 MPa</div><div>UKURAN650 x1200 mm</div><div>TULANGAN78 D25</div><div><div>SEKANG</div><div>ATASD13-100</div><div>TENGAHD13-150</div><div>BAWAHD13-100</div><div>JOINTD13-100</div><div>TIE</div><div>ATAS9D13-100</div><div>TENGAH9D13-150</div><div>BAWAH9D13-100</div></div><div>TIPE KOLOMK2</div></div>	
K2A	<div><div>Lantai - 04</div><div>~</div><div>Lantai -01</div><div>MUTU BETON: FC' 35 MPa</div><div>UKURAN650 x1200 mm</div><div>TULANGAN78 D25</div><div><div>SEKANG</div><div>ATASD13-100</div><div>TENGAHD13-150</div><div>BAWAHD13-100</div><div>JOINTD13-100</div><div>TIE</div><div>ATAS9D13-100</div><div>TENGAH9D13-150</div><div>BAWAH9D13-100</div></div><div>TIPE KOLOMK2A</div></div>	

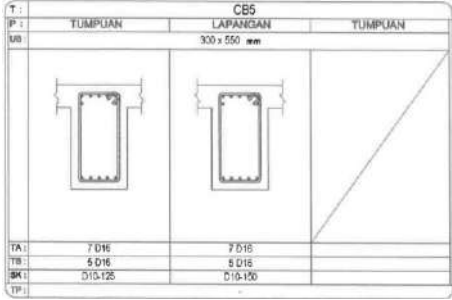
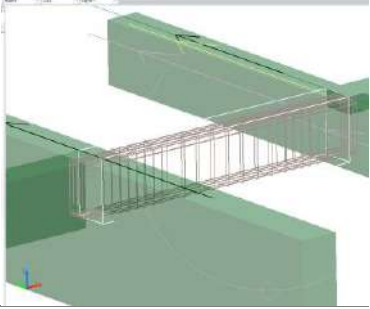
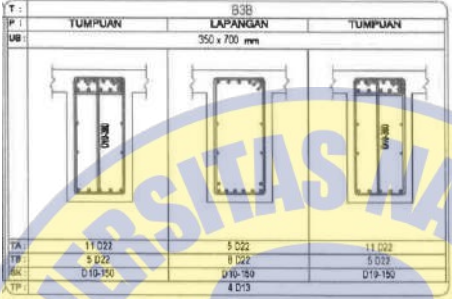
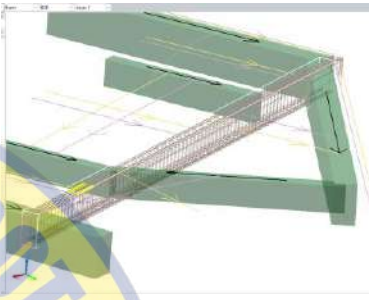
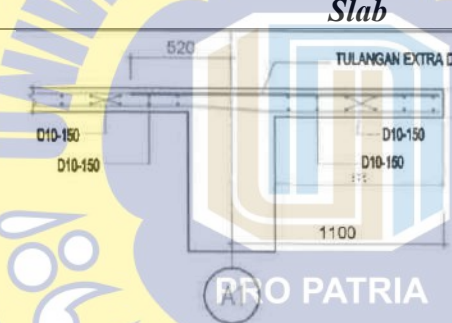
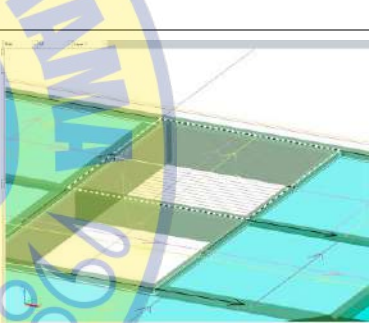
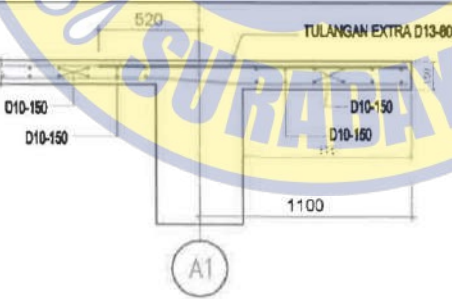
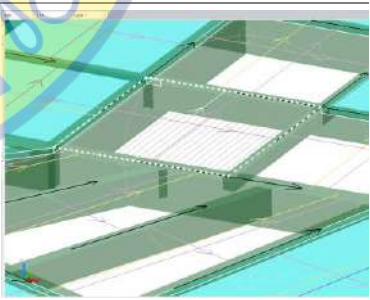
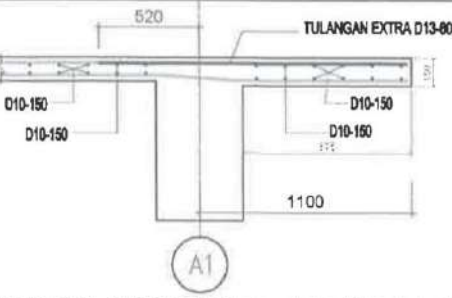
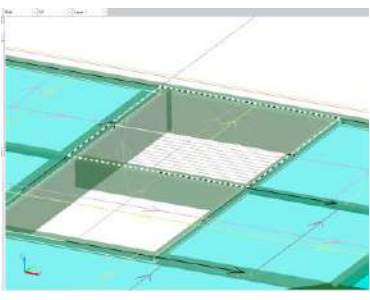
Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan
K3	<div> <div>Lantai - 07 ~ Lantai - 01</div> <div> <div>MUTU BETON: FC' 35,00 MPa</div> <div> <div>UKURAN</div> <div>250 x 250 mm</div> </div> <div> <div>TULANGAN</div> <div>8 D 18</div> </div> <div> <div>SEKANG</div> <div> <div>ATAS</div> <div>D10-125</div> </div> <div> <div>TENGAH</div> <div>D10-150</div> </div> <div> <div>BAWAH</div> <div>D10-125</div> </div> <div> <div>JOINT</div> <div>D10-125</div> </div> </div> </div> <div> <div>TIPE KOLOM</div> <div>K3</div> </div> </div>	
	<div> <div>Lantai - 01</div> <div> <div>MUTU BETON: FC' 35,00 MPa</div> <div> <div>UKURAN</div> <div>800 x 800 mm</div> </div> <div> <div>TULANGAN</div> <div>40 D 19</div> </div> <div> <div>SEKANG</div> <div> <div>ATAS</div> <div>D13-100</div> </div> <div> <div>TENGAH</div> <div>D13-150</div> </div> <div> <div>BAWAH</div> <div>D13-100</div> </div> <div> <div>JOINT</div> <div>D13-100</div> </div> </div> <div> <div>TIPE</div> <div> <div>ATAS</div> <div>8D13-100</div> </div> <div> <div>TENGAH</div> <div>8D13-150</div> </div> <div> <div>BAWAH</div> <div>8D13-100</div> </div> </div> </div> <div> <div>TIPE KOLOM</div> <div>K4</div> </div> </div>	

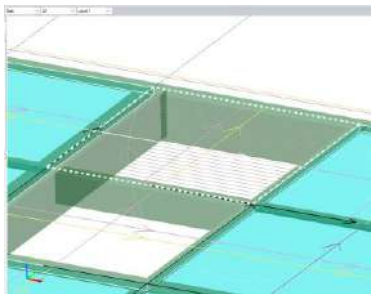
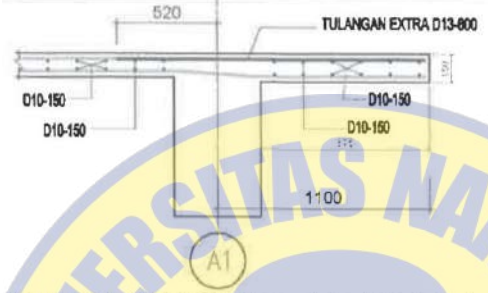
Nama		Gambar DED	Hasil Pemodelan
K4A			
			
Tie Beam			

Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan																																
TB1	<table><tr><th>TYPE</th><th colspan="2">TB.1</th></tr><tr><th></th><th>TUMPUAN</th><th>LAPANGAN</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>DIMENSI</td><td colspan="2">450 x 900</td></tr><tr><td>Tul. Atas</td><td>7 D25</td><td>7 D25</td></tr><tr><td>Tul. Bawah</td><td>7 D25</td><td>7 D25</td></tr><tr><td>Tul. Pinggang</td><td>4 D19</td><td>4 D19</td></tr><tr><td>Sengkang</td><td>D10 - 150</td><td>D10 - 200</td></tr><tr><td>Ties</td><td>D10 - 300</td><td>D10 - 300</td></tr></table>	TYPE	TB.1			TUMPUAN	LAPANGAN				DIMENSI	450 x 900		Tul. Atas	7 D25	7 D25	Tul. Bawah	7 D25	7 D25	Tul. Pinggang	4 D19	4 D19	Sengkang	D10 - 150	D10 - 200	Ties	D10 - 300	D10 - 300						
TYPE	TB.1																																	
	TUMPUAN	LAPANGAN																																
DIMENSI	450 x 900																																	
Tul. Atas	7 D25	7 D25																																
Tul. Bawah	7 D25	7 D25																																
Tul. Pinggang	4 D19	4 D19																																
Sengkang	D10 - 150	D10 - 200																																
Ties	D10 - 300	D10 - 300																																
TB2	<table><tr><th>TYPE</th><th colspan="2">TB.2</th></tr><tr><th></th><th>TUMPUAN</th><th>LAPANGAN</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>DIMENSI</td><td colspan="2">350 x 700</td></tr><tr><td>Tul. Atas</td><td>7 D19</td><td>7 D19</td></tr><tr><td>Tul. Bawah</td><td>7 D19</td><td>7 D19</td></tr><tr><td>Tul. Pinggang</td><td>2 D18</td><td>2 D18</td></tr><tr><td>Sengkang</td><td>D10 - 150</td><td>D10 - 200</td></tr><tr><td>Ties</td><td>D10 - 300</td><td>D10 - 300</td></tr></table>	TYPE	TB.2			TUMPUAN	LAPANGAN				DIMENSI	350 x 700		Tul. Atas	7 D19	7 D19	Tul. Bawah	7 D19	7 D19	Tul. Pinggang	2 D18	2 D18	Sengkang	D10 - 150	D10 - 200	Ties	D10 - 300	D10 - 300						
TYPE	TB.2																																	
	TUMPUAN	LAPANGAN																																
DIMENSI	350 x 700																																	
Tul. Atas	7 D19	7 D19																																
Tul. Bawah	7 D19	7 D19																																
Tul. Pinggang	2 D18	2 D18																																
Sengkang	D10 - 150	D10 - 200																																
Ties	D10 - 300	D10 - 300																																
Balok																																		
B3A	<table><tr><th>T. 1</th><th colspan="2">B3A</th><th>T. 2</th></tr><tr><th>P. 2</th><th>TUMPUAN</th><th>LAPANGAN</th><th>TUMPUAN</th></tr><tr><th>UB:</th><th colspan="3">350 x 700 mm</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>TA:</td><td>8 D19</td><td>4 D18</td><td>8 D19</td></tr><tr><td>TB:</td><td>8 D19</td><td>10 D17</td><td>8 D19</td></tr><tr><td>BK:</td><td>D10-150</td><td>D10-200</td><td>D10-150</td></tr><tr><td>TP:</td><td colspan="3">4 D13</td></tr></table>	T. 1	B3A		T. 2	P. 2	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	UB:	350 x 700 mm							TA:	8 D19	4 D18	8 D19	TB:	8 D19	10 D17	8 D19	BK:	D10-150	D10-200	D10-150	TP:	4 D13			
T. 1	B3A		T. 2																															
P. 2	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN																															
UB:	350 x 700 mm																																	
TA:	8 D19	4 D18	8 D19																															
TB:	8 D19	10 D17	8 D19																															
BK:	D10-150	D10-200	D10-150																															
TP:	4 D13																																	
B5	<table><tr><th>T. 1</th><th colspan="2">B5</th><th>T. 2</th></tr><tr><th>P. 3</th><th>TUMPUAN</th><th>LAPANGAN</th><th>TUMPUAN</th></tr><tr><th>UB:</th><th colspan="3">300 x 550 mm</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>TA:</td><td>8 D18</td><td>4 D18</td><td>6 D18</td></tr><tr><td>TB:</td><td>5 D18</td><td>7 D18</td><td>5 D18</td></tr><tr><td>BK:</td><td>D10-150</td><td>D10-200</td><td>D10-150</td></tr><tr><td>TP:</td><td colspan="3"></td></tr></table>	T. 1	B5		T. 2	P. 3	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	UB:	300 x 550 mm							TA:	8 D18	4 D18	6 D18	TB:	5 D18	7 D18	5 D18	BK:	D10-150	D10-200	D10-150	TP:				
T. 1	B5		T. 2																															
P. 3	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN																															
UB:	300 x 550 mm																																	
TA:	8 D18	4 D18	6 D18																															
TB:	5 D18	7 D18	5 D18																															
BK:	D10-150	D10-200	D10-150																															
TP:																																		
B4	<table><tr><th>T. 1</th><th colspan="2">CB4</th><th>T. 2</th></tr><tr><th>P. 1</th><th>TUMPUAN</th><th>LAPANGAN</th><th>TUMPUAN</th></tr><tr><th>UB:</th><th colspan="3">300 x 600 mm</th></tr><tr><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>TA:</td><td>7 D22</td><td>7 D22</td><td></td></tr><tr><td>TB:</td><td>4 D22</td><td>4 D22</td><td></td></tr><tr><td>BK:</td><td>D10-100</td><td>D10-150</td><td></td></tr><tr><td>TP:</td><td colspan="3">2 D10</td></tr></table>	T. 1	CB4		T. 2	P. 1	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	UB:	300 x 600 mm							TA:	7 D22	7 D22		TB:	4 D22	4 D22		BK:	D10-100	D10-150		TP:	2 D10			
T. 1	CB4		T. 2																															
P. 1	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN																															
UB:	300 x 600 mm																																	
TA:	7 D22	7 D22																																
TB:	4 D22	4 D22																																
BK:	D10-100	D10-150																																
TP:	2 D10																																	

Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan
B2		
B7		
CB4		
B3		
B1		

Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan																												
B6	<table><tr><td>T :</td><td colspan="3">B6</td></tr><tr><td>SP :</td><td>TUMPUAN</td><td>LAPANGAN</td><td>TUMPUAN</td></tr><tr><td>UB :</td><td colspan="3">250 x 300 mm</td></tr><tr><td>TA :</td><td>6 D16</td><td>3 D16</td><td>6 D16</td></tr><tr><td>TB :</td><td>4 D16</td><td>5 D16</td><td>4 D16</td></tr><tr><td>BK :</td><td>D10-125</td><td>D10-150</td><td>D10-125</td></tr><tr><td>TP :</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	T :	B6			SP :	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	UB :	250 x 300 mm			TA :	6 D16	3 D16	6 D16	TB :	4 D16	5 D16	4 D16	BK :	D10-125	D10-150	D10-125	TP :				
T :	B6																													
SP :	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN																											
UB :	250 x 300 mm																													
TA :	6 D16	3 D16	6 D16																											
TB :	4 D16	5 D16	4 D16																											
BK :	D10-125	D10-150	D10-125																											
TP :																														
B1A	<table><tr><td>T :</td><td colspan="3">B1A</td></tr><tr><td>SP :</td><td>TUMPUAN</td><td>LAPANGAN</td><td>TUMPUAN</td></tr><tr><td>UB :</td><td colspan="3">300 x 300 mm</td></tr><tr><td>TA :</td><td>24 D25</td><td>10 D25</td><td>24 D25</td></tr><tr><td>TB :</td><td>18 D25</td><td>16 D25</td><td>18 D25</td></tr><tr><td>BK :</td><td>D10-100</td><td>D10-100</td><td>D10-100</td></tr><tr><td>TP :</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	T :	B1A			SP :	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	UB :	300 x 300 mm			TA :	24 D25	10 D25	24 D25	TB :	18 D25	16 D25	18 D25	BK :	D10-100	D10-100	D10-100	TP :				
T :	B1A																													
SP :	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN																											
UB :	300 x 300 mm																													
TA :	24 D25	10 D25	24 D25																											
TB :	18 D25	16 D25	18 D25																											
BK :	D10-100	D10-100	D10-100																											
TP :																														
B3C	<table><tr><td>T :</td><td colspan="3">B3C</td></tr><tr><td>SP :</td><td>TUMPUAN</td><td>LAPANGAN</td><td>TUMPUAN</td></tr><tr><td>UB :</td><td colspan="3">350 x 1250 mm</td></tr><tr><td>TA :</td><td>12 D25</td><td>10 D25</td><td>12 D25</td></tr><tr><td>TB :</td><td>12 D25</td><td>10 D25</td><td>12 D25</td></tr><tr><td>BK :</td><td>D10-100</td><td>D10-100</td><td>D10-100</td></tr><tr><td>TP :</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	T :	B3C			SP :	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	UB :	350 x 1250 mm			TA :	12 D25	10 D25	12 D25	TB :	12 D25	10 D25	12 D25	BK :	D10-100	D10-100	D10-100	TP :				
T :	B3C																													
SP :	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN																											
UB :	350 x 1250 mm																													
TA :	12 D25	10 D25	12 D25																											
TB :	12 D25	10 D25	12 D25																											
BK :	D10-100	D10-100	D10-100																											
TP :																														
BS	<table><tr><td>T :</td><td colspan="3">B6</td></tr><tr><td>SP :</td><td>TUMPUAN</td><td>LAPANGAN</td><td>TUMPUAN</td></tr><tr><td>UB :</td><td colspan="3">300 x 550 mm</td></tr><tr><td>TA :</td><td>6 D16</td><td>4 D16</td><td>6 D16</td></tr><tr><td>TB :</td><td>5 D16</td><td>7 D16</td><td>5 D16</td></tr><tr><td>BK :</td><td>D10-150</td><td>D10-200</td><td>D10-150</td></tr><tr><td>TP :</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	T :	B6			SP :	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	UB :	300 x 550 mm			TA :	6 D16	4 D16	6 D16	TB :	5 D16	7 D16	5 D16	BK :	D10-150	D10-200	D10-150	TP :				
T :	B6																													
SP :	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN																											
UB :	300 x 550 mm																													
TA :	6 D16	4 D16	6 D16																											
TB :	5 D16	7 D16	5 D16																											
BK :	D10-150	D10-200	D10-150																											
TP :																														
CB2	<table><tr><td>T :</td><td colspan="3">CB2</td></tr><tr><td>SP :</td><td>TUMPUAN</td><td>LAPANGAN</td><td>TUMPUAN</td></tr><tr><td>UB :</td><td colspan="3">450 x 650 mm</td></tr><tr><td>TA :</td><td>19 D25</td><td>16 D25</td><td></td></tr><tr><td>TB :</td><td>14 D25</td><td>14 D25</td><td></td></tr><tr><td>BK :</td><td>D10-100</td><td>D10-150</td><td></td></tr><tr><td>TP :</td><td></td><td>4 D19</td><td></td></tr></table>	T :	CB2			SP :	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	UB :	450 x 650 mm			TA :	19 D25	16 D25		TB :	14 D25	14 D25		BK :	D10-100	D10-150		TP :		4 D19		
T :	CB2																													
SP :	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN																											
UB :	450 x 650 mm																													
TA :	19 D25	16 D25																												
TB :	14 D25	14 D25																												
BK :	D10-100	D10-150																												
TP :		4 D19																												

Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan
CB5		
B3B		
SA	<p data-bbox="804 967 863 999"><i>Slab</i></p> 	
S1		
S2		

Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan
S3		
S4		

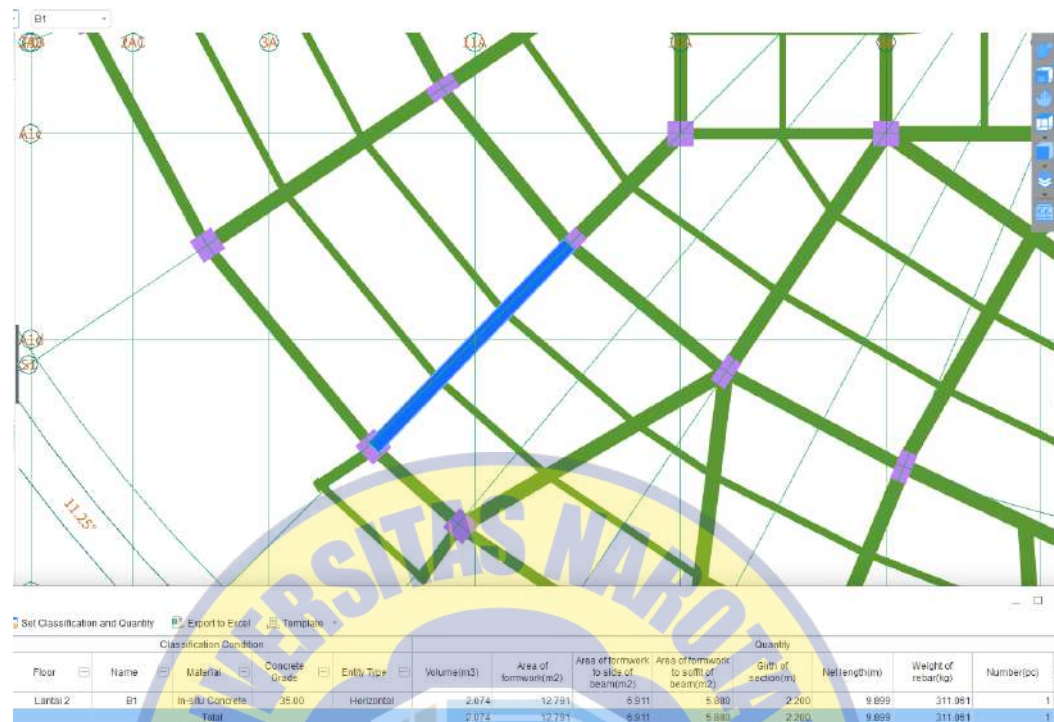
4.4 Verifikasi Kuantitas Pekerjaan Beton pada Cubicost

Verifikasi kuantitas bertujuan untuk memastikan bahwa hasil kalkulasi volume dari Cubicost TAS dan Cubicost TRB sesuai dengan metode perhitungan dengan menggunakan Microsoft Excel. Proses ini dilakukan dengan cara membandingkan nilai kuantitas hasil pemodelan terhadap hasil perhitungan manual berdasarkan sampel elemen struktur. Verifikasi volume beton dilakukan pada elemen balok B1 sebagai sampel. Balok ini memiliki dimensi penampang melintang 500 mm × 600 mm dan panjang 6.900 mm. Perhitungan volume secara manual dilakukan menggunakan rumus:

$$\text{Volume} = \text{panjang} \times \text{lebar} \times \text{tinggi}$$

$$\text{Volume} = 6.9 \text{ m} \times 0.5 \text{ m} \times 0.6 \text{ m} = 2.074 \text{ m}^3$$

Hasil perhitungan tersebut kemudian dibandingkan dengan volume yang dihasilkan dari pemodelan pada Cubicost TAS. Berdasarkan perbandingan yang ditunjukkan pada **Gambar 4. 42**, diperoleh hasil yang identik, yaitu sebesar 2.074 m³. Hal ini menunjukkan bahwa kalkulasi volume beton yang dilakukan oleh Cubicost TAS valid dan sesuai dengan metode konvensional.



Gambar 4. 42 Sample Verifikasi Kuantitas Beton

4.5 Perhitungan Volume Menggunakan Cubicost TAS dan TRB

Setelah seluruh proses pemodelan diselesaikan menggunakan perangkat lunak Cubicost TAS dan TRB, hasil perhitungan volume pekerjaan beton dan baja tulangan diperoleh melalui *report module* yang tersedia pada masing-masing perangkat lunak. Data hasil pemodelan tersebut kemudian digunakan sebagai dasar untuk dilakukan perbandingan terhadap nilai yang dihitung secara manual menggunakan Microsoft Excel sebagai bentuk validasi kuantitas.

4.5.1 Pekerjaan Beton

4.5.1.1 Pekerjaan Fondasi *Pile Cap*

Pekerjaan beton fondasi *pile cap* dilakukan pada beberapa tipe pile cap, seperti PC.2, PC.4, PC.9A, hingga PC.8A. Pemodelan dilakukan menggunakan Cubicost TAS dan hasilnya dibandingkan dengan perhitungan manual berbasis Microsoft Excel.

Tabel 4. 6 berikut menyajikan hasil pemodelan volume beton dan area bekisting pada pekerjaan *pile cap* menggunakan Cubicost TAS.

Tabel 4. 6 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Beton pada *Pile Cap* dengan Cubicost TAS

Pile Cap	Volume (m³)	<i>Area of formwork</i> (m²)	<i>Area of soffit</i> (m²)	<i>Area of side</i> (m²)	<i>Area of top</i> (m²)
PC.2	4.2	8.8	3.6	8.8	3.6
PC.4	13.0	15.0	9.7	15.0	8.1
PC.9A	244.9	199.0	86.7	199.0	91.1
PC.11A	191.0	134.6	59.9	134.6	63.0
PC.2'	3.0	4.9	5.4	4.9	4.9
PC.4A	81.0	97.9	59.9	97.9	54.2
PC.5A	17.3	18.0	13.0	18.0	10.8
PC.5B	58.0	53.3	44.1	53.3	33.8
PC.1	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
PC.11	221.4	134.9	140.6	134.9	154.8
PC.12	103.9	62.5	58.2	62.5	65.0
PC.16	129.9	75.0	84.0	75.0	92.8
PC.5	17.3	14.0	13.3	14.0	14.4
PC.6	140.7	126.6	104.0	126.6	117.2
PC.7	206.8	161.7	131.3	161.7	147.7
PC.8	239.3	171.2	152.8	171.2	150.2
PC.86	452.8	100.5	259.2	100.5	283.0
PC.9	78.5	54.7	44.0	54.7	49.1
PC.8A	58.5	48.9	37.2	48.9	38.9
Jumlah	2262.6	1481.6	1306.9	1481.6	1382.5

Berdasarkan data dari Cubicost TAS, total volume beton pekerjaan pile cap sebesar 2.262,6 m³. Volume terbesar terdapat pada tipe PC.86 sebesar 452,8 m³, diikuti oleh PC.9A dan PC.8 dengan volume masing-masing sebesar 244,9 m³ dan 239,3 m³. Sebaliknya, volume terkecil terdapat pada tipe PC.1 yang hanya sebesar 1,3 m³.

4.5.1.2 Pekerjaan Kolom

Pekerjaan beton kolom dianalisis pada dua tingkat bangunan, yaitu Lantai 1 dan Lantai 3. Tipe-tipe kolom yang dimodelkan meliputi K1, K1A, K1B, K2, K2A, K3, K4, K4A, dan K5. Pemodelan dilakukan menggunakan Cubicost TAS untuk memperoleh informasi volume beton dan jumlah elemen.

Tabel 4. 7 menyajikan hasil pemodelan volume pekerjaan dan luasan bekisting pada masing-masing tipe kolom yang terdapat dalam bangunan.

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Beton pada Kolom dengan Cubicost TAS

Kolom	Volume (m ³)	Area of formwork (m ²)	Number (pc)
Lantai 1			
K1	28.8	96.0	4.0
K1A	214.3	713.0	26.0
K1B	122.5	407.9	15.0
K2	63.1	299.1	15.0
K2A	4.2	20.1	1.0
K3	11.6	185.4	34.0
K4	10.7	53.3	1.0
K4A	19.9	100.1	5.0
K5	22.9	95.6	4.0
Lantai 3			
K1	24.5	98.0	5.0
K1A	122.4	489.7	25.0
K1B	73.5	294.0	15.0
K2	61.1	289.7	16.0
K2A	3.9	18.5	1.0
K3	9.9	158.0	32.0
K4	0.0	0.0	0.0
K4A	6.3	31.5	2.0

Kolom	Volume (m ³)	Area of formwork (m ²)	Number (pc)
K5	18.8	78.3	4.0
Jumlah	818.3	3428.2	205.0

Berdasarkan hasil pemodelan menggunakan Cubicost TAS, volume beton pada kolom mencapai 818,3 m³. Volume terbesar terdapat pada tipe kolom K1A di Lantai 1 dengan total 214,3 m³, sedangkan volume terkecil ditemukan pada kolom K2A di Lantai 3 sebesar 3,9 m³.

4.5.1.3 Pekerjaan *Tie Beam* dan Balok

Elemen *tie beam* dan balok terdiri atas beberapa jenis balok dan TB (*tie beam*) yang berada di Lantai 1 dan Lantai 3. Tipe-tipe elemen yang dimodelkan mencakup TB1, TB2, B3A, B5, B4, B2, B7, CB4, B3, B1, B6, B1A, B3C, BS, CB2, CB5, dan B3B. **Tabel 4. 8** berikut merangkum hasil pemodelan volume dan area bekisting berdasarkan Cubicost TAS.

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Beton pada Tie Beam dan Balok dengan Cubicost TAS

Jenis Elemen <i>Tie Beam</i> dan Balok	Volume (m ³)	Area of Formwork (m ²)
Lantai 1		
TB1	415.73	1838.58
TB2	181.78	1371.87
Lantai 3		
B3A	11.48	88.14
B5	33.50	299.67
B4	50.95	464.23
B2	47.70	306.73
B7	141.72	843.48
CB4	1.10	10.55
B3	15.13	102.99

Jenis Elemen <i>Tie Beam</i> dan Balok	Volume (m ³)	Area of Formwork (m ²)
B1	176.07	760.92
B6	3.36	37.65
B1A	14.75	65.23
B3C	1.83	12.97
BS	1.11	19.00
CB2	10.15	65.74
CB5	0.23	2.83
B3B	2.16	15.36
Jumlah	511.25	3095.48

Berdasarkan data Cubicost TAS, volume total pekerjaan beton mencapai 511,25 m³. Elemen dengan volume beton terbesar adalah TB1 di Lantai 1 sebesar 176,07 m³, sementara elemen terkecil adalah CB5 dengan hanya 0,23 m³.

4.5.1.4 Pekerjaan Slab

Elemen *slab* terdiri dari empat tipe pelat, yaitu SA, S1, S3, dan S4 yang berada pada Lantai 1 dan Lantai 3, dengan ketebalan bervariasi antara 125 mm hingga 200 mm. Tabel 4. 9 menyajikan volume beton, luas slab, dan *formwork* berdasarkan hasil pemodelan menggunakan Cubicost TAS.

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Beton pada *Slab* dengan Cubicost TAS

Lantai	Tipe	Thickness (mm)	Volume (m ³)	Area (m ²)	Area of Formwork to Soffit (m ²)
Lantai 1	SA	150	465.15	3100.98	2573.60
	S1	125	466.47	3731.91	2999.77
Lantai 3	S4	150	15.47	103.11	87.68
	S3	200	33.55	167.76	138.85

Lantai	Tipe	Thickness (mm)	Volume (m ³)	Area (m ²)	Area of Formwork to Soffit (m ²)
Jumlah			980.64	7103.76	980.64

Berdasarkan hasil pemodelan Cubicost TAS, volume total pekerjaan beton pada *slab* sebesar 980,64 m³. Volume terbesar pada tipe pelat S1 di Lantai 3 sebesar 466,47 m³, sementara yang terkecil adalah pelat tipe S4 di lantai yang sama dengan volume sebesar 15,47 m³.

4.5.2 Pekerjaan Tulangan

4.5.2.1 Pekerjaan Fondasi *Pile Cap*

Pemodelan tulangan pada pekerjaan fondasi *pile cap* dilakukan terhadap tipe-tipe elemen yang sama seperti pekerjaan beton, yaitu PC.2, PC.4, PC.9A, PC.11A, PC.2', PC.4A, PC.5A, PC.5B, PC.1, PC.11, PC.12, PC.16, PC.5, PC.6, PC.7, PC.8, PC.86, PC.9, dan PC.8A. Perhitungan volume dilakukan berdasarkan diameter tulangan 16 mm dan 25 mm menggunakan Cubicost TRB.

Tabel 4. 10 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Tulangan pada Fondasi *Pile Cap* dengan Cubicost TRB

Tipe	Diameter (mm)		Jumlah (kg)
	16	25	
PC.2	34.40	816.14	850.53
PC.4	69.20	1558.97	1628.18
PC.9A	202.08	19240.50	19442.57
PC.11A	242.18	11843.10	12085.28
PC.2'	0.00	761.02	761.02
PC.4A	460.39	9930.36	10390.74
PC.5A	158.28	4322.52	4480.80
PC.5B	244.33	6464.35	6708.68
PC.1	10.57	268.27	278.83
PC.11	483.37	20564.79	21048.15
PC.12	240.77	10481.96	10722.73
PC.16	303.04	14744.71	15047.75

Tipe	Diameter (mm)		Jumlah (kg)
	16	25	
PC.5	0.00	1973.61	1973.61
PC.6	637.42	15976.34	16613.76
PC.7	702.93	24241.94	24944.86
PC.8	757.19	22863.80	23620.99
PC.86	462.21	43507.51	43969.72
PC.9	398.88	16199.33	16598.21
PC.8A	199.50	5784.83	5984.33
Jumlah			237150.75

Berdasarkan Tabel 4. 10, total volume tulangan pada *pile cap* mencapai 237.150,75 kg. Volume terbesar terdapat pada tipe PC.86 sebesar 43.969,72 kg, sedangkan volume terkecil terdapat pada PC.1 dengan total 278,83 kg.

4.5.2.2 Pekerjaan Kolom

Tabel 4. 11 berikut menyajikan rekapitulasi berat tulangan berdasarkan diameter dan klasifikasi kolom pada dua lantai yang dianalisis, yaitu Lantai 1 dan Lantai 3.

Tabel 4. 11 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Tulangan pada Kolom dengan Cubicost TRB

Classification Condition		Rebar Weight (kg)					Summary (kg)
Lantai i	Tipe	Rebar Diameter (mm)					
		10	13	16	25	29	
	K1	0.00	7568.84	0.00	0.00	30663.66	38232.49
Lantai i 1	K1		24981.8			98150.4	123132.3
	A	0.00	6	0.00	0.00	5	1
	K1B	0.00	20388.28	0.00	0.00	45070.46	65458.74

Classification Condition		Rebar Weight (kg)					Summary (kg)
Lantai	Tipe	Rebar Diameter (mm)					
		10	13	16	25	29	
i	K2	0.00	11237.37	0.00	31078.03	0.00	42315.40
	K2A	0.00	754.36	0.00	2578.48	0.00	3332.84
	K3	793.02	0.00	3776.88	0.00	0.00	4569.90
	K4	0.00	1491.32	0.00	0.00	0.00	1491.32
	K4A	0.00	1493.76	0.00	3317.80	0.00	4811.56
	K5	0.00	3464.84	0.00	7881.82	0.00	11346.67
i 3	K1	0.00	5468.35	0.00	15933.27	0.00	21401.63
	K1A	0.00	18050.63	0.00	52578.05	0.00	70628.68
	K1B	0.00	12941.95	0.00	23866.59	0.00	36808.54
	K2	0.00	7815.88	0.00	23438.71	0.00	31254.59
	K2A	0.00	548.63	0.00	1553.29	0.00	2101.92
	K3	671.50	0.00	2173.87	0.00	0.00	2845.37
	K4A	0.00	974.11	0.00	2147.13	0.00	3121.24
	K5	0.00	2598.77		0.00	0.00	2598.77
Jumlah							465451.95

Total volume pekerjaan tulangan kolom berdasarkan hasil pemodelan Cubicost TRB sebesar 465.451,95 kg. Elemen kolom yang memberikan kontribusi terbesar terhadap total volume adalah K1A di Lantai 1, dengan total berat mencapai 123.132,31 kg. Sebaliknya, kolom K4 di Lantai 1 memberikan volume terkecil dengan berat hanya 1.491,32 kg.

4.5.2.3 Pekerjaan *Tie Beam* dan Balok

Pekerjaan tulangan *tie beam* dan balok mencakup berbagai tipe elemen, yaitu TB1, TB2, B1, B1A, B2, B2A, B3, B3A, B3B, B3C, B4, B4A, B5, B6, B7, B9, BS, CB2, CB4, dan CB5. **Tabel 4. 12** memberikan rincian berat tulangan berdasarkan diameter yang digunakan.

Tabel 4. 12 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Tulangan pada *Tie Beam* dan Balok dengan Cubicost TRB

<i>Classification</i>		<i>Rebar Weight (kg)</i>						<i>Summary (kg)</i>
<i>Condition</i>		<i>Rebar Diameter (mm)</i>						
Lantai	Tip	10	13	16	19	22	25	
Lantai 1	TB	9112.4	0.00	0.00	6011.0	0.00	56131.	71255.4
	1				4		9	3
Lantai 1	TB	11361.	152.94	4816.3	47999.	0.00	0.00	64330.4
	2	5			64			7
	B1	0.00	18500.	2829.3	0.00	0.00	59852.	81182.6
			7				5	1
Lantai 3	B1	59.62	1504.0	208.53	0.00	0.00	4668.4	6440.66
	A		8				4	
Lantai 3	B2	0.00	6479.1	0.00	0.00	0.00	24615.	31094.2
			4				1	9
	B2	39.32	216.24	92.27	0.00	0.00	918.06	1265.89
	A							

B3	518.65	290.16	0.00	2379.1 3	0.00	0.00	3187.94
B3 A	791.46	269.12	0.00	2399.4 5	0.00	0.00	3460.03
B3 B	161.26	52.96	0.00	0.00	640.38	0.00	854.61
B3 C	103.99	66.86	0.00	0.00	470.44	0.00	641.28
B4	3857.4	0.00	0.00	0.00	13745. 5	0.00	17603.0 8
B4 A	194.42	0.00	0.00	0.00	724.33	0.00	918.75
B5	2251.9 8	0.00	6134.7 6	0.00	0.00	0.00	8386.74
B6	428.25	0.00	1254.9 2	0.00	0.00	0.00	1683.17
B7	890.83	15064. 23	0.00	0.00	0.00	67502. 8	83457.8 9
B9	691.45	0.00	920.69	0.00	0.00	0.00	1612.14
BS	134.91	0.00	599.61	0.00	0.00	0.00	734.53
CB 2	0.00	1949.0 0	0.00	0.00	0.00	7206.5 3	9155.53
CB 4	135.48	0.00	0.00	0.00	370.62	0.00	506.11
CB 5	13.68	0.00	49.99	0.00	0.00	0.00	63.66
Jumlah							387834. 79

Berdasarkan pemodelan, volume total pekerjaan tulangan pada tie beam dan balok adalah 387.834,79 kg. Tipe elemen yang memberikan volume terbesar adalah B7 dengan total berat 83.457,89 kg, diikuti oleh TB1 dan B1.

4.5.2.4 Pekerjaan Slab

Pekerjaan tulangan pada slab dimodelkan berdasarkan klasifikasi utama batang baja pada Lantai 1 dan Lantai 3. **Tabel 4. 13** menyajikan rekapitulasi penulangan pada *Slab*.

Tabel 4. 13 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Tulangan pada *Slab* dengan Cubicost TRB

<i>Classification Condition</i>			<i>Summary (kg)</i>
<i>Lantai</i>	<i>Rebar Classification</i>	<i>Diameter Rebar</i>	
		13	
Lantai 1	Main bar	64202.43	64202.43
Lantai 3	Main bar	70690.41	70690.41
Total		134892.843	134892.843

Total volume tulangan *slab* mencapai 134.892,84 kg. Volume terbesar terdapat pada Lantai 3 sebesar 70.690,41 kg, sedangkan Lantai 1 sebesar 64.202,43 kg.

4.5.3 Pekerjaan Finishing

4.5.3.1 Pekerjaan Pasangan Dinding

Pekerjaan pasangan dinding dilakukan pada dua lantai bangunan, yaitu Lantai 1 dan Lantai 3. Elemen yang dianalisis berupa dinding vertikal, yang dimodelkan menggunakan Cubicost TAS.

Tabel 4. 14 Rekapitulasi Volume Pekerjaan *Finishing* Pasangan Dinding dengan Cubicost TAS

<i>Classification Condition</i>			<i>Quantity</i>
<i>Floor</i>	<i>Entity Type</i>	<i>Name</i>	<i>Area(m²)</i>
Lantai 1	Vertical	Wall-1	6986.900
Lantai 3	Vertical	Wall-1	5844.488
Jumlah			12831.388

Berdasarkan hasil pemodelan Cubicost TAS pada **Tabel 4. 14**, total luas area pasangan dinding adalah sebesar 12.831,39 m². Lantai 1 memiliki luasan terbesar yaitu sebesar 6.986,90 m², sedangkan Lantai 3 sebesar 5.844,49 m².

4.5.3.2 Pekerjaan Pola Lantai

Pekerjaan *finishing* pola lantai dimodelkan berdasarkan geometri pelat pada masing-masing lantai. Pemodelan dilakukan pada Lantai 1 dan Lantai 3, dengan tipe pelat SA (150 mm), S1 (125 mm), S4 (150 mm), dan S3 (200 mm).

Tabel 4. 15 Rekapitulasi Volume Pekerjaan *Finishing* Pola Lantai Dinding dengan Cubicost TAS

Tipe	Thickness	Area (m ²)
Lantai 1		
SA	150	3100.98
Lantai 3		
S1	125	3731.91
S4	150	83.11
S3	200	167.76
Jumlah		7083.76

Hasil pemodelan Cubicost TAS pada **Tabel 4. 15** menunjukkan bahwa total luas pekerjaan *finishing* pola lantai adalah sebesar 7.083,76 m².

4.5.3.3 Pekerjaan Plafond

Pekerjaan *finishing* plafond memiliki konfigurasi luasan yang identik dengan pola lantai karena mengikuti bentuk dan dimensi geometrik pelat lantai bangunan. Oleh karena itu, nilai luasan plafond yang dihasilkan dari pemodelan Cubicost TAS seragam terhadap pola lantai.

Tabel 4. 16 Rekapitulasi Volume Pekerjaan *Finishing* Plafond Dinding dengan Cubicost TAS

Tipe	Thickness	Area (m ²)
Lantai 1		
SA	150	3100.98
Lantai 3		
S1	125	3731.91
S4	150	83.11
S3	200	167.76

Jumlah	7083.76
---------------	----------------

Berdasarkan hasil pemodelan Cubicost TAS pada **Tabel 4. 16**, total luas pekerjaan *finishing* plafond adalah sebesar 7.083,76 m². Pekerjaan plafond dilakukan pada bidang bawah pelat dengan konfigurasi bentuk yang sama seperti pekerjaan pola lantai.

4.6 Perhitungan Volume Menggunakan Microsoft Excel

4.6.1 Pekerjaan Beton

4.6.1.1 Pekerjaan Fondasi *Pile Cap*

Pekerjaan beton pada fondasi *pile cap* dianalisis berdasarkan perhitungan manual menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel. Tipe-tipe *pile cap* yang dihitung meliputi PC.2, PC.4, PC.9A, PC.11A, PC.2', PC.4A, PC.5A, PC.5B, PC.1, PC.11, PC.12, PC.16, PC.5, PC.6, PC.7, PC.8, PC.86, PC.9, dan PC.8A. Volume beton diperoleh dari dimensi geometri masing-masing tipe *pile cap* yang disajikan pada **Tabel 4. 17**.

Tabel 4. 17 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Beton pada *Pile Cap* dengan Microsoft Excel

<i>Pilecap</i>	Beton (m ³)	Galian (m ³)	Psr. Urug (m ³)	Lt. Kerja (m ³)	Urugan Kembali (m ³)	Bekisting (m ²)
PC.2	4.30	40.48	0.70	0.35	33.43	9.99
PC.4	12.48	28.40	1.17	0.59	14.16	15.48
PC.9A	251.00	423.50	11.91	5.96	250.84	117.75
PC.11A	197.00	276.10	7.78	3.89	162.45	68.22
PC.2'	3.53	37.41	0.59	0.30	31.60	9.36
PC.4A	80.75	181.73	7.56	3.78	89.65	96.42
PC.5A	18.00	129.02	3.54	1.77	85.30	39.32
PC.5B	62.00	139.79	6.15	3.07	63.17	62.35
PC.1	1.44	2.25	0.20	0.10	0.95	4.80
PC.11	210.45	226.82	16.04	8.02	37.41	138.79
PC.12	104.03	112.13	7.93	3.97	18.49	68.92
PC.16	144.32	155.66	11.69	5.85	16.62	89.40

<i>Pilecap</i>	Beton (m ³)	Galian (m ³)	Psr. Urug (m ³)	Lt. Kerja (m ³)	Urugan Kembali (m ³)	Bekisting (m ²)
PC.5	19.48	21.41	1.79	0.89	4.12	19.35
PC.6	141.50	152.03	13.00	6.50	26.40	141.25
PC.7	205.13	289.00	24.52	12.26	98.38	174.06
PC.8	237.28	252.43	21.40	10.70	42.37	191.16
PC.86	505.65	867.99	32.95	16.47	457.77	178.17
PC.9	80.32	170.29	12.04	6.02	29.22	118.43
PC.8A	54.50	61.16	4.96	2.48	12.85	49.05
Jumlah	2333.2	3567.6	185.9	93.0	1475.2	1592.292

Berdasarkan hasil perhitungan manual, total volume pekerjaan beton pada *pile cap* adalah sebesar 2.333,2 m³. Selain volume beton, perhitungan juga mencakup volume galian, pasangan urugan, lantai kerja, urugan kembali, serta estimasi luasan bekisting.

4.6.1.2 Pekerjaan Kolom

Pekerjaan beton pada elemen kolom dianalisis pada dua tingkat bangunan, yaitu Lantai 1 dan Lantai 3. Jenis kolom yang dihitung meliputi K1, K1A, K1B, K2, K2A, K3, K4, K4A, dan K5. Perhitungan dilakukan menggunakan Microsoft Excel berdasarkan dimensi panjang dan penampang kolom pada masing-masing lantai yang disajikan pada **Tabel 4. 18**.

Tabel 4. 18 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Beton pada Kolom dengan Microsoft Excel

Tipe	Volume Beton (m ³)	Bekisting (m ²)
Lantai 1		
K1	30.944	41947.275
K1A	216.944	136364.438
K1B	133.784	69017.606
K2	66.183	45828.013

Tipe	Volume Beton (m³)	Bekisting (m²)
K2A	4.329	3099.156
K3	13.338	4772.887
K4	10.656	3658.097
K4A	18.088	4983.926
K5	24.384	11610.590
Lantai 3		
K1	30.000	140.000
K1A	124.000	420.000
K1B	75.000	340.000
K2	58.500	277.500
K2A	3.900	18.500
K3	10.625	170.000
K4	0.000	0.000
K4A	6.400	32.000
K5	19.200	80.000
Jumlah	846.275	322759.987

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total volume pekerjaan beton pada kolom adalah sebesar 846,28 m³, dengan luasan bekisting mencapai 322.759,99 m².

4.6.1.3 Pekerjaan Tie Beam dan Balok

Pekerjaan beton pada elemen *tie beam* dan balok dihitung berdasarkan pembagian elemen struktural pada Lantai 1 dan Lantai 3. Jenis elemen yang termasuk dalam pekerjaan ini meliputi TB1, TB2, B1, B1A, B2, B2A, B3, B3A, B3B, B3C, B4, B4A, B5, B6, B7, B9, CB2, CB4, CB5, dan BS. Hasil perhitungan secara manual *tie beam* dan balok disajikan pada

Tabel 4. 19.

Tabel 4. 19 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Beton pada *Tie Beam* dan Balok dengan Microsoft Excel

Jenis Elemen <i>Tie Beam</i> dan Balok	Volume Beton (m³)	Bekistin g (m²)
Lantai 1		
TB1	426.24	1929.21
TB2	211.99	1218.92
Lantai 3		
B3A	12.45	96.12
B5	36.53	345.67
B4	50.78	466.55
B2	51.35	324.31
B7	154.48	899.33
CB4	1.06	10.23
B3	14.01	110.00
B1	179.74	855.60
B6	3.37	48.40
B1A	13.66	64.08
B3C	1.98	13.75
BS	1.17	17.55
CB2	10.78	70.71
CB5	0.24	2.36
B3B	2.13	16.63
Total	12.45	96.12

Berdasarkan hasil perhitungan manual, total volume pekerjaan beton untuk elemen *tie beam* dan balok adalah sebesar 961,35 m³.

4.6.1.4 Pekerjaan Slab

Pekerjaan beton pada elemen *slab* dihitung untuk dua lantai bangunan dengan berbagai jenis pelat, yaitu SA, S1, S4, dan S3. Hasil perhitungan disajikan pada Tabel 4. 20.

Tabel 4. 20 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Beton pada Slab dengan Microsoft Excel

<i>Floor</i>	<i>Type</i>	<i>Thickness</i> (mm)	Volume Beton (m ³)	Bekisting (m ²)
Lantai 1	SA	150	560.10	3785.56
	S1	125	475.92	3866.62
Lantai 3	S4	150	10.97	87.61
	S3	200	30.63	163.65
Total			1077.63	7903.44

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total volume pekerjaan beton pada elemen *slab* adalah sebesar 1.077,63 m³.

4.6.2 Pekerjaan Tulangan

4.6.2.1 Pekerjaan Fondasi *Pile Cap*

Perhitungan volume pekerjaan tulangan pada fondasi pile cap dilakukan berdasarkan input data manual menggunakan Microsoft Excel. Tipe pile cap yang dianalisis meliputi PC.2, PC.4, PC.9A, PC.11A, PC.2', PC.4A, PC.5A, PC.5B, PC.1, PC.11, PC.12, PC.16, PC.5, PC.6, PC.7, PC.8, PC.86, PC.9, dan PC.8A. Jenis diameter tulangan yang dihitung adalah 16 mm dan 25 mm, dengan satuan berat dalam kilogram. Tabel 4. 21 menyajikan hasil perhitungan Fondasi *pile cap* secara manual menggunakan Microsoft Excel.

Tabel 4. 21 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Tulangan pada Fondasi *Pile Cap* dengan Microsoft Excel

Tipe	Diameter (mm)		Jumlah (kg)
	16	25	
PC.2	30.62	860.75	891.37
PC.4	65.26	1419.08	1484.34
PC.9A	414.88	17067.36	17482.23
PC.11A	244.78	10928.40	11173.18
PC.2'	28.65	711.46	740.12
PC.4A	472.88	10546.68	11019.55
PC.5A	163.83	4115.84	4279.68
PC.5B	258.94	7055.41	7314.34
PC.1	14.37	272.07	286.43
PC.11	497.42	22383.40	22880.82
PC.12	247.13	11094.04	11341.17
PC.16	315.77	16696.17	17011.94
PC.5	80.70	2089.53	2170.22
PC.6	587.07	15063.61	15650.68
PC.7	742.93	25345.94	26088.86
PC.8	787.89	23976.09	24763.98
PC.86	502.21	45007.51	45509.72
PC.9	417.16	17247.25	17664.41
PC.8A	201.89	5632.19	5834.07
Jumlah	6074.37	237512.76	243587.12

Berdasarkan hasil perhitungan, total volume pekerjaan tulangan pada elemen fondasi *pile cap* mencapai 243.587,12 kg.

4.6.2.2 Pekerjaan Kolom

Perhitungan volume pekerjaan tulangan pada kolom dilakukan untuk dua lantai, yaitu Lantai 1 dan Lantai 3. Jenis kolom yang dihitung antara lain K1, K1A, K1B, K2, K2A, K3, K4, K4A, dan K5. Diameter tulangan yang digunakan terdiri

dari 10 mm, 13 mm, 16 mm, 25 mm, dan 29 mm. Hasil perhitungan secara manual disajikan dalam **Tabel 4. 22**.

Tabel 4. 22 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Tulangan pada Kolom dengan Microsoft Excel

Lantai	Tipe	Rebar Diameter (mm)					Jumlah (kg)
		10	13	16	25	29	
Lantai 1	K1	0.00	8222.71	0.00	0.00	33724.56	41947.27
	K1A	0.00	26665.09	0.00	0.00	109699.35	136364.44
	K1B	0.00	21097.14	0.00	0.00	47920.47	69017.61
	K2	0.00	9434.14	0.00	36393.88	0.00	45828.01
	K2A	0.00	617.42	0.00	2481.74	0.00	3099.16
	K3	999.65	0.00	3773.24	0.00	0.00	4772.89
	K4	0.00	1591.32	0.00	0.00	0.00	1591.32
	K4A	0.00	1581.97	0.00	3401.96	0.00	4983.93
	K5	0.00	3608.67	0.00	8001.92	0.00	11610.59
Lantai 3	K1	0.00	5827.85	0.00	16643.99	0.00	22471.84
	K1A	0.00	17483.55	0.00	55693.36	0.00	73176.91
	K1B	0.00	14153.35	0.00	24874.54	0.00	39027.89
	K2	0.00	7779.46	0.00	26749.28	0.00	34528.73
	K2A	0.00	518.63	0.00	1783.29	0.00	2301.92
	K3	700.59	0.00	2399.95	0.00	0.00	3100.54
	K4A	0.00	1046.34	0.00	2304.55	0.00	3350.89
	K5	0.00	2659.02	0.00	0.00	0.00	2659.02
Total							499832.95

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total volume pekerjaan tulangan untuk seluruh kolom adalah sebesar 499.832,95 kg.

4.6.2.3 Pekerjaan *Tie Beam* dan Balok

Elemen tie beam dan balok dianalisis berdasarkan pembagian elemen struktural pada Lantai 1 dan Lantai 3. Jenis elemen yang dihitung meliputi TB1,

TB2, B1, B1A, B2, B2A, B3, B3A, B3B, B3C, B4, B4A, B5, B6, B7, B9, CB2, CB4, CB5, dan BS. Diameter tulangan bervariasi mulai dari 10 mm hingga 25 mm.

Tabel 4. 23 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Tulangan pada *Tie Beam* dan Balok dengan Microsoft Excel

Classification		Rebar Weight (kg)						Jumlah (kg)
Condition		Rebar Diameter (mm)						
Lantai	Tip	10	13	16	19	22	25	
Lantai 1	TB 1	9679.5	0.0	0.0	6960.1	0.0	56194.8	72834.3
	TB 2	11799.6	162.9	5346.1	50460.0	0.0	0.0	67768.6
Lantai 3	B1	777.9	18117.4	2420.1	0.0	0.0	58842.7	80158.0
	B1A	57.0	1436.5	190.7	0.0	0.0	4881.5	6565.8
	B2	307.4	4864.5	0.0	0.0	0.0	24879.6	30051.4
	B2A	15.2	215.7	74.5	0.0	0.0	942.7	1248.1
	B3	586.1	310.3	0.0	2606.0	0.0	0.0	3502.4
	B3A	552.6	265.5	0.0	2265.3	0.0	0.0	3083.5
	B3B	105.6	48.4	0.0	0.0	590.6	0.0	744.6
	B3C	89.5	55.4	0.0	0.0	441.9	0.0	586.8
	B4	2719.4	0.0	0.0	0.0	12549.0	0.0	15268.4

Classification		Rebar Weight (kg)						Jumlah (kg)
Condition	Tip	Rebar Diameter (mm)						
Lantai	Tip	10	13	16	19	22	25	
	B4A	127.9	0.0	0.0	0.0	690.9	0.0	818.8
	B5	1715.1	0.0	6060.7	0.0	0.0	0.0	7775.8
	B6	366.8	0.0	1321.6	0.0	0.0	0.0	1688.3
	B7	840.9	12375.7	0.0	0.0	0.0	64350.5	77567.2
	B9	662.5	0.0	1098.0	0.0	0.0	0.0	1760.5
	BS	139.5	0.0	614.4	0.0	0.0	0.0	753.9
	CB2	69.6	1351.4	0.0	0.0	0.0	6558.9	7979.9
	CB4	76.9	0.0	0.0	0.0	355.7	0.0	432.6
	CB5	14.7	0.0	51.1	0.0	0.0	0.0	65.8
Total		30703.71	39203.73	17177.1	62291.37	14628.12	216650.7	380654.7

Berdasarkan hasil perhitungan yang disajikan pada **Tabel 4. 23**, total volume pekerjaan tulangan pada elemen *tie beam* dan balok adalah sebesar 380.654,70 kg.

4.6.2.4 Pekerjaan Slab

Pekerjaan tulangan pada elemen *slab* dihitung untuk dua lantai dengan klasifikasi utama sebagai main bar. Seluruh tulangan yang digunakan memiliki diameter 13 mm.

Tabel 4. 24 Rekapitulasi Volume Pekerjaan Tulangan pada *Slab* dengan Microsoft Excel

<i>Classification Condition</i>			Jumlah (kg)
Lantai	Rebar Classification	Diameter Rebar 13	
Lantai 1	Main bar	66302.49	66302.49
Lantai 3	Main bar	74391.76	74391.76
Total		140694.252	140694.25

Hasil perhitungan pada **Tabel 4. 24** menunjukkan bahwa total volume pekerjaan tulangan pada seluruh elemen slab adalah sebesar 140.694,25 kg.

4.6.3 Pekerjaan *Finishing*

4.6.3.1 Pekerjaan Pasangan Dinding

Pekerjaan *finishing* pasangan dinding dihitung berdasarkan tiga jenis komponen utama, yaitu pasangan bata ringan, plesteran dinding, dan acian dinding. Perhitungan dilakukan untuk dua lantai bangunan, yaitu Lantai 1 dan Lantai 3.

Tabel 4. 25 Rekapitulasi Volume Pekerjaan *Finishing* Pasangan Dinding dengan Microsoft Excel

Lantai	Pasangan Bata Ringan	Plesteran Dinding	Acian Dinding
Lantai 1	6,534.17	9,032.28	8,730.44
Lantai 3	5,526.52	6,924.80	6,380.91
Total	12060.694	15957.081	15111.344

Berdasarkan **Tabel 4. 25**, total luasan pasangan bata ringan mencapai 12.060,69 m², dengan plesteran dinding sebesar 15.957,08 m², dan acian dinding sebesar 15.111,34 m².

4.6.3.2 Pekerjaan Pola Lantai

Pola lantai dihitung berdasarkan luas bidang lantai yang menggunakan jenis pelat SA, S1, S4, dan S3. Perhitungan dilakukan untuk Lantai 1 dan Lantai 3 dengan variasi ketebalan antara 125 mm hingga 200 mm.

Tabel 4. 26 Rekapitulasi Volume Pekerjaan *Finishing* Pola Lantai Dinding dengan Microsoft Excel

Tipe	Thickness	Area (m²)
Lantai 1		
SA	150	3734.00
Lantai 3		
S1	125	3807.38
S4	150	73.14
S3	200	153.17
Jumlah		7767.68

Berdasarkan Tabel 4. 26, total luas pola lantai yang diperoleh adalah sebesar 7.767,68 m².

4.6.3.3 Pekerjaan Plafond

Perhitungan plafond mengacu pada luasan pelat lantai atas yang dirancang sebaga. Jenis pelat yang digunakan pada Lantai 1 dan Lantai 3 identik dengan jenis pelat pada pola lantai, yaitu SA, S1, S4, dan S3, sehingga nilai luasan plafond sama.

Tabel 4. 27 Rekapitulasi Volume Pekerjaan *Finishing* Plafond dengan Microsoft Excel

Tipe	Thickness	Area (m²)
Lantai 1		
SA	150	3734.00
Lantai 3		
S1	125	3807.38
S4	150	73.14
S3	200	153.17
Jumlah		7767.68

Berdasarkan Tabel 4. 27, total luasan plafond yang diperoleh adalah sebesar 7.767,68 m².

4.7 Analisis dan Perbandingan Hasil Perhitungan

4.7.1 Pekerjaan Beton

4.7.1.1 Pekerjaan Fondasi *Pile Cap*

Analisis selisih volume pekerjaan beton dilakukan dengan membandingkan hasil pemodelan menggunakan Cubicost TAS dengan hasil perhitungan manual berbasis Microsoft Excel.

Tabel 4. 28 Persentase Selisih Pekerjaan Beton Terhadap Manual *Pile Cap*

Pilecap	Volume Cubicost TAS (m³)	Volume Manual (m³)	Deviasi	Persentase Selisih
PC.2	4.2	4.3	0.1	2.33%
PC.4	13.0	12.5	0.5	3.86%
PC.9A	244.9	251.0	6.1	2.42%
PC.11A	191.0	197.0	6.0	3.06%
PC.2'	3.0	3.5	0.5	15.01%
PC.4A	81.0	80.7	0.3	0.33%
PC.5A	17.3	18.0	0.7	4.00%
PC.5B	58.0	62.0	4.0	6.53%
PC.1	1.3	1.4	0.1	9.72%
PC.11	221.4	210.4	11.0	5.22%
PC.12	103.9	104.0	0.1	0.09%
PC.16	129.9	144.3	14.5	10.02%
PC.5	17.3	19.5	2.2	11.10%
PC.6	140.7	141.5	0.8	0.57%
PC.7	206.8	205.1	1.7	0.81%
PC.8	239.3	237.3	2.0	0.83%
PC.86	452.8	505.7	52.9	10.46%
PC.9	78.5	80.3	1.8	2.27%
PC.8A	58.5	54.5	4.0	7.28%
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (m³)				4.68%

Berdasarkan **Tabel 4. 28**, selisih volume total pekerjaan beton pada elemen *pile cap* mencapai 4,68%. Nilai persentase selisih terbesar ditemukan pada tipe *PC.2'* dengan selisih sebesar 15,01% (3,0 m³ dari Cubicost dan 3,5 m³ dari Excel), kemudian *PC.5* dengan selisih sebesar 11,10% dan *PC.86* sebesar 10,46%. Sementara itu, nilai selisih terkecil terdapat pada tipe *PC.12* sebesar 0,09%, dengan volume masing-masing 103,9 m³ dan 104,0 m³

4.7.1.2 Pekerjaan Kolom

Analisis selisih volume pekerjaan beton pada elemen kolom dilakukan berdasarkan hasil perbandingan antara pemodelan Cubicost TAS dan perhitungan manual menggunakan Microsoft Excel. Perhitungan dilakukan terhadap elemen kolom di dua lantai, yaitu Lantai 1 dan Lantai 3.

Tabel 4. 29 Persentase Selisih Pekerjaan Beton Terhadap Manual Kolom

Kolom	Volume Cubicost TAS (m ³)	Volume Manual (m ³)	Deviasi	Persentase Selisih
Lantai 1				
K1	28.8	30.944	2.144	6.93%
K1A	214.3	216.944	2.687	1.24%
K1B	122.5	133.784	11.324	8.46%
K2	63.1	66.183	3.128	4.73%
K2A	4.2	4.329	0.088	2.03%
K3	11.6	13.338	1.740	13.04%
K4	10.7	10.656	0.044	0.41%
K4A	19.9	18.088	1.830	10.12%
K5	22.9	24.384	1.444	5.92%
Lantai 3				
K1	24.5	30.000	5.501	18.34%
K1A	122.4	124.000	1.593	1.28%
K1B	73.5	75.000	1.501	2.00%
K2	61.1	58.500	2.559	4.37%
K2A	3.9	3.900	0.00	0.00%
K3	9.9	10.625	0.742	6.98%
K4	0.0	0.000	0	0.00%
K4A	6.3	6.400	0.106	1.66%
K5	18.8	19.200	0.435	2.27%
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (m³)				4.36%

Berdasarkan data pada **Tabel 4. 29**, total selisih volume pekerjaan kolom mencapai 4,36%. Selisih terbesar terjadi pada elemen K1 di Lantai 3 sebesar 18,34%, diikuti oleh elemen K3 di Lantai 1 sebesar 13,04% dan K4A di Lantai 1 sebesar 10,12%. Sementara itu, selisih terkecil ditemukan pada elemen K4 dan K2A di Lantai 3 dengan nilai 0,00%. Elemen lain dengan selisih kecil antara lain K4 di Lantai 3 dengan nilai 0,41% dan K1A di Lantai 3 sebesar 1,28%.

4.7.1.3 Pekerjaan *Tie Beam* dan Balok

Analisis selisih volume pekerjaan beton pada elemen tie beam dan balok disajikan pada **Tabel 4. 30**.

Tabel 4. 30 Persentase Selisih Pekerjaan Beton Terhadap Manual *Tie Beam* dan Balok

Jenis Elemen <i>Tie Beam</i> dan Balok	Volume Cubicost TAS (m ³)	Volume Manual (m ³)	Deviasi	Persentase Selisih
Lantai 1				
TB1	415.73	426.24	10.51	2.47%
TB2	181.78	211.99	30.20	14.25%
Lantai 3				
B3A	11.48	12.45	0.98	7.85%
B5	33.50	36.53	3.02	8.28%
B4	50.95	50.78	0.17	0.33%
B2	47.70	51.35	3.65	7.12%
B7	141.72	154.48	12.75	8.26%
CB4	1.10	1.06	0.04	3.90%
B3	15.13	14.01	1.12	7.97%
B1	176.07	179.74	3.67	2.04%
B6	3.36	3.37	0.00	0.09%
B1A	14.75	13.66	1.09	8.00%

Jenis Elemen <i>Tie Beam</i> dan Balok	Volume Cubicost TAS (m ³)	Volume Manual (m ³)	Deviasi	Persentase Selisih
B3C	1.83	1.98	0.15	7.79%
BS	1.11	1.17	0.05	4.69%
CB2	10.15	10.78	0.63	5.83%
CB5	0.23	0.24	0.01	3.67%
B3B	2.16	2.13	0.04	1.66%
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (m³)				5.13%

Berdasarkan hasil perhitungan, total selisih volume mencapai 5,13%. Elemen dengan persentase selisih tertinggi adalah TB2 sebesar 14,25% (181,78 m³ dari Cubicost dan 211,99 m³ dari Excel), diikuti oleh B5 sebesar 8,28% dan B7 sebesar 8,26%. Sementara itu, selisih terkecil ditemukan pada elemen B6 dengan nilai 0,09% dan B4 dengan nilai 0,33%. Beberapa elemen lain juga menunjukkan deviasi moderat seperti B3A 7,85%, B2 7,12%, dan B1A 8,00%.

4.7.1.4 Pekerjaan Slab

Tabel 4. 31 menyajikan hasil perbandingan volume pekerjaan beton pada elemen slab di Lantai 1 dan Lantai 3.

Tabel 4. 31 Persentase Selisih Pekerjaan Beton Terhadap Manual Slab

Lantai	Tipe	Thickness (mm)	Volume Cubicost TAS (m ³)	Volume Manual (m ³)	Deviasi	Persentase Selisih
Lantai 1	SA	150	525.15	560.10	34.952	6.24%
Lantai 3	S1	125	466.47	475.92	9.4492	1.99%
	S4	150	10.47	10.97	0.5034	4.59%

Lantai	Tipe	Thickness (mm)	Volume Cubicost TAS (m ³)	Volume Manual (m ³)	Deviasi	Persentase Selisih
	S3	200	29.55	30.63	1.0822	3.53%
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (m³)						4.27%

Total selisih volume keseluruhan mencapai 4,27%. Persentase selisih terbesar ditemukan pada pelat SA di Lantai 1 sebesar 6,24%, dengan volume masing-masing 525,15 m³ (Cubicost) dan 560,10 m³ (Excel). Pelat lainnya yang memiliki deviasi cukup tinggi adalah S4 sebesar 4,59% dan S3 sebesar 3,53%. Adapun selisih terkecil terjadi pada pelat S1 di Lantai 3 sebesar 1,99%.

4.7.2 Pekerjaan Tulangan

4.7.2.1 Pekerjaan Fondasi *Pile Cap*

Analisis selisih volume pekerjaan beton dilakukan dengan membandingkan hasil pemodelan menggunakan Cubicost TAS dengan hasil perhitungan manual Microsoft Excel. Perbandingan volume pekerjaan tulangan pada elemen pile cap antara Cubicost TRB dan perhitungan manual disajikan dalam **Tabel 4. 32**.

Tabel 4. 32 Persentase Selisih Pekerjaan Tulangan Terhadap Manual Fondasi *Pile Cap*

Tipe	Volume Cubicost TRB			Volume Manual			Dev.	% Selisih
	Dia		Jumlah (kg)	Dia		Jumlah (kg)		
	16	25		16	25			
PC.2	34.4	816.1	850.5	30.6	860.7	891.4	40.84	4.58%
PC.4	69.2	1559.0	1628.2	65.3	1419.1	1484.3	143.84	9.69%
PC.9	202.	19240	19442.6	414.	17067	17482.2	1960.	11.21%
A	1	.5		9	.4		34	
PC.11	242.	11843	12085.3	244.	10928	11173.2	912.1	8.16%
A	2	.1		8	.4		0	

Volume Cubicost TRB				Volume Manual			Dev.	% Selisih
Tipe	Dia		Jumlah	Dia		Jumlah		
	16	25	(kg)	16	25	(kg)		
PC.2'	0.0	761.0	761.0	28.7	711.5	740.1	20.90	2.82%
PC.4	460.	9930.	10390.7	472.	10546	11019.6	628.8	5.71%
A	4	4		9	.7		1	
PC.5	158.	4322.	4480.8	163.	4115.	4279.7	201.1	4.70%
A	3	5		8	8		2	
PC.5	244.	6464.	6708.7	258.	7055.	7314.3	605.6	8.28%
B	3	4		9	4		6	
PC.1	10.6	268.3	278.8	14.4	272.1	286.4	7.60	2.65%
PC.11	483.	20564	21048.2	497.	22383	22880.8	1832.	8.01%
	4	.8		4	.4		67	
PC.12	240.	10482	10722.7	247.	11094	11341.2	618.4	5.45%
	8	.0		1	.0		4	
PC.16	303.	14744	15047.7	315.	16696	17011.9	1964.	11.55%
	0	.7		8	.2		19	
PC.5	0.0	1973.	1973.6	80.7	2089.	2170.2	196.6	9.06%
		6		5			1	
PC.6	637.	15976	16613.8	587.	15063	15650.7	963.0	6.15%
	4	.3		1	.6		8	
PC.7	702.	24241	24944.9	742.	25345	26088.9	1144.	4.39%
	9	.9		9	.9		00	
PC.8	757.	22863	23621.0	787.	23976	24764.0	1142.	4.62%
	2	.8		9	.1		99	
PC.86	462.	43507	43969.7	502.	45007	45509.7	1540.	3.38%
	2	.5		2	.5		00	
PC.9	398.	16199	16598.2	417.	17247	17664.4	1066.	6.04%
	9	.3		2	.3		20	

Volume Cubicost TRB				Volume Manual			Dev.	% Selisih
Tipe	Dia		Jumlah	Dia		Jumlah		
	16	25	(kg)	16	25	(kg)		
PC.8	199.	5784.	5984.3	201.	5632.	5834.1	150.2	2.58%
A	5	8		9	2		6	
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (kg)								6.22%

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel tersebut, selisih total volume mencapai 6,22%. Nilai selisih tertinggi terdapat pada elemen PC.16 dengan deviasi sebesar 11,55% (15.047,75 kg dari Cubicost dan 17.011,94 kg dari Excel), diikuti oleh PC.9A sebesar 11,21% dan PC.5 sebesar 9,06%. Sebaliknya, elemen dengan selisih terendah adalah PC.8A sebesar 2,58% dan PC.2' sebesar 2,82%.

4.7.2.2 Pekerjaan Kolom

Analisis selisih volume pekerjaan tulangan kolom berdasarkan perbandingan Cubicost TRB dan Excel diperlihatkan pada Tabel 4. 33.

Tabel 4. 33 Persentase Selisih Pekerjaan Tulangan Terhadap Manual Kolom

Classification Condition		Volume Cubicost	Volume Manual	Dev.	% Selisih
Lantai	Tipe	TRB (kg)	(kg)		
Lantai 1	K1	38232.49	41947.27	9714.78	23.16%
	K1A	123132.31	41947.27	3714.78	8.86%
	K1B	65458.74	136364.44	13232.13	9.70%
	K2	42315.40	69017.61	3558.87	5.16%
	K2A	3332.84	45828.01	3512.62	7.66%
	K3	4569.90	3099.16	233.68	7.54%
	K4	1491.32	4772.89	202.98	4.25%
	K4A	4811.56	1591.32	100.00	6.28%
Lantai 3	K5	11346.67	4983.93	172.37	3.46%
	K1	21401.63	11610.59	263.93	2.27%

<i>Classification Condition</i>		Volume Cubicost	Volume Manual (kg)	Dev.	% Selisih
Lantai	Tipe	TRB (kg)			
	K1A	70628.68	22471.84	1070.22	4.76%
	K1B	36808.54	73176.91	2548.23	3.48%
	K2	31254.59	39027.89	2219.34	5.69%
	K2A	2101.92	34528.73	3274.15	9.48%
	K3	2845.37	2301.92	200.00	8.69%
	K4A	3121.24	3100.54	255.17	8.23%
	K5	2598.77	3350.89	229.65	6.85%
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (kg)					6.97%

Hasil perhitungan pada tabel tersebut menunjukkan total selisih mencapai 6,97%. Selisih terbesar tercatat pada elemen K1 di Lantai 1 sebesar 23,16%, disusul oleh K1B sebesar 9,70% dan K2A di Lantai 3 sebesar 9,48%. Sementara itu, selisih terkecil terdapat pada K5 di Lantai 1 sebesar 3,46%. Beberapa elemen lainnya memiliki deviasi di kisaran 4% hingga 9%.

4.7.2.3 Pekerjaan *Tie Beam* dan Balok

Selisih volume pekerjaan tulangan pada elemen *tie beam* dan balok ditampilkan pada Tabel 4. 34.

Tabel 4. 34 Persentase Selisih Pekerjaan Tulangan Terhadap Manual *Tie Beam* dan Balok

Tipe	Volume Cubicost TRB (kg)	Volume Manual (kg)	Dev.	% Selisih
Lantai 1				
TB1	71255.43	72834.3	1578.89	2.17%
TB2	64330.47	67768.6	3438.17	5.07%
Lantai 3				
B1	81182.61	80158.0	1024.56	1.28%

Tipe	Volume Cubicost TRB (kg)	Volume Manual (kg)	Dev.	% Selisih
B1A	6440.66	6565.8	125.10	1.91%
B2	31094.29	30051.4	1042.84	3.47%
B2A	1265.89	1248.1	17.79	1.43%
B3	3187.94	3502.4	314.43	8.98%
B3A	3460.03	3083.5	376.57	12.21%
B3B	854.61	744.6	110.01	14.77%
B3C	641.28	586.8	54.51	9.29%
B4	17603.08	15268.4	2334.68	15.29%
B4A	918.75	818.8	99.98	12.21%
B5	8386.74	7775.8	610.93	7.86%
B6	1683.17	1688.3	5.16	0.31%
B7	83457.89	77567.2	5890.70	7.59%
B9	1612.14	1760.5	148.35	8.43%
BS	734.53	753.9	19.38	2.57%
CB2	9155.53	7979.9	1175.62	14.73%
CB4	506.11	432.6	73.48	16.98%
CB5	63.66	65.8	2.16	3.29%
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (kg)				4.85%

Pada tersebut, didapatkan total deviasi sebesar 4,85% diperoleh dari hasil perbandingan Cubicost TRB dan Microsoft Excel. Selisih tertinggi tercatat pada CB4 sebesar 16,98%, diikuti oleh B4 sebesar 15,29% dan B3B sebesar 14,77%. Di sisi lain, nilai selisih terkecil dimiliki oleh B6 sebesar 0,31% dan TB1 sebesar 2,17%. Beberapa elemen lainnya seperti CB2, B5, dan B3C juga menunjukkan deviasi di atas 7%.

4.7.2.4 Pekerjaan Slab

Tabel 4. 35 Persentase Selisih Pekerjaan Tulangan Terhadap Manual *Slab*

<i>Classification</i>		Dia	Volu			%
<i>Condition</i>		meter	me	Diameter	Volu	Dev.
	<i>Rebar</i>	Rebar	Cubic	Rebar	me	Selisi
Lantai	<i>Classification</i>	13	ost	13	Manu	h
			TRB		al	
			(kg)		(kg)	
Lantai 1	Main bar	64202.43	64202.43	66302.49	66302.49	2100.06
Lantai 3	Main bar	70690.41	70690.41	74391.76	74391.76	3701.35
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (kg)						4.12%

Tabel 4. 35 memperlihatkan perbandingan volume pekerjaan tulangan pada slab antara Cubicost TRB dan Microsoft Excel. Total selisih volume mencapai 4,12%. Selisih tertinggi ditemukan pada slab di Lantai 3 sebesar 4,98% (70.690,41 kg dari Cubicost dan 74.391,76 kg dari Excel), sedangkan slab di Lantai 1 menunjukkan selisih sebesar 3,17%.

4.7.3 Pekerjaan *Finishing*

4.7.3.1 Pekerjaan Pasangan Dinding

Analisis volume pekerjaan pasangan dinding dilakukan berdasarkan hasil perbandingan antara pemodelan Cubicost TAS dan perhitungan manual menggunakan Microsoft Excel.

Tabel 4. 36 Persentase Selisih Pekerjaan *Finishing* Terhadap Manual Pasangan Dinding

<i>Classification</i>			Volume			Persentas
<i>Condition</i>			Cubicos	Volume	Devia	e
	<i>Entity</i>	<i>Nam</i>	t TRB	Manual	si	Selisi
Floor	<i>Type</i>	<i>e</i>	(m ²)	(m ²)		
Lantai 1	Vertica	Wall-	6986.90	6,534.17	452.7295	6.93%
	1	1	0			

Lantai 3	Vertical	Wall-1	5844.48	5,526.52	317.9647	5.75%
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (m²)						6.39%

Seperti ditampilkan pada **Tabel 4. 36**, total selisih volume mencapai 6,39%. Selisih terbesar tercatat pada pekerjaan pasangan dinding di Lantai 1 sebesar 6,93%, dengan luasan masing-masing 6.986,90 m² (Cubicost) dan 6.534,17 m² (Excel). Sementara itu, selisih pada Lantai 3 adalah 5,75%.

4.7.3.2 Pekerjaan Pola Lantai

Analisis perbandingan volume pekerjaan pola lantai antara Cubicost TAS dan Microsoft Excel disajikan dalam **Tabel 4. 37**.

Tabel 4. 37 Persentase Selisih Pekerjaan *Finishing* Terhadap Manual Pola Lantai

<i>Type</i>	<i>Thickness</i>	<i>Area (m²)</i>	<i>Thickness</i>	<i>Area (m²)</i>	<i>Deviasi</i>	<i>Persentase</i>
Lantai 1						
SA	150	3100.98	150	3734.00	633.018	17.0%
Lantai 3						
S1	125	3731.91	125	3807.38	75.469	1.98%
S4	150	83.11	150	73.14	9.978	13.64%
S3	200	167.76	200	153.17	14.59	9.53%
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (m²)						9.44%

Pada tabel tersebut, selisih volume keseluruhan tercatat sebesar 9,44%. Selisih tertinggi terdapat pada pelat SA di Lantai 1 sebesar 17,0%, diikuti oleh pelat S4 sebesar 13,64% dan pelat S3 sebesar 9,53%. Pelat S1 di Lantai 3 menunjukkan selisih terkecil sebesar 1,98%.

4.7.3.3 Pekerjaan Plafond

Tabel 4. 38 memperlihatkan hasil perbandingan volume pekerjaan plafond antara Cubicost TAS dan Microsoft Excel. Total selisih volume sebesar 9,43%. Persentase selisih tertinggi kembali ditemukan pada pelat SA di Lantai 1 sebesar

17,0%, diikuti oleh pelat S4 sebesar 13,64% dan pelat S3 sebesar 9,53%. Pelat S1 di Lantai 3 merupakan elemen dengan selisih terkecil, yakni sebesar 1,98%.

Tabel 4. 38 Persentase Selisih Pekerjaan *Finishing* Terhadap Manual Plafond

<i>Typ e</i>	<i>Thicknes s</i>	<i>Area (m2)</i>	<i>Thicknes s</i>	<i>Area (m2)</i>	<i>Deviasi</i>	<i>Persentas e</i>
Lantai 1						
SA	150	3100.98	150	3734.00	633.018	17.0%
Lantai 3						
S1	125	3731.91	125	3807.38	75.469	1.98%
S4	150	83.11	150	73.14	9.978	13.64%
S3	200	167.76	200	153.17	14.59	9.53%
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (m²)						9.43%

Deviasi pada pekerjaan plafond memiliki pola yang sejalan dengan pola lantai karena kedua pekerjaan menggunakan tipe pelat dan luasan area yang identik. Oleh karena itu, perbedaan pada pekerjaan plafond sangat mungkin berasal dari penyebab yang serupa dengan pekerjaan pola lantai.

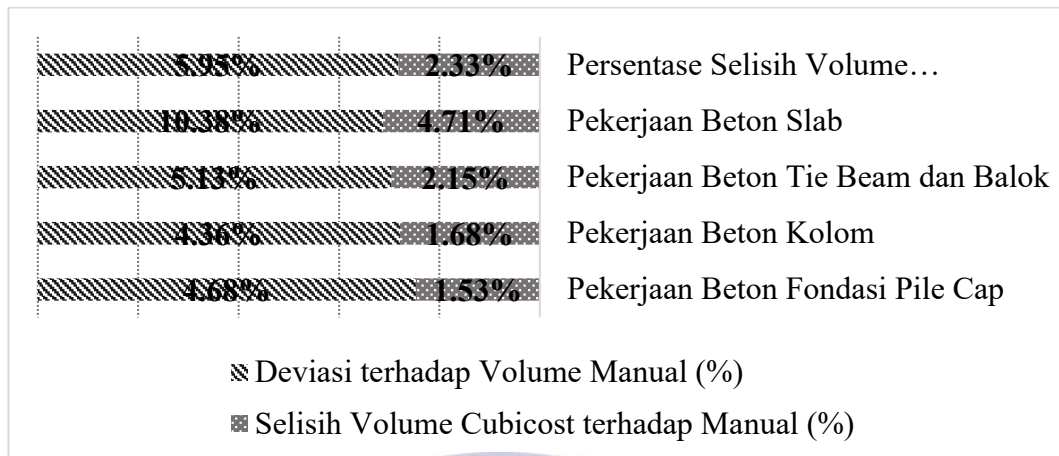
4.8 Pembahasan

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan estimasi volume pekerjaan struktur dan *finishing* antara metode manual berbasis Microsoft Excel dan metode otomatisasi berbasis *Building Information Modelling* (BIM) melalui perangkat lunak Cubicost TAS dan TRB. Tiga kategori pekerjaan utama dianalisis, yaitu pekerjaan beton, pekerjaan tulangan, dan pekerjaan *finishing*. Perbandingan dilakukan untuk mengevaluasi tingkat deviasi volume yang dihasilkan dari kedua metode dan mengidentifikasi potensi kelebihan maupun kekurangan Cubicost sebagai alat bantu estimasi kuantitas pada tahap perencanaan proyek konstruksi. Penelitian ini memperkuat studi terdahulu yang dilakukan oleh (Reista et al., 2022) dan (Herzanita & Anggraini, 2023) mengenai akurasi estimasi volume melalui pendekatan BIM.

Tabel 4. 39 menampilkan ringkasan hasil perbandingan volume pekerjaan beton antara metode manual dan Cubicost TAS. Hasil menunjukkan bahwa total volume pekerjaan beton berdasarkan perhitungan manual mencapai 4.790,79 m³, sedangkan estimasi dari Cubicost adalah sebesar 5.124,67 m³. Deviasi tertinggi ditemukan pada pekerjaan *tie beam* dan balok dengan nilai 5,13%, diikuti oleh fondasi pile cap (4,68%), kolom (4,36%), dan slab (10,38%). Rata-rata deviasi seluruh pekerjaan beton tercatat sebesar 5.95%.

Tabel 4. 39 Rekapitulasi Perbandingan Volume Pekerjaan Beton

Tabel 4.23 Rekapitulasi Perbandingan Volume Pekerjaan Beton					
No	Pekerjaan	Volume		Deviasi	Dev : Manual
		Manual	TAS		
A	Pekerjaan Beton				
1	Pekerjaan Beton Fondasi <i>Pile Cap</i>	2333.16	2262.62	109.19	4.68%
2	Pekerjaan Beton Kolom	846.27	818.28	36.87	4.36%
3	Pekerjaan Beton Tie Beam dan Balok	533.73	511.25	27.39	5.13%
4	Pekerjaan Beton Slab	1077.63	980.64	111.82	10.38%
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (m ³)		4790.79	4572.78	285.19	5.95%



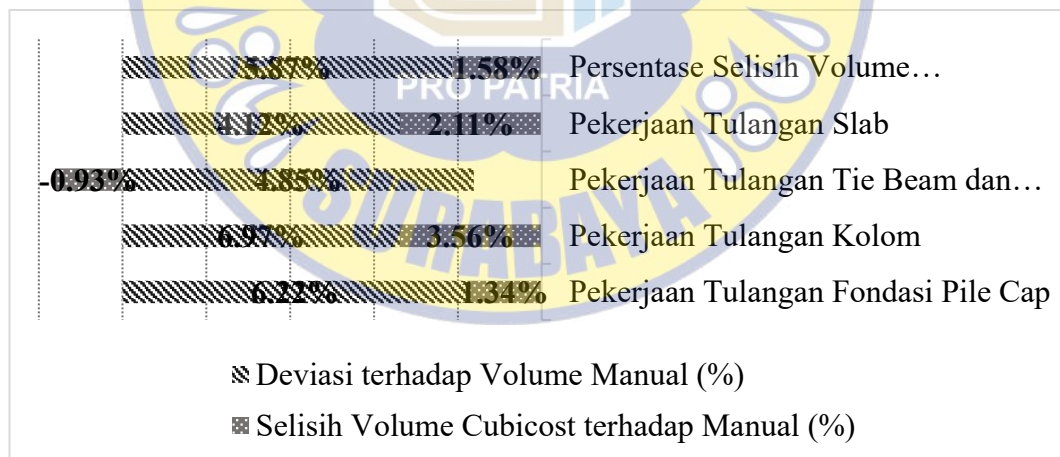
Gambar 4. 43 Perbandingan Persentase Selisih Volume Pekerjaan Beton antara Cubicost TAS dan Perhitungan Manual

Gambar 4. 43 menunjukkan bahwa persentase deviasi volume pekerjaan beton terbesar terjadi pada pekerjaan *slab*, yaitu sebesar 10,38%, sedangkan deviasi terkecil ditemukan pada pekerjaan kolom, yaitu 4,36%. Pada seluruh komponen pekerjaan, volume yang dihasilkan oleh Cubicost TAS secara konsisten lebih rendah dibandingkan metode manual, yang mengindikasikan proses pemodelan yang lebih efisien. Efisiensi ini tercermin dari persentase selisih relatif, di mana pekerjaan *pelat* menunjukkan selisih tertinggi sebesar 4,71%, diikuti oleh *tie beam*, kolom, dan *pile cap*. Secara keseluruhan, Cubicost TAS menghasilkan volume 5,95% lebih rendah dibandingkan perhitungan manual, dengan rata-rata persentase selisih sebesar 2,33%, yang mengonfirmasi kemampuan Cubicost ini dalam menghasilkan estimasi kuantitas yang lebih optimal dan berpotensi lebih ekonomis.

Tabel 4. 40 menyajikan perbandingan volume pekerjaan tulangan. Volume total metode manual adalah 1.264.769,1 kg, sedangkan Cubicost TRB menghasilkan 1.225.330,3 kg, dengan rata-rata deviasi sebesar 5,87%. Deviasi tertinggi tercatat pada pekerjaan kolom sebesar 6,97%, diikuti oleh pekerjaan fondasi *pile cap* 6,22%, *tie beam* dan balok 4,85%, dan *slab* 4,12%. Rincian deviasi terhadap volume manual untuk masing-masing item adalah sebagai berikut: *pile cap* 1,34%, kolom 3,56%, *slab* 2,11%, dan *tie beam* -0,93% yang mana lebih besar hasil Cubicost.

Tabel 4. 40 Rekapitulasi Perbandingan Volume Pekerjaan Tulangan

No	Pekerjaan	Volume		Deviasi	Dev : Manual
		Manual	TRB		
B	Pekerjaan Tulangan				
1	Pekerjaan Beton Fondasi <i>Pile Cap</i>	243587.	237150.	15139.	
		1	7	7	6.22%
2	Pekerjaan Beton Kolom	499832.	465452.	34848.	
		9	0	4	6.97%
3	Pekerjaan Beton Tie Beam dan Balok	380654.	387834.	18443.	
		7	8	3	4.85%
4	Pekerjaan Beton Slab	140694.	134892.	5801.4	
		3	8		4.12%
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (m³)		1264769	1225330	74232.	
		.1	.3	7	5.87%



Gambar 4. 44 Perbandingan Persentase Selisih Volume Pekerjaan Tulangan antara Cubicost TRB dan Perhitungan Manual

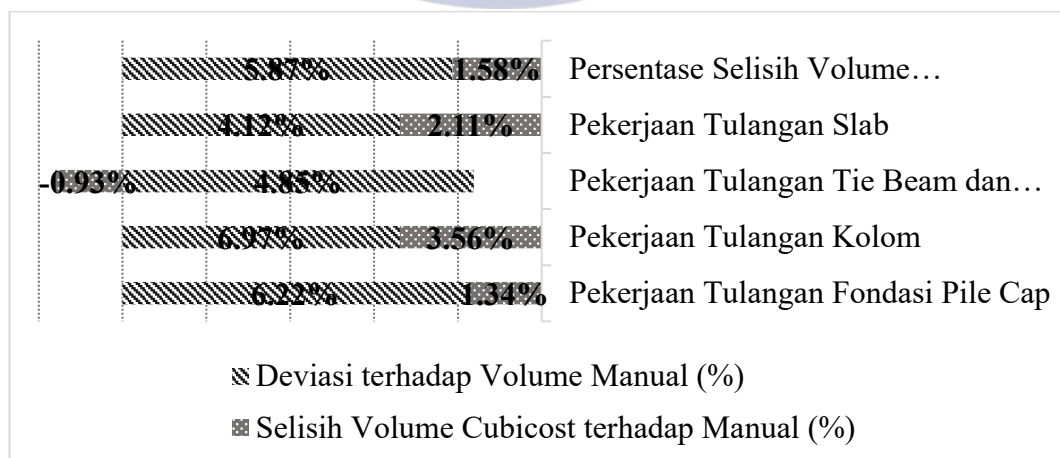
Gambar 4. 44 menunjukkan bahwa pekerjaan tulangan dengan selisih positif tertinggi terdapat pada elemen kolom (6,97%), yang berarti volume hasil Cubicost lebih rendah dibanding manual. Sebaliknya, pekerjaan *tie beam* dan balok mencatat deviasi negatif sebesar -0,93%, yang berarti volume dari Cubicost lebih tinggi. Hal

ini memperlihatkan bahwa Cubicost dapat memberikan estimasi lebih konservatif untuk beberapa elemen, yang berguna dalam pengendalian risiko proyek (Amri et al., 2023).

Tabel 4. 41 menyajikan perbandingan volume pekerjaan *finishing*, yaitu pemasangan dinding, pola lantai, dan plafond. Volume total metode manual sebesar 27.596,05 m², sementara hasil dari Cubicost TAS sebesar 26.998,90 m², menghasilkan deviasi rata-rata sebesar 8,11%. Selisih tertinggi tercatat pada pekerjaan pola lantai dan plafond dengan deviasi masing-masing sebesar 9,44%, sedangkan pekerjaan pasangan dinding mencatat deviasi 6,39%.

Tabel 4. 41 Rekapitulasi Perbandingan Volume Pekerjaan *Finishing*

No	Pekerjaan		Manua l	Volume TRB		Devias i	Dev : Manu al
C	Pekerjaan Finishing						
1	Pekerjaan Finishing Pasangan Dinding		12060.69	12831.39	770.69	6.39%	
2	Pekerjaan Finishing Pola Lantai		7767.68	7083.76	733.06	9.44%	
4	Pekerjaan Finishing Plafond		7767.68	7083.76	733.06	9.44%	
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (m ²)			27596.05	26998.90	2236.80	8.11%	



Gambar 4. 45 Perbandingan Persentase Selisih Volume Pekerjaan *Finishing* antara Cubicost TAS dan Perhitungan Manual

Gambar 4. 45 menunjukkan bahwa pekerjaan pola lantai dan plafond memiliki nilai deviasi yang identik, yakni 9,44%, yang berarti Cubicost menghasilkan volume lebih rendah daripada manual, atau deviasi positif sebesar 4,61% terhadap volume manual. Sementara pekerjaan pasangan dinding memiliki deviasi sebesar 6,39% dengan selisih -3,10%, yang berarti Cubicost memperkirakan volume lebih tinggi. Penyebab dari variasi ini kemungkinan berasal dari definisi area kerja yang berbeda dalam pemetaan elemen pada model 3D, sebagaimana dikemukakan oleh (Wu et al., 2022) bahwa ketepatan pemodelan zona kerja sangat memengaruhi akurasi estimasi *finishing* berbasis BIM.

Secara umum, seluruh jenis pekerjaan memperlihatkan deviasi volume antara metode Cubicost dan perhitungan manual berada pada kisaran 4–9%. Perbedaan ini masih tergolong wajar, mengingat ketergantungan pada akurasi input geometri, pengaturan elevasi, dan komponen non-struktural yang terkadang terlewat dalam input manual. Oleh karena itu, Cubicost dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu estimasi kuantitas yang efisien dalam tahap perencanaan proyek konstruksi, sebagaimana didukung oleh (Herzanita dan Anggraini, 2023) serta (Pučko et al., 2014).