

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.



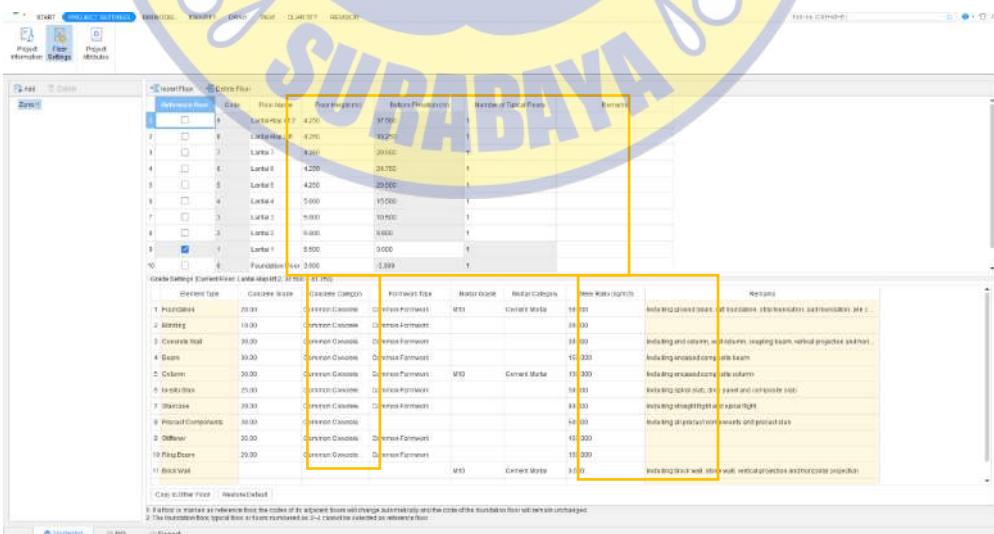
Gambar 4. 1 Tampilan Masuk pada Cubicost TAS

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 rasio* (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*

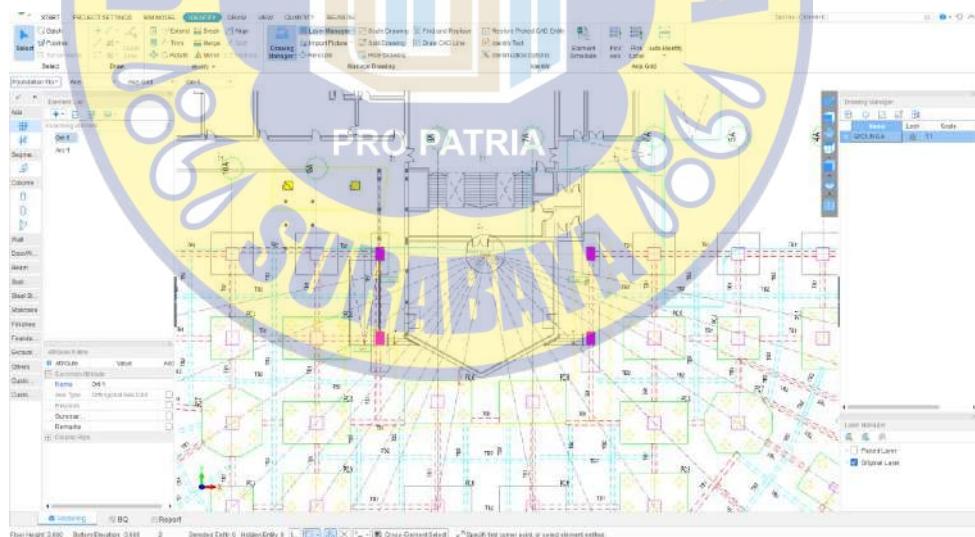
4. Pembuatan *Grid Sumbu* (*Axis Grid*)

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 Cubicost 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

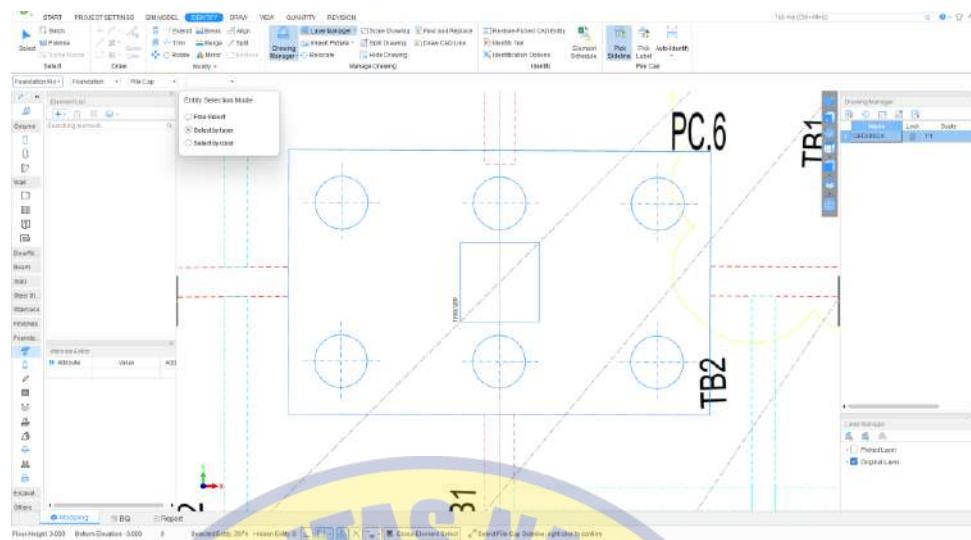
pada data gambar kerja dan standar teknis yang berlaku. Tahapan ini bertujuan untuk menghasilkan model tiga dimensi yang akurat dan sesuai dengan kondisi aktual di lapangan, sebagai dasar perhitungan volume pekerjaan struktur.

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).

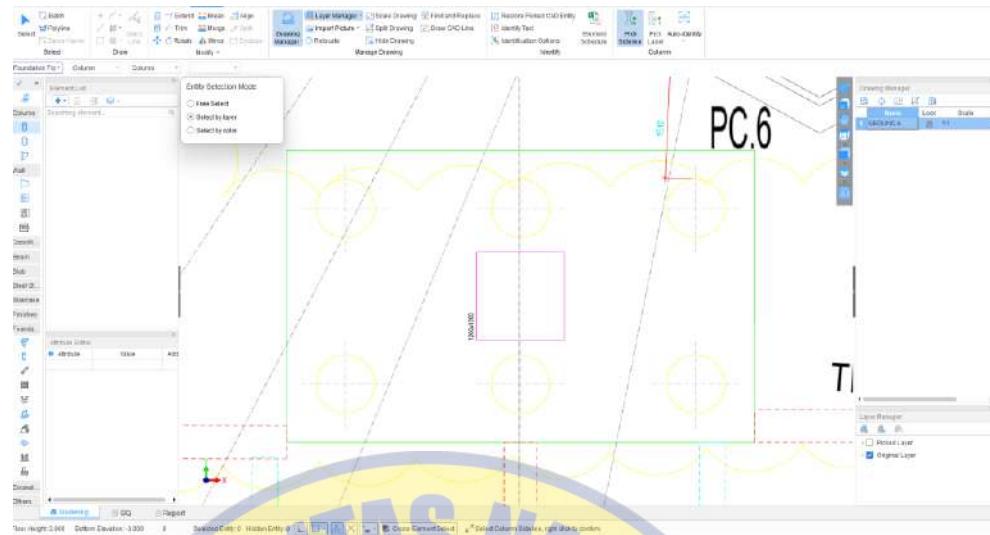
4.1.2 Pemodelan Kolom

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.



Gambar 4. 7 Menu Pemodelan Kolom



Gambar 4. 8 Hasil Pemodelan 3D Kolom

Dalam pemodelan, dimensi kolom, termasuk tinggi, luas penampang, serta mutu bahan disesuaikan dengan spesifikasi teknis pada gambar rencana. Penyesuaian ini dilakukan melalui fitur *Attribute Editor*, di mana pengguna dapat menetapkan tinggi antar lantai, mutu beton, serta kategori pembesian kolom.

4.1.3 Pemodelan Sloof dan Balok

Setelah kolom dimodelkan, tahap berikutnya adalah melakukan pemodelan terhadap elemen horizontal utama, yaitu sloof dan balok. Dalam struktur bangunan, sloof berfungsi sebagai elemen pengikat antar kolom pada level atas pondasi dan membantu mendistribusikan beban dinding ke pondasi, sementara balok menopang

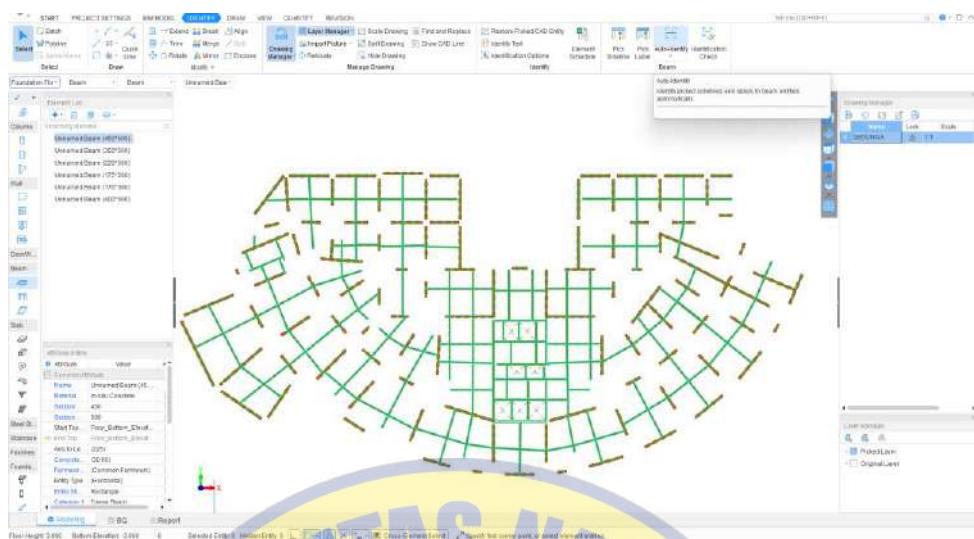
pelat lantai dan mentransfer beban ke kolom-kolom penyangga. Pemisahan antara sloof dan balok pada Cubicost TAS tergantung pada pengelompokan layer serta konvensi penamaan label yang digunakan dalam gambar kerja. Tahapan pemodelan sloof dan balok dilakukan melalui prosedur sebagai berikut:

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*.

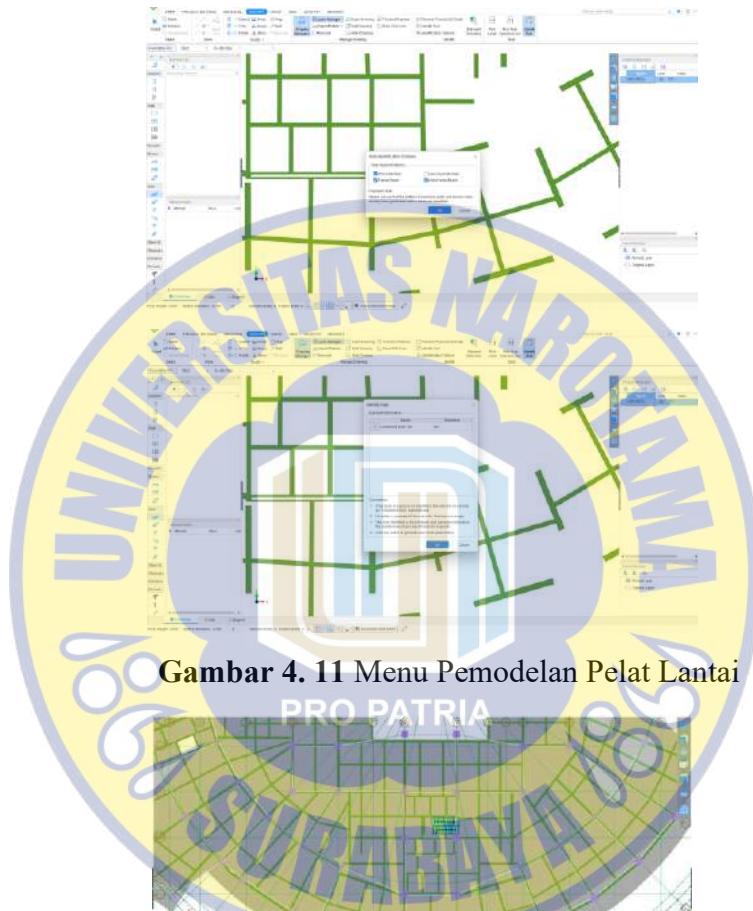
4.1.4 Pemodelan Pelat Lantai

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:

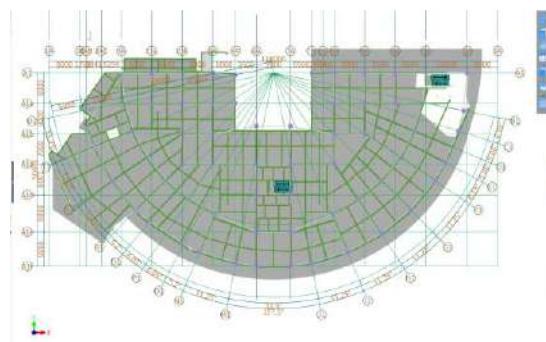
1. Masuk ke tab *Identify*, lalu klik *Pick Label* untuk mengidentifikasi jenis pelat yang akan digunakan. Label umumnya menunjukkan tebal pelat dan tipenya.
2. Aktifkan *Select by Layer* dan pilih label yang sesuai, lalu klik kanan untuk mengonfirmasi.
3. Selanjutnya, klik *Pick Slab Opening Line* untuk 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.

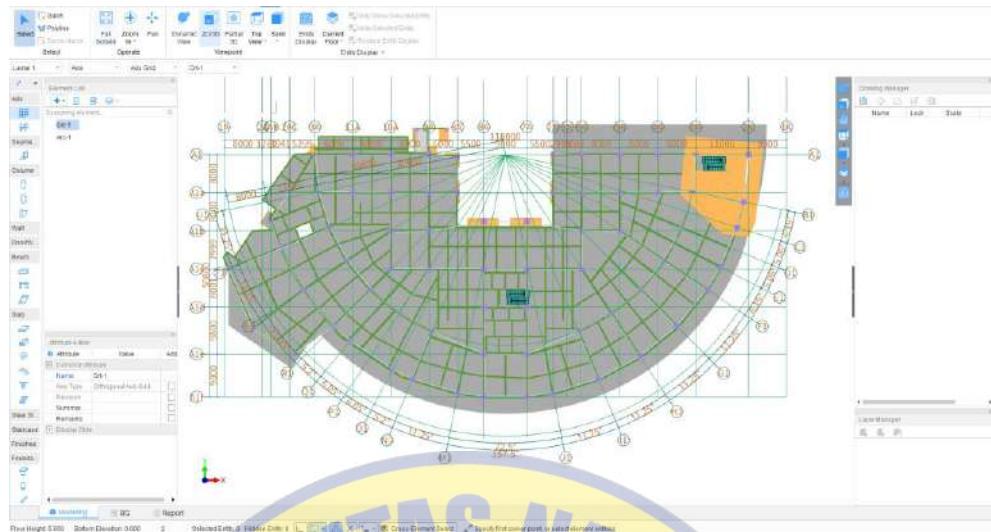
4.1.5 Hasil Pemodelan 2D

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.



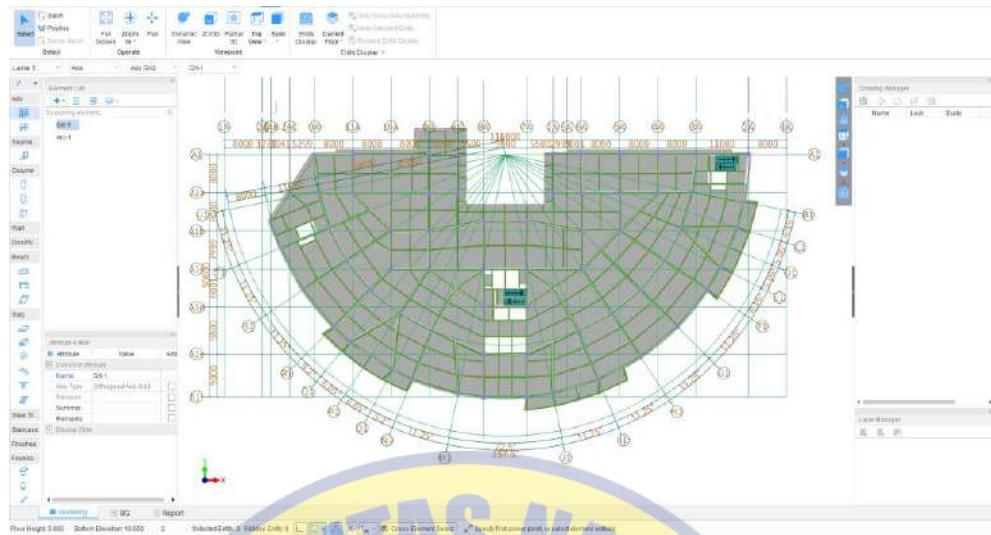
Gambar 4. 13 Pemodelan Struktur Fondasi



Gambar 4. 14 Pemodelan Struktur Lantai 1



Gambar 4. 15 Pemodelan Struktur Lantai 2



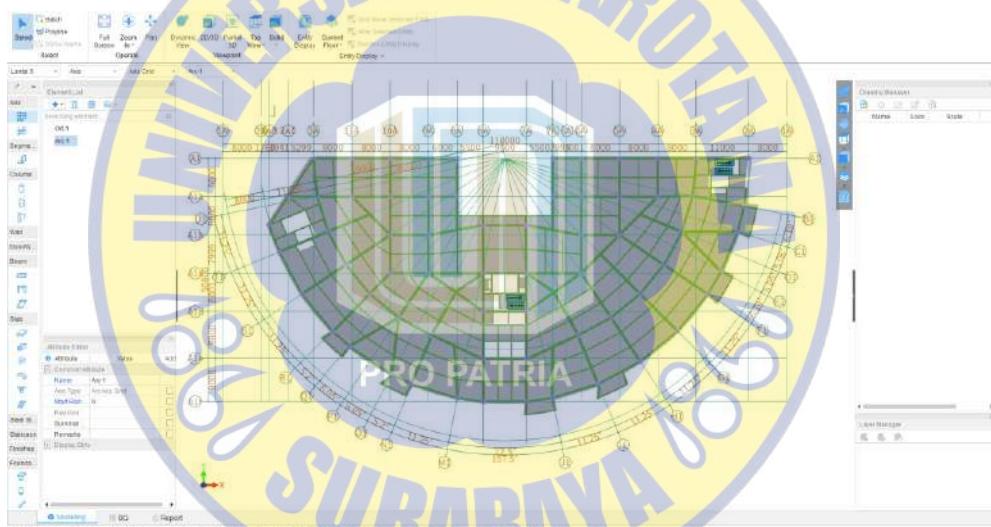
Gambar 4. 16 Pemodelan Struktur Lantai 3



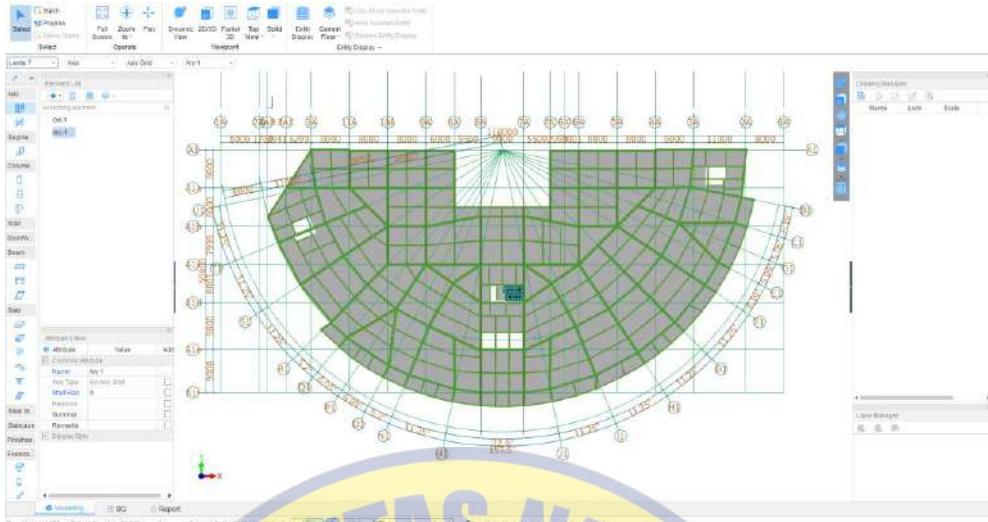
Gambar 4. 17 Pemodelan Struktur Lantai 4



Gambar 4. 18 Pemodelan Struktur Lantai 5



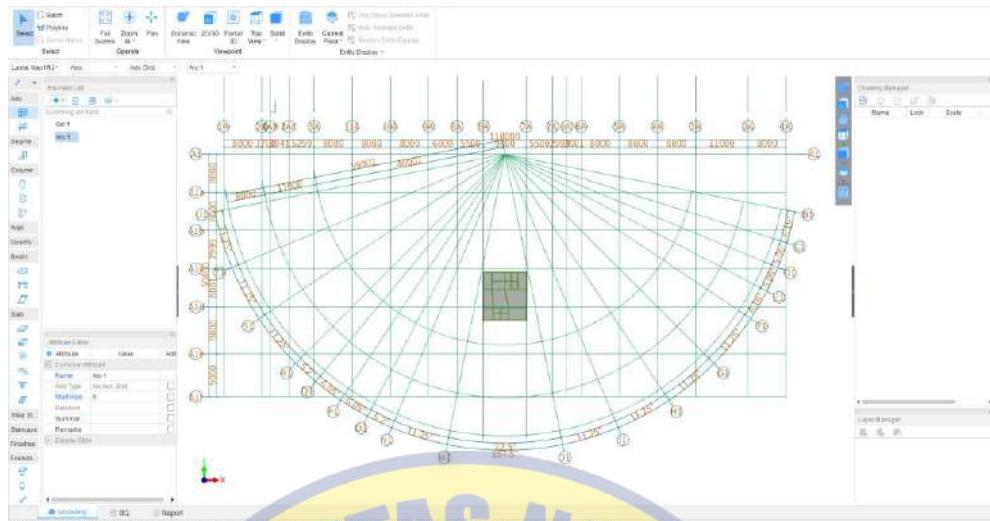
Gambar 4. 19 Pemodelan Struktur Lantai 6



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

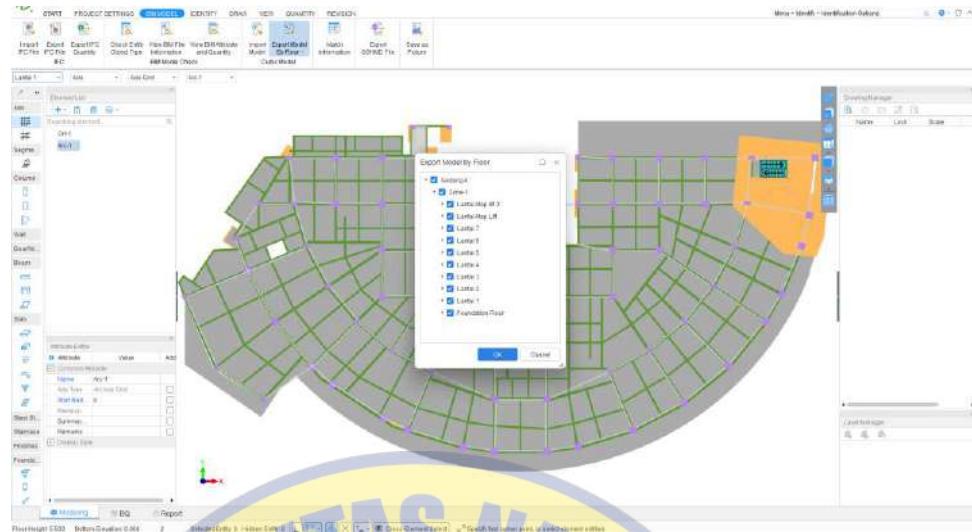
Cubicost TRB merupakan salah satu perangkat lunak BIM yang dikembangkan oleh Glodon untuk mendukung proses perhitungan volume tulangan secara otomatis dan terintegrasi. Berbeda dengan Cubicost TAS yang berfokus pada

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 memilih 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**.

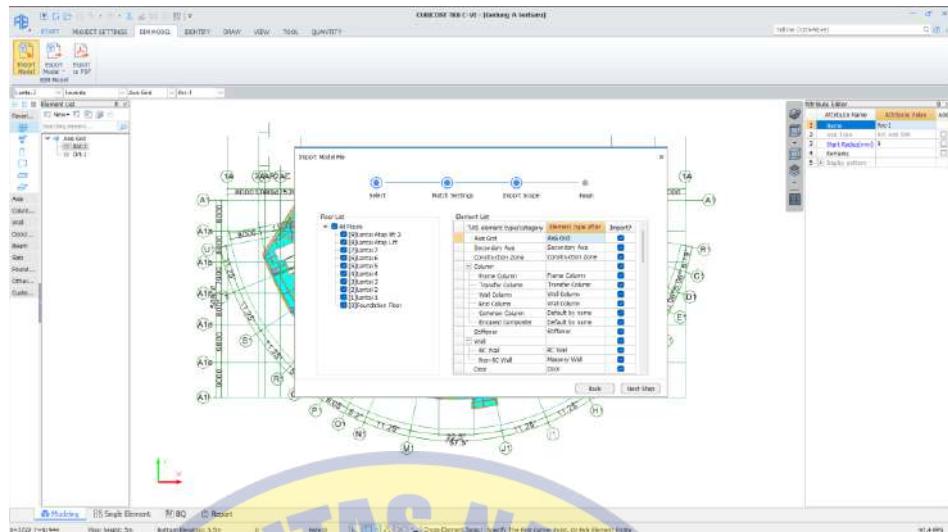


Gambar 4.24 Antarmuka *Export Model by Floor*

Seluruh elemen yang dicentang akan disimpan dalam satu berkas model yang kemudian siap untuk diimpor ke TRB. Pemilihan 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

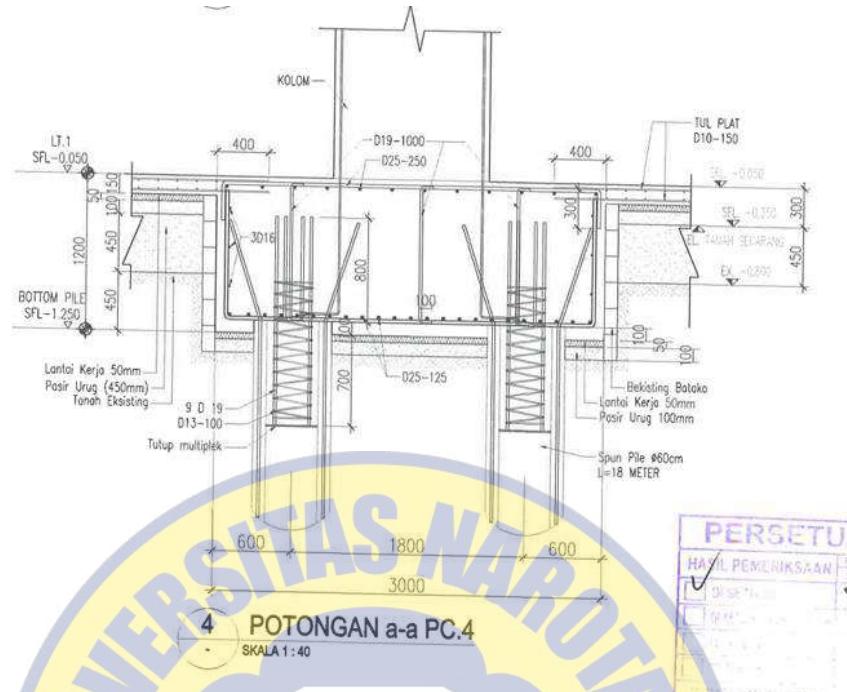
Fondasi pilecap yang dimodelkan terdiri dari berbagai tipe dengan kode PC, seperti PC.2, PC.4, PC.9A, PC.11A, hingga PC.8A sebagaimana tercantum dalam daftar pondasi. Seluruh fondasi memiliki tebal selimut beton sebesar 40 milimeter pada seluruh sisi dan menggunakan konfigurasi tulangan yang seragam. 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 perencanaan 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

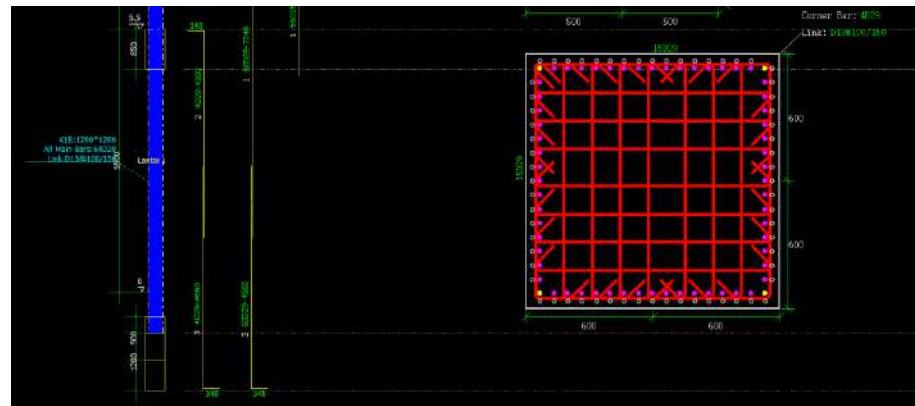
Tabel 4. 1 Hitung Panjang Tulangan Fondasi pada Cubicost TRB

Rebar	Strength	Diameter	Shape	Shape	Calculation Formula	Formula Description	Cutting-	Quantit	Total	Rebar	Constru	Remarks
1" Top Bar - Parallel with Length.1	BJTD-40	25	64	300 <u>3288</u> 300	$3368-2*40+2*(12*d)$	Net length-Double cover+2 times bend	3888	14	209.89	Main bar	Default Construction Zone	Top Bar - Parallel with Length.1
2 Bottom Bar - Parallel with Length.1	BJTD-40	25	64	1120 <u>3288</u> 1120	$3368-2*40+2*(1200-2*40)$	Net length-Double cover+2 times bend	5528	26	554.215	Main bar	Default Construction Zone	Bottom Bar - Parallel with Length.1
3 Top Bar - Parallel with Width.1	BJTD-40	25	64	300 <u>3126</u> 300	$3206-2*40+2*(12*d)$	Net length-Double cover+2 times bend	3726	15	215.512	Main bar	Default Construction Zone	Top Bar - Parallel with Width.1
4 Bottom Bar - Parallel with Width.1	BJTD-40	25	64	1120 <u>3126</u> 1120	$3206-2*40+2*(1200-2*40)$	Net length-Double cover+2 times bend	5366	28	579.356	Main bar	Default Construction Zone	Bottom Bar - Parallel with Width.1
5 Side Main Bar .1	BJTD-40	16	0	— <u>2600</u> — 12000	$(3368+3206)*2-8*40+1*88$ $6+886$	(Foundation bottom length +Foundation bottom width)*2-8*Cover+Lap	12000/2 600	3	69.204	Main bar	Default Construction Zone	Side Main Bar.1

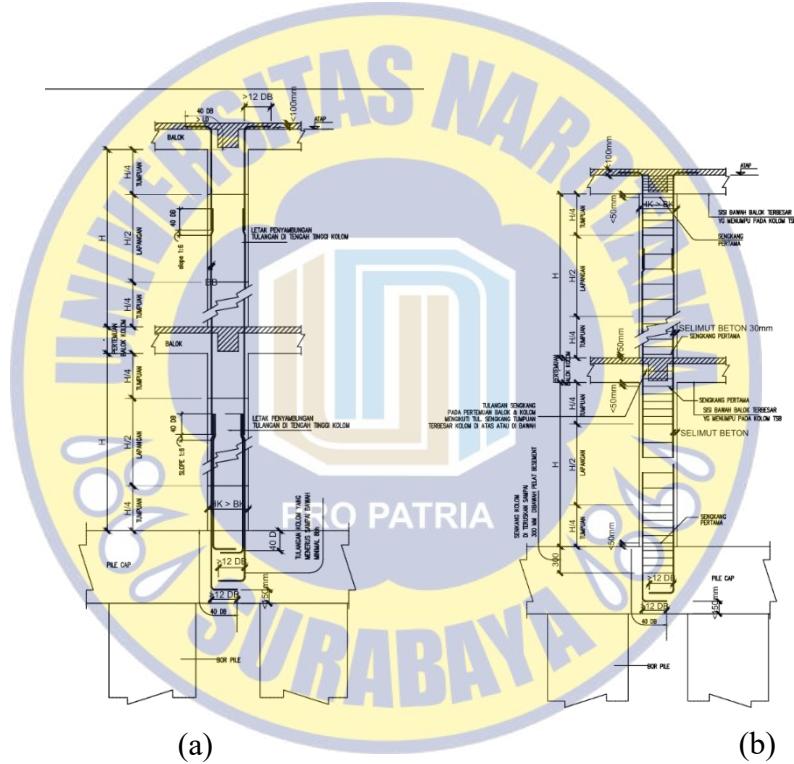
4.3.2 Pengaturan Tulangan Kolom

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

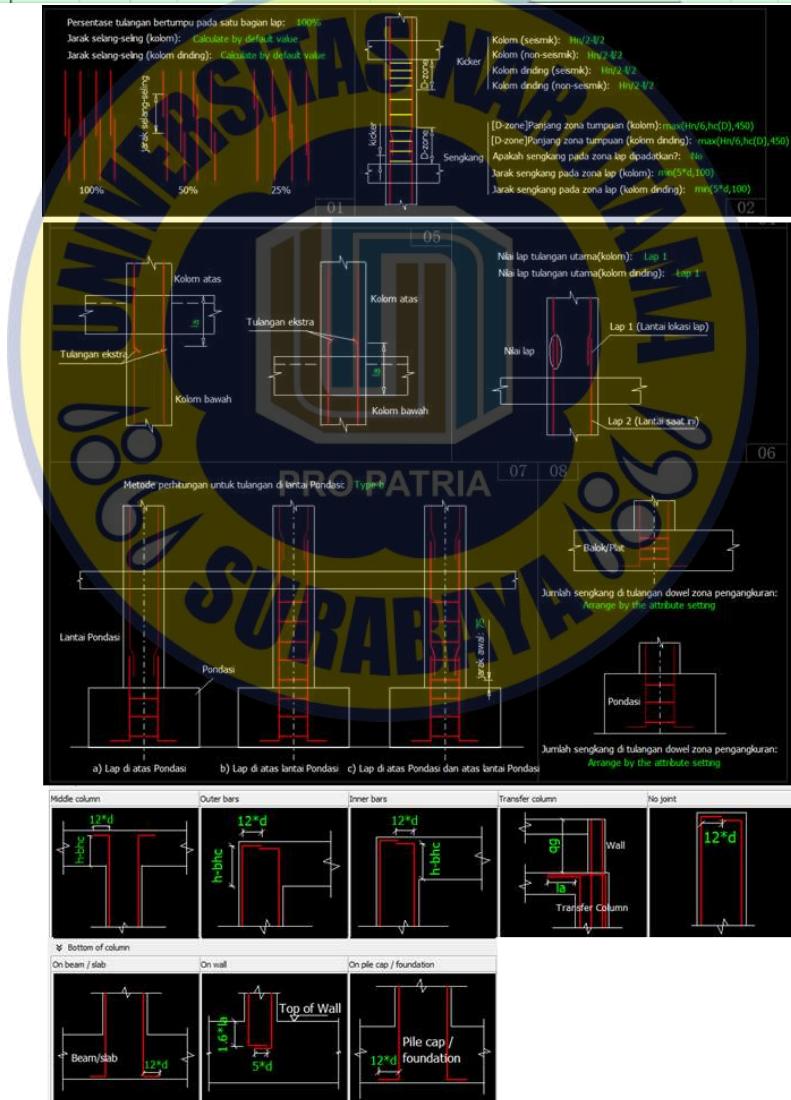


Gambar 4.30 Penulangan Kolom Berdasarkan Detail Perencana. (a) Sambungan Lewatan Tulangan Kolom (b) Detail Penulangan Sengkang pada Kolom

Berdasarkan gambar detail perencana 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	Diameter	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		348 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	1663.13	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



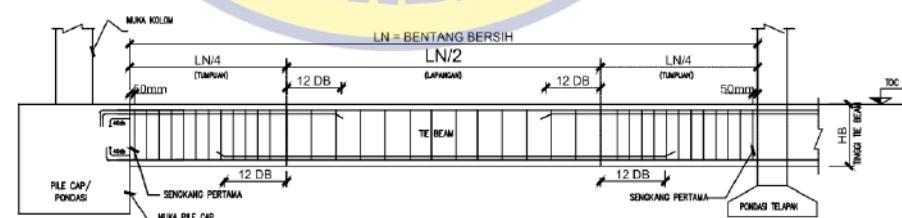
Gambar 4. 31 Calculation Rules pada Kolom

4.3.3 Pengaturan Tulangan Tie Beam dan Balok

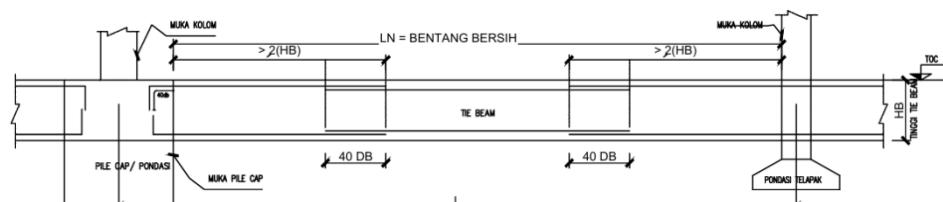
Pengaturan diameter tulangan utama, tulangan pemenggang, serta sengkang pada setiap jenis balok dan *tie beam* dilakukan melalui fitur *attribute editor* dalam Cubicost TRB. Balok yang dimodelkan terdiri atas berbagai jenis, yaitu TB1, TB2, B3A, B5, B4, B2, B7, CB4, B3, B1, B6, B1A, B3C, BS, CB2, CB5, dan B3B. Pemodelan penulangan disusun seragam dengan parameter teknis yang ditetapkan berdasarkan gambar detail perencana. Pemodelan penulangan *Tie Beam* dapat dilihat pada **Gambar 4. 32**.



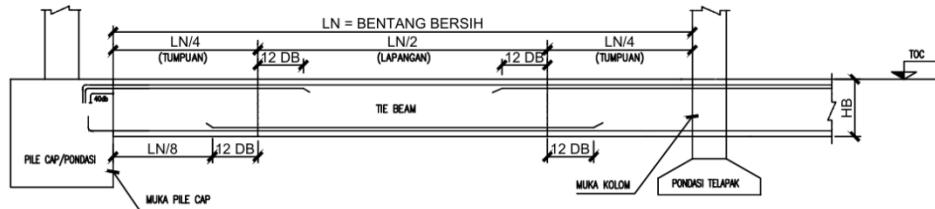
Gambar 4. 32 Tampilan 3D Tulangan *Tie Beam* TB1



(a)



(b)



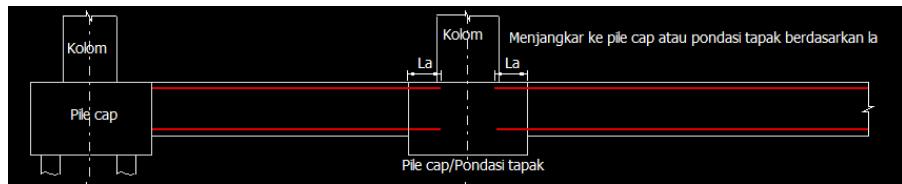
(c)

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

Tulangan pemunggah 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	Quantity	Total	Rebar	Construction Zone	Remarks
1 1	BJTD-40	25	629	988	6363	988	1396+7548+1396	10240	2	79.742	Main bar	Default: Constru A1a-A1 axis Top continuous bar (Corner Bar)
2 2	BJTD-40	25	629	988	6363	988	1396+7548+1396	10240	5	199.255	Main bar	Default: Constru A1a-A1 axis Top continuous bar
3 3	BJTD-40	19	629	285	6363	285	450+0+15*d+7548+450+40+15*d	9938	4	79.62	Main bar	Default: Constru A1a-A1 axis Side Main Bar
4 4	BJTD-40	25	64	115	6363	115	300+225+7548+300+225	8598	2	66.308	Main bar	Default: Constru A1a-A1 axis Bottom continuous bar (Corner Bar)
5 5	BJTD-40	25	64	115	6363	115	300+225+7548+300+225	8598	5	165.709	Main bar	Default: Constru A1a-A1 axis Bottom continuous bar
6 6	BJTD-40	10	195	820	220	1	$2*(450-2*d)-(900-2*d)$	2358	40	72.001	Link	Default: Constru Span 1
7 7	BJTD-40	10	485	820	220	1	$(900-2*d)-(17.8*d)$	998	40	28.325	Link	Default: Constru Span 1
8 8	BJTD-40	10	485	370	220	1	$(450-2*d)-(17.8*d)$	548	40	13.525	Hook	Default: Constru Span 1;Span 1

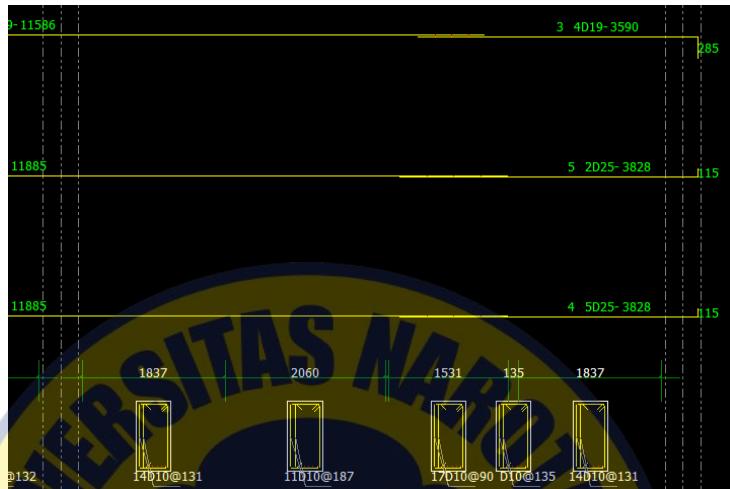
Berdasarkan gambar detail perencana yang ditampilkan pada **Gambar 4. 30**, Ilustrasi *rebar layout* penulangan kolom K1B dapat dilihat pada **Gambar 4. 29**, sedangkan rumus perhitungan tercantum pada **Tabel 4. 2** dan detail *calculation rules* pada **Gambar 4. 31**.



Gambar 4. 35 *Calculation Rules* pada Beam

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

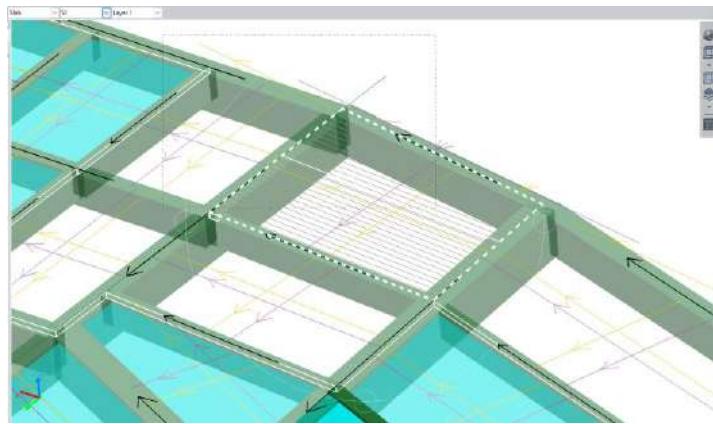
sedangkan rumus perhitungan tercantum pada **Tabel 4. 3** Perhitungan Penulangan Balok dan Sloof dan detail *calculation rules* pada **Gambar 4. 35**.



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

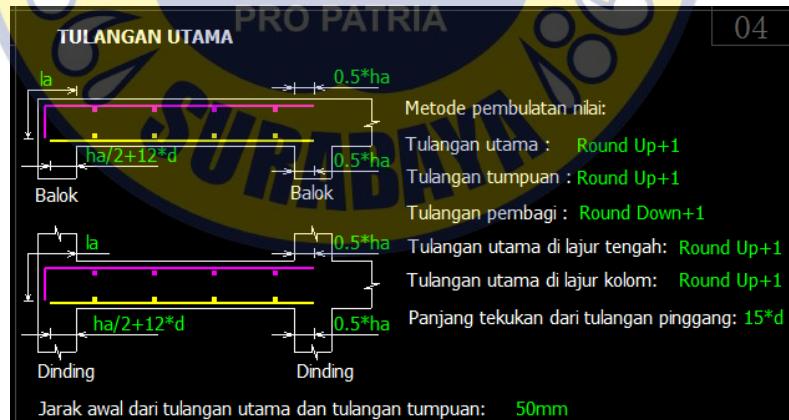
4.3.4 Pengaturan Tulangan Pelat Lantai

Pada pemodelan tulangan pelat lantai, digunakan selimut beton setebal 30 milimeter serta tulangan utama berdiameter 10 milimeter untuk tipe pelat SA, S1, dan S4. Sedangkan 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 tulangan 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.



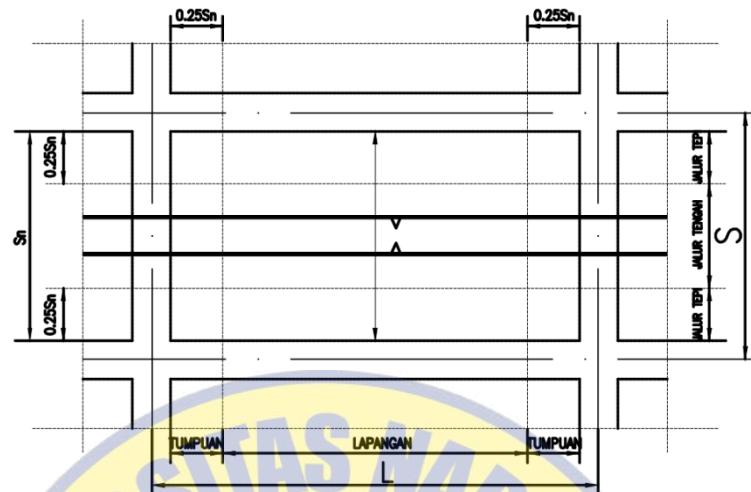
Gambar 4. 37 Pemodelan Tulangan pada Pelat Lantai

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**.



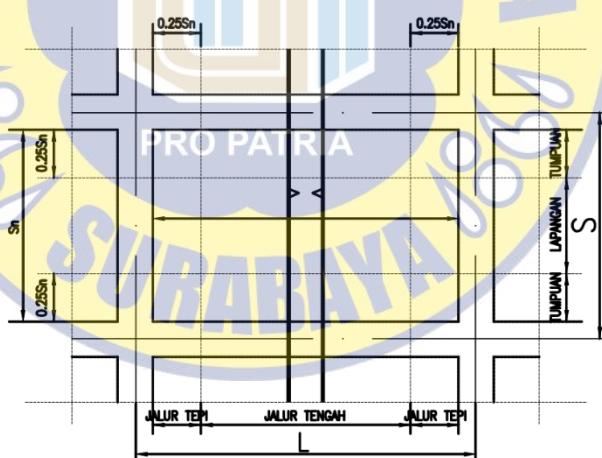
Gambar 4. 38 *Calculation Rule* Tulangan Utama pada Pelat Lantai

SUMBU PANJANG

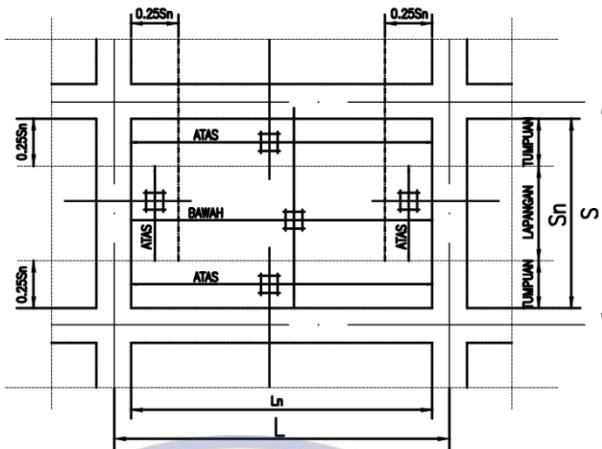


Gambar 4. 39 Penulangan Pelat untuk Sumbu Panjang Berdasarkan Detail Perencana

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

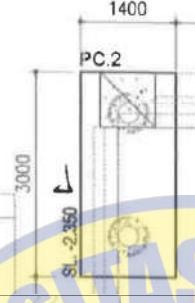
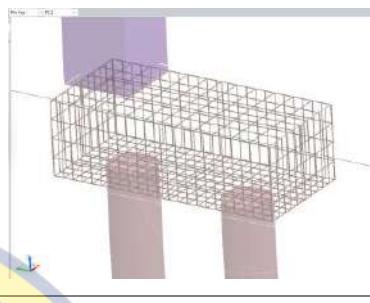
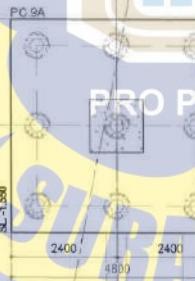
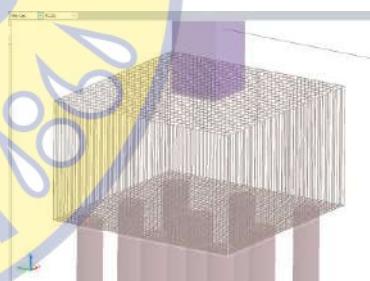
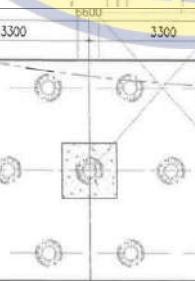
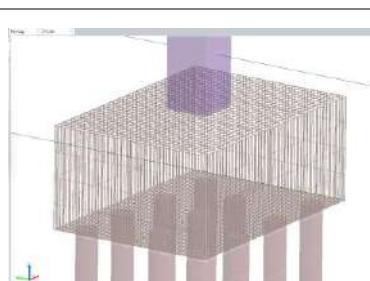
Rebar	Strength	Diameter	Shape	Shape	Calculation Formula	Formula Description	Cutting	Quantity	Total	Rebar	Construction Zone	Remarks
1+ 1	BJTD-40	10	0	4149	0.5*450+3750+0.5*350	Net length+Set anchorage +Set anchorage	4149	4	10.24	Man bar	Default Construction Zone	X-directionBottom bar
2 2	BJTD-40	10	0	4149	0.5*450+3750+0.5*350	Net length+Set anchorage +Set anchorage	4149	4	10.24	Man bar	Default Construction Zone	X-directionBottom bar
3 3	BJTD-40	10	0	4150	0.5*450+3750+0.5*350	Net length+Set anchorage +Set anchorage	4150	4	10.242	Man bar	Default Construction Zone	X-directionBottom bar
4 4	BJTD-40	10	0	4150	0.5*450+3750+0.5*350	Net length+Set anchorage +Set anchorage	4150	4	10.242	Man bar	Default Construction Zone	X-directionBottom bar
5 5	BJTD-40	10	0	4151	0.5*450+3750+0.5*350	Net length+Set anchorage +Set anchorage	4151	1	2.561	Man bar	Default Construction Zone	X-directionBottom bar

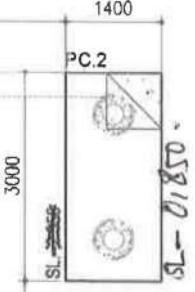
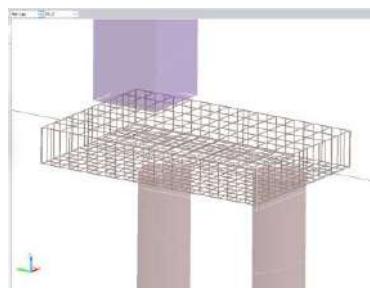
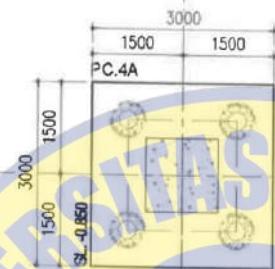
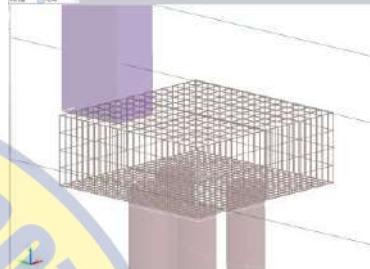
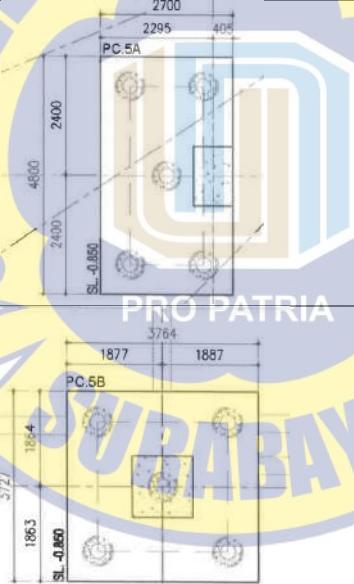
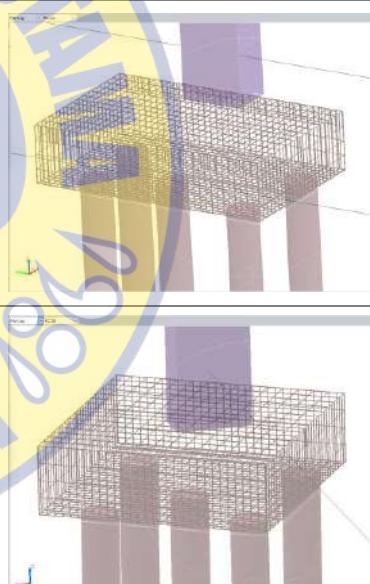
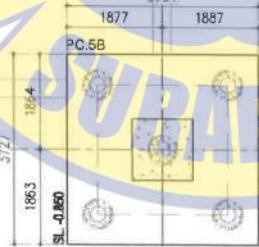
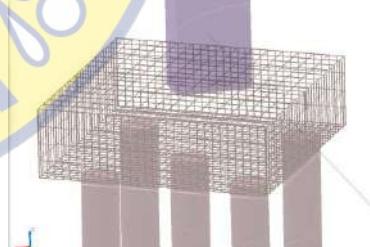
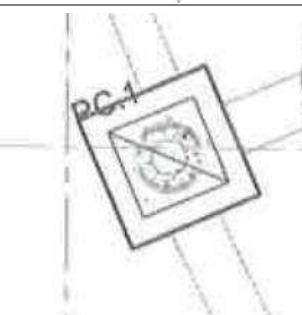
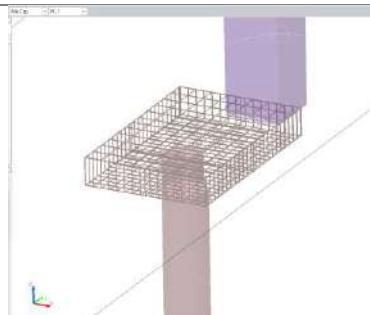
4.3.5 Hasil Pemodelan

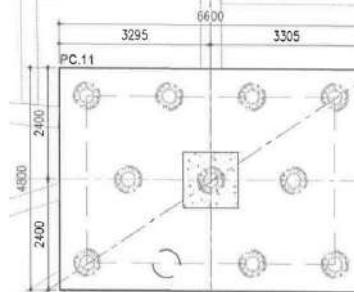
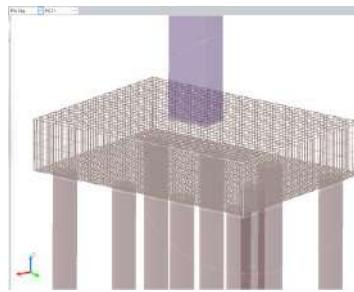
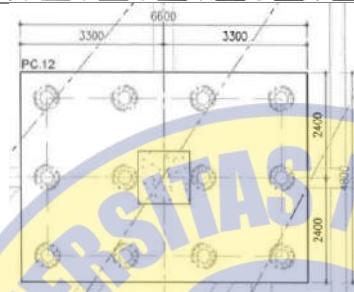
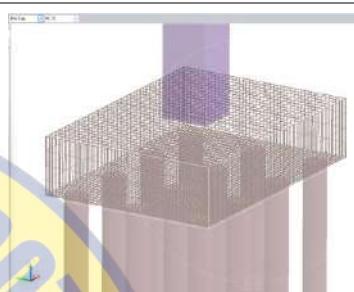
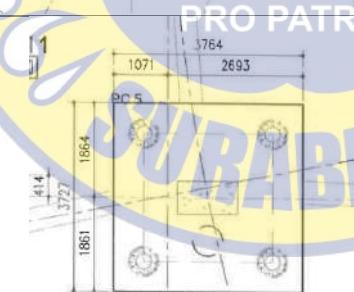
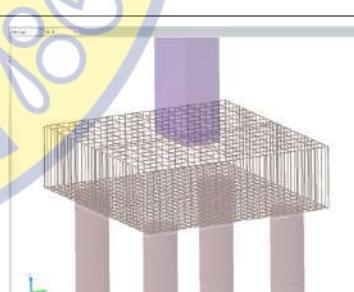
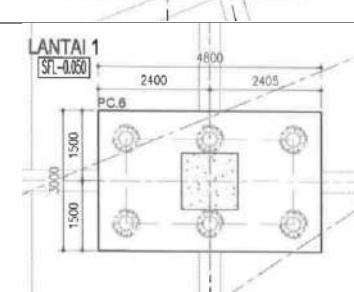
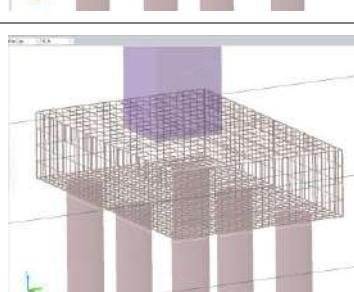
Setelah seluruh proses pengaturan tulangan untuk elemen-elemen struktural dilakukan pada subbab sebelumnya, tahap selanjutnya adalah memperoleh hasil visualisasi pemodelan tulangan yang dihasilkan oleh perangkat lunak Cubicost

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

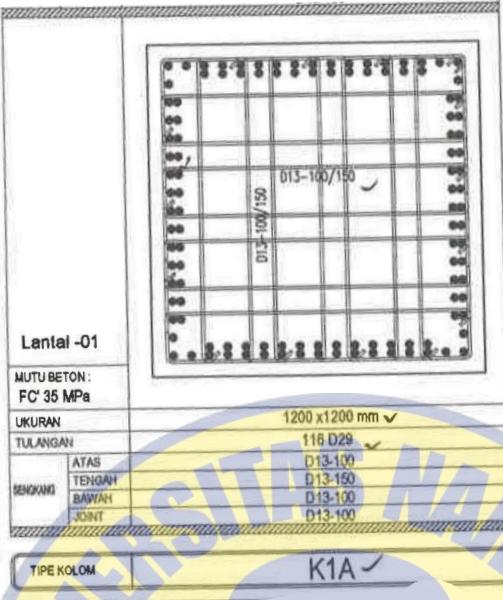
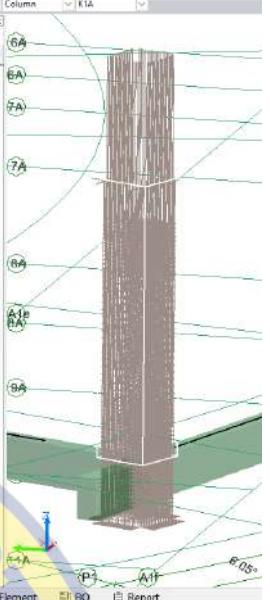
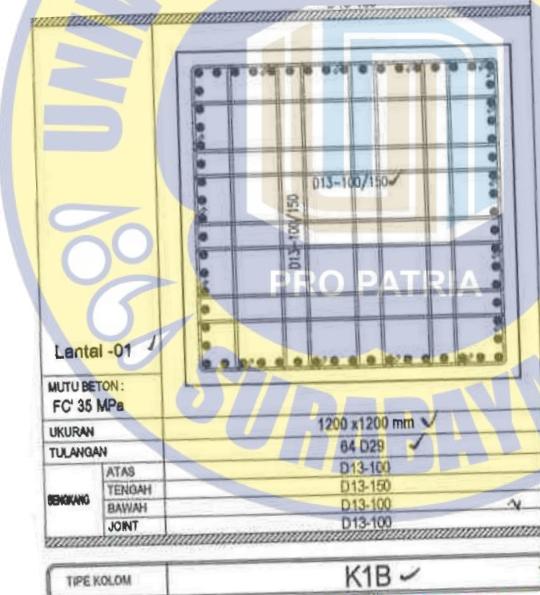
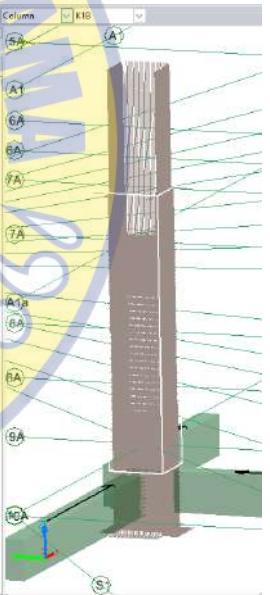
Tabel 4. 5 Representasi Model Tiga Dimensi Elemen Struktur

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

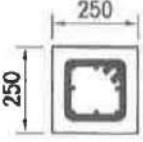
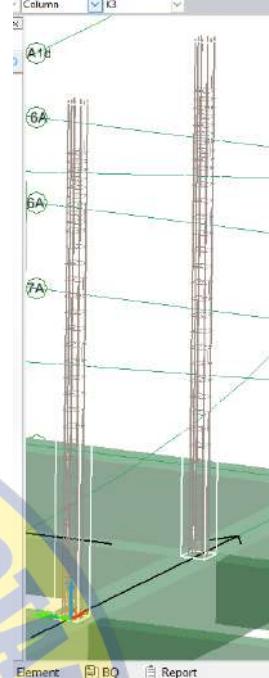
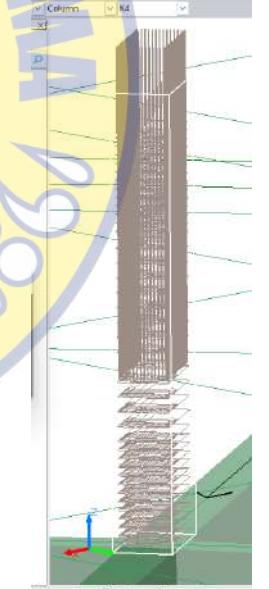
Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan
PC.2'		
PC.4A		
PC.5A		
PC.5B		
PC.1		

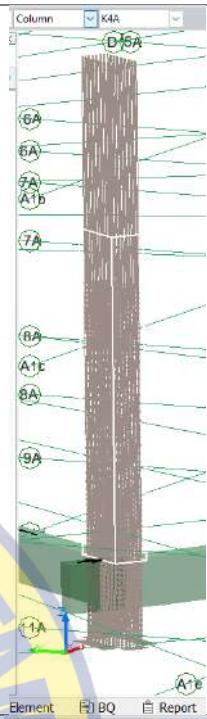
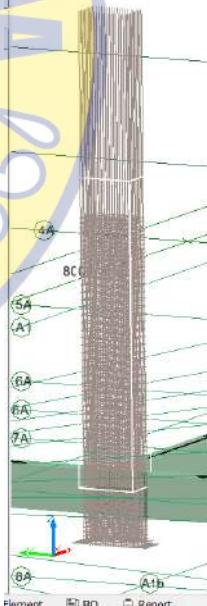
Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan
PC.11		
PC.12		
PC.16		
PC.5		
PC.6		

Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan								
PC.8										
PC.9										
PC.8A										
K1	<p>Lantai -01</p> <p>MUTU BETON: FC 35 MPa</p> <p>UKURAN: 1200 x 1200 mm</p> <table border="1"> <tr> <td>ATAS</td> <td>D13-100/150</td> </tr> <tr> <td>TENGAH</td> <td>D13-100</td> </tr> <tr> <td>BAWAH</td> <td>D13-150</td> </tr> <tr> <td>JOINT</td> <td>D13-100</td> </tr> </table> <p>Tipe Kolom: K1 ✓</p>	ATAS	D13-100/150	TENGAH	D13-100	BAWAH	D13-150	JOINT	D13-100	
ATAS	D13-100/150									
TENGAH	D13-100									
BAWAH	D13-150									
JOINT	D13-100									

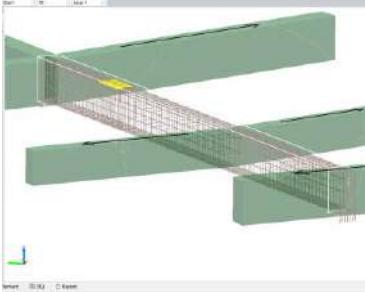
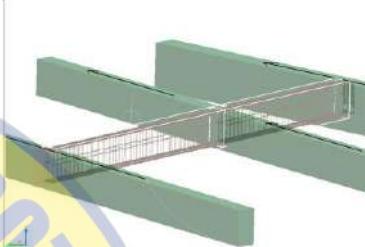
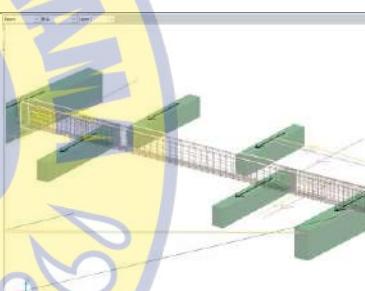
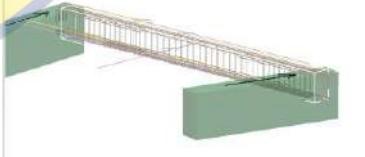
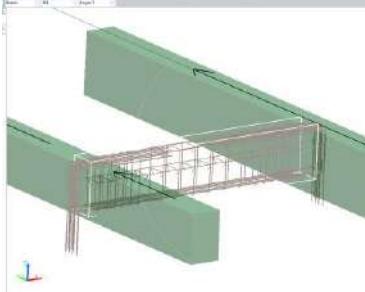
Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan										
K1A	<p>Lantai -01</p> <p>MUTU BETON : FC' 35 MPa</p> <p>UKURAN</p> <p>TULANGAN</p> <table border="1"> <tr> <td>ATAS</td> <td>116 D29</td> </tr> <tr> <td>TENGAH</td> <td>D13-100</td> </tr> <tr> <td>BAWAH</td> <td>D13-150</td> </tr> <tr> <td>JOINT</td> <td>D13-100</td> </tr> <tr> <td>D13-100</td> <td></td> </tr> </table> <p>TIPE KOLOM</p> <p>K1A ✓</p> 	ATAS	116 D29	TENGAH	D13-100	BAWAH	D13-150	JOINT	D13-100	D13-100		
ATAS	116 D29											
TENGAH	D13-100											
BAWAH	D13-150											
JOINT	D13-100											
D13-100												
K1B	<p>Lantai -01</p> <p>MUTU BETON : FC' 35 MPa</p> <p>UKURAN</p> <p>TULANGAN</p> <table border="1"> <tr> <td>ATAS</td> <td>64 D29</td> </tr> <tr> <td>TENGAH</td> <td>D13-100</td> </tr> <tr> <td>BAWAH</td> <td>D13-150</td> </tr> <tr> <td>JOINT</td> <td>D13-100</td> </tr> <tr> <td>D13-100</td> <td></td> </tr> </table> <p>TIPE KOLOM</p> <p>K1B ✓</p> 	ATAS	64 D29	TENGAH	D13-100	BAWAH	D13-150	JOINT	D13-100	D13-100		
ATAS	64 D29											
TENGAH	D13-100											
BAWAH	D13-150											
JOINT	D13-100											
D13-100												

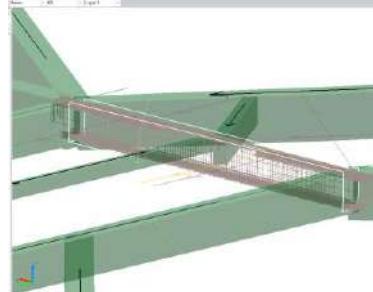
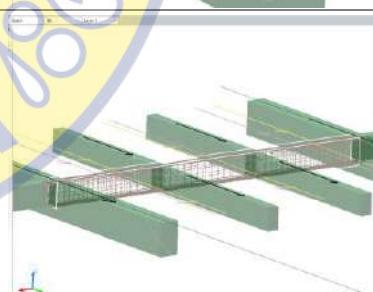
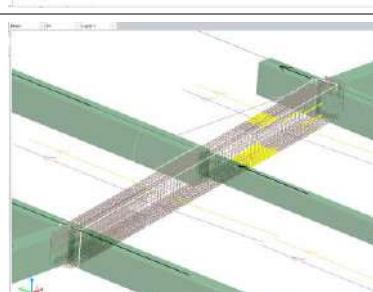
Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan														
K2	<p>Lantai - 04 ~ Lantai - 01</p> <p>MUTU BETON: FC' 35 MPa</p> <p>UKURAN 650 x 1200 mm</p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="3">BENGKUNG</td> <td>ATAS</td> <td>78 D25</td> </tr> <tr> <td>TENGAH</td> <td>D13-100</td> </tr> <tr> <td>BAWAH</td> <td>D13-150</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">TIES</td> <td>ATAS</td> <td>D13-100</td> </tr> <tr> <td>TENGAH</td> <td>9D13-100</td> </tr> <tr> <td>BAWAH</td> <td>9D13-150</td> </tr> </table> <p>TIPE KOLOM K2</p>	BENGKUNG	ATAS	78 D25	TENGAH	D13-100	BAWAH	D13-150	TIES	ATAS	D13-100	TENGAH	9D13-100	BAWAH	9D13-150	<p>Column K2</p> <p>Element BQ Report</p>
BENGKUNG	ATAS		78 D25													
	TENGAH		D13-100													
	BAWAH	D13-150														
TIES	ATAS	D13-100														
	TENGAH	9D13-100														
	BAWAH	9D13-150														
K2A	<p>Lantai - 04 ~ Lantai - 01</p> <p>MUTU BETON: FC' 35 MPa</p> <p>UKURAN 650 x 1200 mm</p> <table border="1"> <tr> <td rowspan="3">BENGKUNG</td> <td>ATAS</td> <td>78 D25</td> </tr> <tr> <td>TENGAH</td> <td>D13-100</td> </tr> <tr> <td>BAWAH</td> <td>D13-150</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">TIES</td> <td>ATAS</td> <td>D13-100</td> </tr> <tr> <td>TENGAH</td> <td>9D13-100</td> </tr> <tr> <td>BAWAH</td> <td>9D13-150</td> </tr> </table> <p>TIPE KOLOM K2A</p>	BENGKUNG	ATAS	78 D25	TENGAH	D13-100	BAWAH	D13-150	TIES	ATAS	D13-100	TENGAH	9D13-100	BAWAH	9D13-150	<p>Element BQ Report</p>
BENGKUNG	ATAS		78 D25													
	TENGAH		D13-100													
	BAWAH	D13-150														
TIES	ATAS	D13-100														
	TENGAH	9D13-100														
	BAWAH	9D13-150														

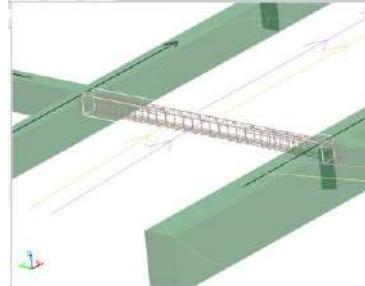
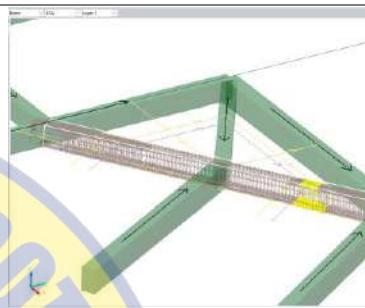
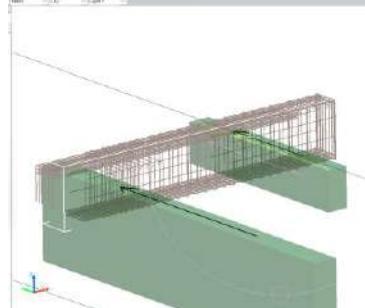
Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan														
K3	<p>Lantai - 07</p> <p>~</p> <p>Lantai - 01</p> <p>MUTU BETON : FC' 35.00 MPa</p> <p>UKURAN 250 x 250 mm</p> <p>TULANGAN 8 D 18</p> <table border="1"> <tr> <td>ATAS</td> <td>D10-125</td> </tr> <tr> <td>TENGAH</td> <td>D10-150</td> </tr> <tr> <td>BAWAH</td> <td>D10-125</td> </tr> <tr> <td>JOINT</td> <td>D10-125</td> </tr> </table> <p>TIPE KOLOM K3</p> 	ATAS	D10-125	TENGAH	D10-150	BAWAH	D10-125	JOINT	D10-125							
ATAS	D10-125															
TENGAH	D10-150															
BAWAH	D10-125															
JOINT	D10-125															
K4	<p>Lantai - 01</p> <p>MUTU BETON : FC' 35.00 MPa</p> <p>UKURAN 800 x 800 mm</p> <p>TULANGAN 40 D 19</p> <table border="1"> <tr> <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> </table> <table border="1"> <tr> <td>ATAS</td> <td>8D13-100</td> </tr> <tr> <td>TENGAH</td> <td>8D13-150</td> </tr> <tr> <td>BAWAH</td> <td>8D13-100</td> </tr> </table> <p>TIPE KOLOM K4</p> 	ATAS	D13-100	TENGAH	D13-150	BAWAH	D13-100	JOINT	D13-100	ATAS	8D13-100	TENGAH	8D13-150	BAWAH	8D13-100	
ATAS	D13-100															
TENGAH	D13-150															
BAWAH	D13-100															
JOINT	D13-100															
ATAS	8D13-100															
TENGAH	8D13-150															
BAWAH	8D13-100															

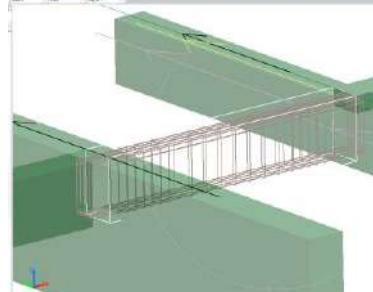
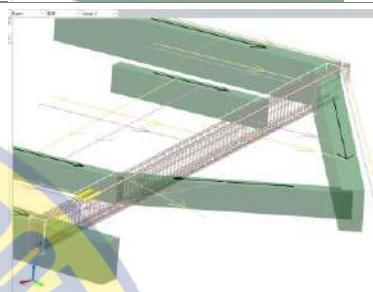
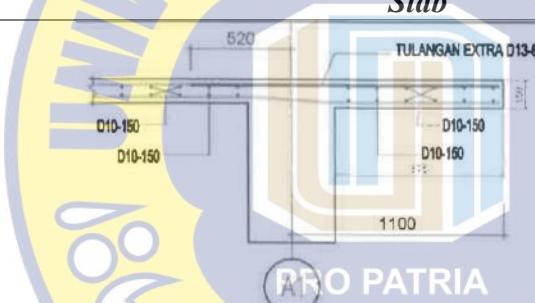
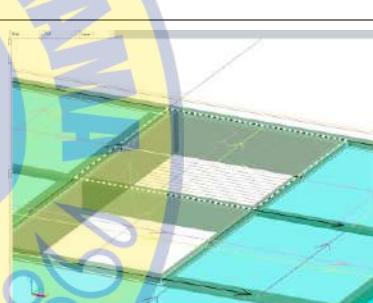
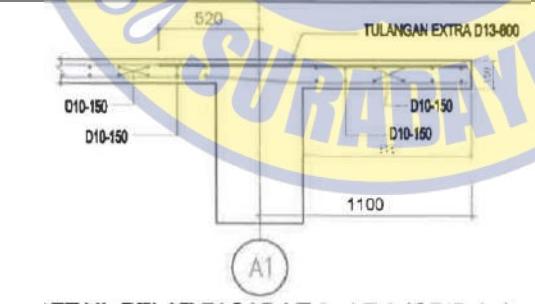
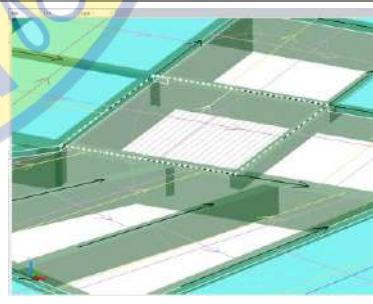
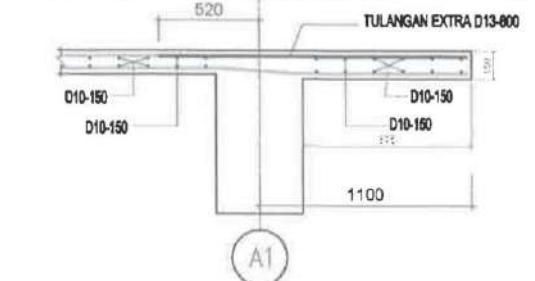
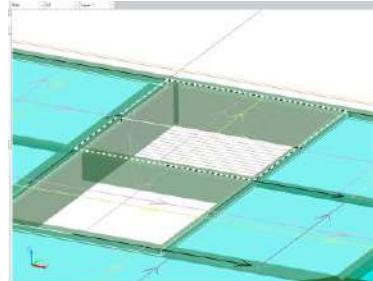
Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan																
K4A	<p>Lantai - 02 ~ Lantai - 01</p> <p>MUTU BETON: FC' 35.00 MPa</p> <p>UKURAN</p> <p>TULANGAN</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">SENGKANG</th> <th>ATAS</th> <th>48 D25</th> </tr> <tr> <th>TENGAH</th> <th>D13-100</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>BAWAH</th> <th>D13-150</th> </tr> <tr> <th>JOINT</th> <th>D13-100</th> </tr> <tr> <th rowspan="3">TIE</th> <th>ATAS</th> <th>D13-100</th> </tr> <tr> <th>TENGAH</th> <th>10D13-100</th> </tr> <tr> <th>BAWAH</th> <th>10D13-150</th> </tr> </tbody> </table> <p>TIPE KOLOM</p> <p>K4A</p> 	SENGKANG	ATAS	48 D25	TENGAH	D13-100	BAWAH	D13-150	JOINT	D13-100	TIE	ATAS	D13-100	TENGAH	10D13-100	BAWAH	10D13-150	<p>Column: K4A</p> <p>Element: K4A</p> <p>Report</p>
SENGKANG	ATAS		48 D25															
	TENGAH	D13-100																
BAWAH	D13-150																	
JOINT	D13-100																	
TIE	ATAS	D13-100																
	TENGAH	10D13-100																
	BAWAH	10D13-150																
K5	<p>Lantai - 01</p> <p>MUTU BETON: FC' 35 MPa</p> <p>UKURAN</p> <p>TULANGAN</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">SENGKANG</th> <th>ATAS</th> <th>60 D26</th> </tr> <tr> <th>TENGAH</th> <th>D13-100</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>BAWAH</th> <th>D13-150</th> </tr> <tr> <th>JOINT</th> <th>D13-100</th> </tr> <tr> <th rowspan="3">TIE</th> <th>ATAS</th> <th>D13-100</th> </tr> <tr> <th>TENGAH</th> <th>9D13-150</th> </tr> <tr> <th>BAWAH</th> <th>9D13-100</th> </tr> </tbody> </table> <p>TIPE KOLOM</p> <p>K5</p> 	SENGKANG	ATAS	60 D26	TENGAH	D13-100	BAWAH	D13-150	JOINT	D13-100	TIE	ATAS	D13-100	TENGAH	9D13-150	BAWAH	9D13-100	<p>Element: K5</p> <p>Report</p>
SENGKANG	ATAS		60 D26															
	TENGAH	D13-100																
BAWAH	D13-150																	
JOINT	D13-100																	
TIE	ATAS	D13-100																
	TENGAH	9D13-150																
	BAWAH	9D13-100																

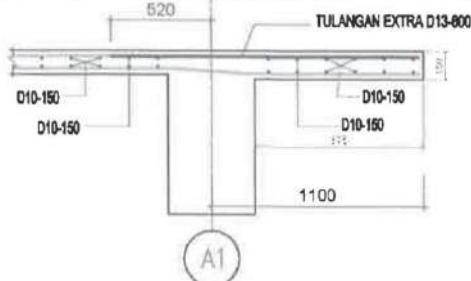
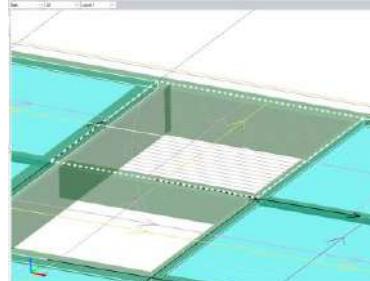
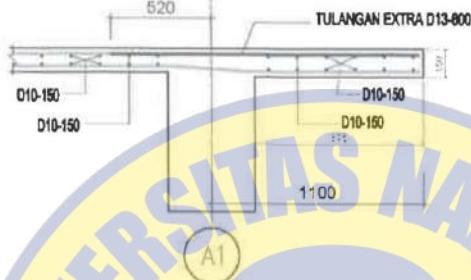
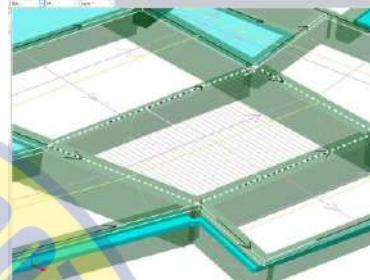
Tie Beam

Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan																								
TB1	<p>TYPE</p> <p>TB.1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TUMPUAN</th> <th>LAPANGAN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90</td> <td>450</td> <td>90</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>450</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>450</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>900</td> <td>450 x 900</td> <td>900</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>SELURUH BETON : 50 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>DIMENSI</p> <p>Tul. Atas 7 D25 7 D25 Tul. Bawah 7 D25 7 D25 Tul. Pinggir 4 D19 4 D19 Bengkang D10 - 150 D10 - 200 Ties D10 - 300 D10 - 300</p>	TUMPUAN		LAPANGAN	90	450	90	50	450	50	50	450	50	900	450 x 900	900			SELURUH BETON : 50 mm							
TUMPUAN		LAPANGAN																								
90	450	90																								
50	450	50																								
50	450	50																								
900	450 x 900	900																								
		SELURUH BETON : 50 mm																								
TB2	<p>TYPE</p> <p>TB.2</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TUMPUAN</th> <th>LAPANGAN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>70</td> <td>350</td> <td>70</td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>350</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>700</td> <td>350 x 700</td> <td>700</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>SELURUH BETON : 50 mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>DIMENSI</p> <p>Tul. Atas 7 D19 7 D19 Tul. Bawah 7 D19 7 D19 Tul. Pinggir 2 D16 2 D16 Bengkang D10 - 150 D10 - 200 Ties D10 - 300 D10 - 300</p>	TUMPUAN		LAPANGAN	70	350	70	50	350	50	700	350 x 700	700			SELURUH BETON : 50 mm										
TUMPUAN		LAPANGAN																								
70	350	70																								
50	350	50																								
700	350 x 700	700																								
		SELURUH BETON : 50 mm																								
Balok																										
B3A	<p>T : B3A</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TUMPUAN</th> <th>LAPANGAN</th> <th>TUMPUAN</th> </tr> <tr> <td>UB</td> <td>350 x 700 mm</td> <td></td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TA</td> <td>8 D19</td> <td>4 D16</td> <td>8 D19</td> </tr> <tr> <td>TB</td> <td>8 D19</td> <td>10 D15</td> <td>8 D19</td> </tr> <tr> <td>BK</td> <td>D10-150</td> <td>D10-100</td> <td>D10-150</td> </tr> <tr> <td>TP</td> <td></td> <td>4 D13</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	TUMPUAN		LAPANGAN	TUMPUAN	UB	350 x 700 mm			TA	8 D19	4 D16	8 D19	TB	8 D19	10 D15	8 D19	BK	D10-150	D10-100	D10-150	TP		4 D13		
TUMPUAN		LAPANGAN	TUMPUAN																							
UB	350 x 700 mm																									
TA	8 D19	4 D16	8 D19																							
TB	8 D19	10 D15	8 D19																							
BK	D10-150	D10-100	D10-150																							
TP		4 D13																								
B5	<p>T : B5</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TUMPUAN</th> <th>LAPANGAN</th> <th>TUMPUAN</th> </tr> <tr> <td>UB</td> <td>300 x 550 mm</td> <td></td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>TA</td> <td>8 D16</td> <td>4 D19</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>9 D10-200</td> <td>D10-150</td> </tr> <tr> <td>TP</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	TUMPUAN		LAPANGAN	TUMPUAN	UB	300 x 550 mm			TA	8 D16	4 D19	6 D16	TB	5 D16	7 D16	5 D16	BK	D10-150	9 D10-200	D10-150	TP				
TUMPUAN		LAPANGAN	TUMPUAN																							
UB	300 x 550 mm																									
TA	8 D16	4 D19	6 D16																							
TB	5 D16	7 D16	5 D16																							
BK	D10-150	9 D10-200	D10-150																							
TP																										
B4	<p>T : CB4</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">TUMPUAN</th> <th>LAPANGAN</th> <th>TUMPUAN</th> </tr> <tr> <td>UB</td> <td>300 x 600 mm</td> <td></td> <td></td> </tr> </thead> <tbody> <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></td> <td>2 D10</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	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		
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	<p>B2</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>T :</th><th colspan="3">TUMPUAN LAPANGAN</th><th>TUMPUAN</th></tr> <tr> <th>P :</th><th colspan="3">450 x 850 mm</th><th></th></tr> <tr> <th>UB :</th><th colspan="3"></th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T :</td><td>18 025</td><td>18 025</td><td>18 025</td><td></td></tr> <tr> <td>P :</td><td>18 025</td><td>18 025</td><td>18 025</td><td></td></tr> <tr> <td>UB :</td><td>D13-150</td><td>D13-200</td><td>D13-150</td><td></td></tr> <tr> <td>TP :</td><td>4 013</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	T :	TUMPUAN LAPANGAN			TUMPUAN	P :	450 x 850 mm				UB :					T :	18 025	18 025	18 025		P :	18 025	18 025	18 025		UB :	D13-150	D13-200	D13-150		TP :	4 013				
T :	TUMPUAN LAPANGAN			TUMPUAN																																	
P :	450 x 850 mm																																				
UB :																																					
T :	18 025	18 025	18 025																																		
P :	18 025	18 025	18 025																																		
UB :	D13-150	D13-200	D13-150																																		
TP :	4 013																																				
B7	<p>B7</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>T :</th><th colspan="3">TUMPUAN LAPANGAN</th><th>TUMPUAN</th></tr> <tr> <th>P :</th><th colspan="3">500 x 850 mm</th><th></th></tr> <tr> <th>UB :</th><th colspan="3"></th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T :</td><td>20 025</td><td>16 026</td><td>20 025</td><td></td></tr> <tr> <td>P :</td><td>16 026</td><td>16 026</td><td>16 025</td><td></td></tr> <tr> <td>UB :</td><td>D13-150</td><td>D13-200</td><td>D13-150</td><td></td></tr> <tr> <td>TP :</td><td>4 013</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	T :	TUMPUAN LAPANGAN			TUMPUAN	P :	500 x 850 mm				UB :					T :	20 025	16 026	20 025		P :	16 026	16 026	16 025		UB :	D13-150	D13-200	D13-150		TP :	4 013				
T :	TUMPUAN LAPANGAN			TUMPUAN																																	
P :	500 x 850 mm																																				
UB :																																					
T :	20 025	16 026	20 025																																		
P :	16 026	16 026	16 025																																		
UB :	D13-150	D13-200	D13-150																																		
TP :	4 013																																				
CB4	<p>CB4</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>T :</th><th colspan="3">TUMPUAN LAPANGAN</th><th>TUMPUAN</th></tr> <tr> <th>P :</th><th colspan="3">350 x 650 mm</th><th></th></tr> <tr> <th>UB :</th><th colspan="3"></th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T :</td><td>7 022</td><td>7 022</td><td>7 022</td><td></td></tr> <tr> <td>P :</td><td>8 022</td><td>4 022</td><td>8 022</td><td></td></tr> <tr> <td>UB :</td><td>D10-150</td><td>D10-150</td><td>D10-150</td><td></td></tr> <tr> <td>TP :</td><td>2 010</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	T :	TUMPUAN LAPANGAN			TUMPUAN	P :	350 x 650 mm				UB :					T :	7 022	7 022	7 022		P :	8 022	4 022	8 022		UB :	D10-150	D10-150	D10-150		TP :	2 010				
T :	TUMPUAN LAPANGAN			TUMPUAN																																	
P :	350 x 650 mm																																				
UB :																																					
T :	7 022	7 022	7 022																																		
P :	8 022	4 022	8 022																																		
UB :	D10-150	D10-150	D10-150																																		
TP :	2 010																																				
B3	<p>B3</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>T :</th><th colspan="3">TUMPUAN LAPANGAN</th><th>TUMPUAN</th></tr> <tr> <th>P :</th><th colspan="3">350 x 700 mm</th><th></th></tr> <tr> <th>UB :</th><th colspan="3"></th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T :</td><td>8 019</td><td>4 019</td><td>8 019</td><td></td></tr> <tr> <td>P :</td><td>8 019</td><td>8 019</td><td>8 019</td><td></td></tr> <tr> <td>UB :</td><td>D10-150</td><td>D10-200</td><td>D10-150</td><td></td></tr> <tr> <td>TP :</td><td>4 013</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	T :	TUMPUAN LAPANGAN			TUMPUAN	P :	350 x 700 mm				UB :					T :	8 019	4 019	8 019		P :	8 019	8 019	8 019		UB :	D10-150	D10-200	D10-150		TP :	4 013				
T :	TUMPUAN LAPANGAN			TUMPUAN																																	
P :	350 x 700 mm																																				
UB :																																					
T :	8 019	4 019	8 019																																		
P :	8 019	8 019	8 019																																		
UB :	D10-150	D10-200	D10-150																																		
TP :	4 013																																				
B1	<p>B1</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>T :</th><th colspan="3">TUMPUAN LAPANGAN</th><th>TUMPUAN</th></tr> <tr> <th>P :</th><th colspan="3">600 x 1000 mm</th><th></th></tr> <tr> <th>UB :</th><th colspan="3"></th><th></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>T :</td><td>23 028</td><td>8 028</td><td>23 028</td><td></td></tr> <tr> <td>P :</td><td>18 028</td><td>18 028</td><td>18 028</td><td></td></tr> <tr> <td>UB :</td><td>D13-100</td><td>D13-150</td><td>D13-150</td><td></td></tr> <tr> <td>TP :</td><td>4 018</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	T :	TUMPUAN LAPANGAN			TUMPUAN	P :	600 x 1000 mm				UB :					T :	23 028	8 028	23 028		P :	18 028	18 028	18 028		UB :	D13-100	D13-150	D13-150		TP :	4 018				
T :	TUMPUAN LAPANGAN			TUMPUAN																																	
P :	600 x 1000 mm																																				
UB :																																					
T :	23 028	8 028	23 028																																		
P :	18 028	18 028	18 028																																		
UB :	D13-100	D13-150	D13-150																																		
TP :	4 018																																				

Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan																		
B6	<p>B6</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="3">TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN</td> </tr> <tr> <td colspan="3">250 x 300 mm</td> </tr> <tr> <td>TA: 6 D16</td> <td>3D16</td> <td>6 D16</td> </tr> <tr> <td>TB: 4 D16</td> <td>5 D16</td> <td>4 D16</td> </tr> <tr> <td>BK: D10-125</td> <td>D10-150</td> <td>D10-125</td> </tr> <tr> <td>TP:</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN			250 x 300 mm			TA: 6 D16	3D16	6 D16	TB: 4 D16	5 D16	4 D16	BK: D10-125	D10-150	D10-125	TP:			
TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN																				
250 x 300 mm																				
TA: 6 D16	3D16	6 D16																		
TB: 4 D16	5 D16	4 D16																		
BK: D10-125	D10-150	D10-125																		
TP:																				
B1A	<p>B1A</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="3">TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN</td> </tr> <tr> <td colspan="3">800 x 1000 mm</td> </tr> <tr> <td>TA: 24 D26</td> <td>10 D25</td> <td>74 D25</td> </tr> <tr> <td>TB: 16 D25</td> <td>16 D25</td> <td>18 D25</td> </tr> <tr> <td>BK: D15-150</td> <td>D15-150</td> <td>D15-150</td> </tr> <tr> <td>TP:</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN			800 x 1000 mm			TA: 24 D26	10 D25	74 D25	TB: 16 D25	16 D25	18 D25	BK: D15-150	D15-150	D15-150	TP:			
TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN																				
800 x 1000 mm																				
TA: 24 D26	10 D25	74 D25																		
TB: 16 D25	16 D25	18 D25																		
BK: D15-150	D15-150	D15-150																		
TP:																				
B3C	<p>B3C</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="3">TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN</td> </tr> <tr> <td colspan="3">350 x 1250 mm</td> </tr> <tr> <td>TA: 7 D22</td> <td>7 D22</td> <td>12 D22</td> </tr> <tr> <td>TB: 12 D22</td> <td>12 D22</td> <td>12 D22</td> </tr> <tr> <td>BK: D10-150</td> <td>D10-150</td> <td>D10-150</td> </tr> <tr> <td>TP:</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN			350 x 1250 mm			TA: 7 D22	7 D22	12 D22	TB: 12 D22	12 D22	12 D22	BK: D10-150	D10-150	D10-150	TP:			
TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN																				
350 x 1250 mm																				
TA: 7 D22	7 D22	12 D22																		
TB: 12 D22	12 D22	12 D22																		
BK: D10-150	D10-150	D10-150																		
TP:																				
BS	<p>BS</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="3">TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN</td> </tr> <tr> <td colspan="3">300 x 550 mm</td> </tr> <tr> <td>TA: 6 D16</td> <td>4 D16</td> <td>6 D16</td> </tr> <tr> <td>TB: 5 D16</td> <td>7 D16</td> <td>5 D16</td> </tr> <tr> <td>BK: D10-150</td> <td>D10-200</td> <td>D10-150</td> </tr> <tr> <td>TP:</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN			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:			
TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN																				
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	<p>CB2</p> <table border="1"> <tr> <td colspan="3">TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN</td> </tr> <tr> <td colspan="3">450 x 650 mm</td> </tr> <tr> <td>TA: 19 D25</td> <td>16 D25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TB: 14 D25</td> <td>14 D25</td> <td></td> </tr> <tr> <td>BK: D15-100</td> <td>D15-150</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TP:</td> <td>4 D19</td> <td></td> </tr> </table>	TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN			450 x 650 mm			TA: 19 D25	16 D25		TB: 14 D25	14 D25		BK: D15-100	D15-150		TP:	4 D19		
TUMPUAN LAPANGAN TUMPUAN																				
450 x 650 mm																				
TA: 19 D25	16 D25																			
TB: 14 D25	14 D25																			
BK: D15-100	D15-150																			
TP:	4 D19																			

Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan																		
CB5	<p>CB5</p> <table border="1"> <tr> <td>T : P : TUMPUAN</td> <td>LAPANGAN</td> <td>TUMPUAN</td> </tr> <tr> <td>U8 : 300 x 550 mm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TA : 7 D16</td> <td>7 D16</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TB : 5 D16</td> <td>5 D16</td> <td></td> </tr> <tr> <td>SK : D15-125</td> <td>D15-100</td> <td></td> </tr> <tr> <td>TP : -</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	T : P : TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	U8 : 300 x 550 mm			TA : 7 D16	7 D16		TB : 5 D16	5 D16		SK : D15-125	D15-100		TP : -			
T : P : TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN																		
U8 : 300 x 550 mm																				
TA : 7 D16	7 D16																			
TB : 5 D16	5 D16																			
SK : D15-125	D15-100																			
TP : -																				
B3B	<p>B3B</p> <table border="1"> <tr> <td>T : P : TUMPUAN</td> <td>LAPANGAN</td> <td>TUMPUAN</td> </tr> <tr> <td>U8 : 350 x 700 mm</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TA : 11 D22</td> <td>5 D22</td> <td>11 D22</td> </tr> <tr> <td>TB : 5 D22</td> <td>8 D22</td> <td>5 D22</td> </tr> <tr> <td>SK : D10-150</td> <td>D10-150</td> <td>D19-150</td> </tr> <tr> <td>TP : 4 D13</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	T : P : TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	U8 : 350 x 700 mm			TA : 11 D22	5 D22	11 D22	TB : 5 D22	8 D22	5 D22	SK : D10-150	D10-150	D19-150	TP : 4 D13			
T : P : TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN																		
U8 : 350 x 700 mm																				
TA : 11 D22	5 D22	11 D22																		
TB : 5 D22	8 D22	5 D22																		
SK : D10-150	D10-150	D19-150																		
TP : 4 D13																				
SA	<p>Slab</p> 																			
S1																				
S2																				

Nama	Gambar DED	Hasil Pemodelan
S3		
S4		

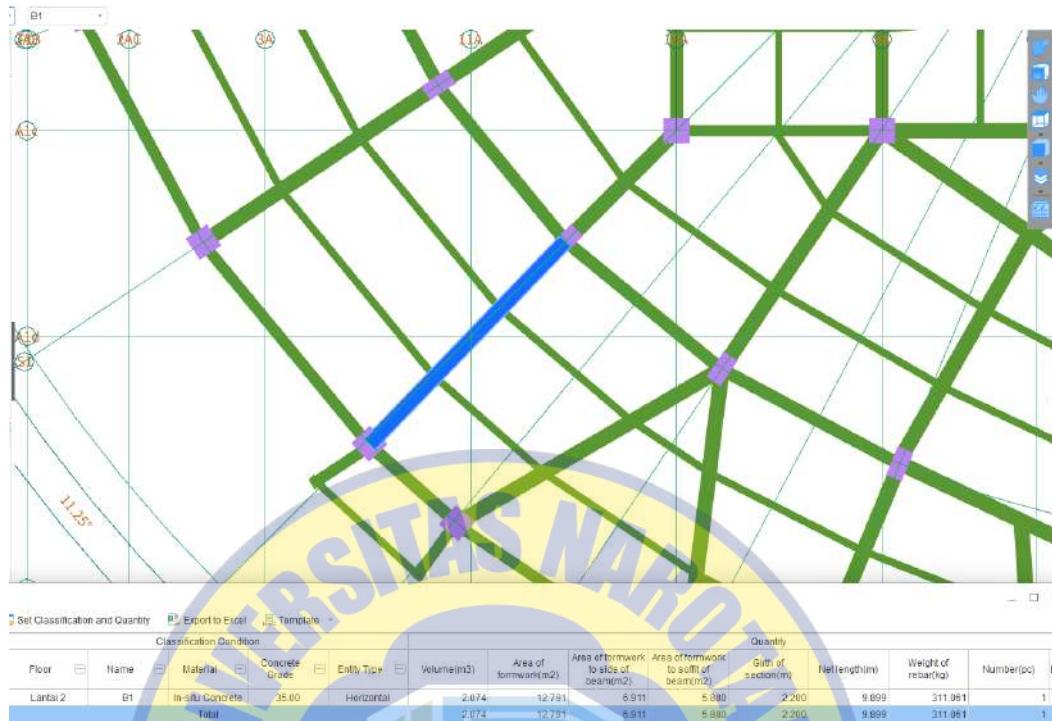
4.4 Verifikasi Kuantitas Pekerjaan Beton pada Cubicost

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 $500 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ 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 m^3 . 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> (m ²)	<i>Area of soffit</i> (m ²)	<i>Area of side</i> (m ²)	<i>Area of top</i> (m ²)
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 (m³)	Area of Formwork (m²)
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 415,73 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 (m³)	Area (m²)	Area of Formwork to Soffit (m²)
Lantai 1	SA	150	465.15	3100.98	2573.60
Lantai 3	S1	125	466.47	3731.91	2999.77
	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 Diameter (mm)	Rebar Weight (kg)					Summary (kg)
		10	13	16	25	29	
K1	0.00	7568.84	0.00	0.00		30663.6	38232.49
K1	0.00	24981.8	0.00	0.00		98150.4	123132.3
K1B	0.00	20388.2	0.00	0.00		45070.4	65458.74

<i>Classification Condition</i>		<i>Rebar Weight (kg)</i>					<i>Summary</i>
<i>Lantai</i>	<i>Tipe</i>	<i>Rebar Diameter (mm)</i>					<i>(kg)</i>
		10	13	16	25	29	
	K2	0.00	11237.37	0.00	31078.03	0.00	42315.40
	K2	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
	K4	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
	K1	0.00	5468.35	0.00	15933.27	0.00	21401.63
	K1	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
Lantai	K2	0.00	7815.88	0.00	23438.71	0.00	31254.59
i 3	K2	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
	K4	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

Classification on Condition		Rebar Weight (kg)						Summary (kg)	
Lant	Tip	Rebar Diameter (mm)							
ai	ai	10	13	16	19	22	25		
	TB	9112.4	0.00	0.00	6011.0	0.00	56131.	71255.4	
Lant	1				4		9	3	
ai 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	
	B1	59.62	1504.0	208.53	0.00	0.00	4668.4	6440.66	
Lant	A		8				4		
ai 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	0.00	0.00	3187.94
B3	791.46	269.12	0.00	2399.4	0.00	0.00	3460.03
B	161.26	52.96	0.00	0.00	640.38	0.00	854.61
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.	0.00	17603.0
A	194.42	0.00	0.00	0.00	724.33	0.00	918.75
B5	2251.9	0.00	6134.7	0.00	0.00	0.00	8386.74
B6	428.25	0.00	1254.9	0.00	0.00	0.00	1683.17
B7	890.83	15064.	0.00	0.00	67502.	0.00	83457.8
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	0.00	1949.0	0.00	0.00	0.00	7206.5	9155.53
CB	135.48	0.00	0.00	0.00	370.62	0.00	506.11
CB	13.68	0.00	49.99	0.00	0.00	0.00	63.66
Jumlah							387834.

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 <i>finishing</i> plafond adalah sebesar 7.083,76 m ² . 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)	Ps. 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 (m ³)	Bekisting (m ²)
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 (m ³)	Bekistin g (m ²)
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>Tipe</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
	K1	0.00	5827.85	0.00	16643.99	0.00	22471.84
Lantai 3	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	
Condition		Lant	Tip	Rebar Diameter (mm)					
ai	e	10	13	16	19	22	25		(kg)
		TB	9679.5	0.0	0.0	6960.1	0.0	56194.	72834.
Lant	1							8	3
ai 1		TB	11799.	162.9	5346.	50460.	0.0	0.0	67768.
		2	6		1	0			6
		B1	777.9	18117.	2420.	0.0	0.0	58842.	80158.
				4	1			7	0
		B1	57.0	1436.5	190.7	0.0	0.0	4881.5	6565.8
		A							
		B2	307.4	4864.5	0.0	0.0	0.0	24879.	30051.
								6	4
		B2	15.2	215.7	74.5	0.0	0.0	942.7	1248.1
		A							
Lant	ai 3	B3	586.1	310.3	0.0	2606.0	0.0	0.0	3502.4
		B3	552.6	265.5	0.0	2265.3	0.0	0.0	3083.5
		A							
		B3	105.6	48.4	0.0	0.0	590.6	0.0	744.6
		B							
		B3	89.5	55.4	0.0	0.0	441.9	0.0	586.8
		C							
		B4	2719.4	0.0	0.0	0.0	12549.	0.0	15268.
							0		4

Classification

Condition		Rebar Weight (kg)						Jumlah (kg)	
Lantai	Tip	Rebar Diameter (mm)							
ai	e	10	13	16	19	22	25		
	B4								
	A	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	
	CB 2	69.6	1351.4	0.0	0.0	0.0	6558.9	7979.9	
	CB 4	76.9	0.0	0.0	0.0	355.7	0.0	432.6	
	CB 5	14.7	0.0	51.1	0.0	0.0	0.0	65.8	
	Total	30703.	39203.	17177	62291.	14628.	216650	380654	
		71	73	.1	37	12	.7	.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>		<i>Diameter Rebar</i> 13	Jumlah (kg)
<i>Lantai</i>	<i>Rebar Classification</i>		
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

<i>Lantai</i>	<i>Pasangan Bata Ringan</i>	<i>Plesteran Dinding</i>	<i>Acian Dinding</i>
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 (m ²)
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 sebagai. 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 (m ²)
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 (m ³)	Volume Manual (m ³)	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 (m³)	Volume Manual (m³)	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 1 sebesar 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 <i>Balok</i>	Volume Cubicost TAS (m ³)	Volume Manual (m ³)	Volu me Ma nu al (m ³)	Devi asi	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	Volu				Persentase Selisih
	Volume Cubicost TAS (m³)	Volume Manu al (m³)	Devia si		
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	Volume	Deviasi	Persentase Selisih
			Cubicost TAS (m³)	Manual (m³)		
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)	Thickness	Volume	Volume	Deviasi	Percentase Selisih
			Cubicost TAS	Manual			
S3		200	29.55	30.63	1.0822	3.53%	
Percentase Selisih Volume Pekerjaan (m³)						4.27%	

Total selisih volume keseluruhan mencapai 4,27%. Percentase 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 Percentase Selisih Pekerjaan Tulangan Terhadap Manual Fondasi *Pile Cap*

Tipe	Volume Cubicost TRB			Volume			Dev.	%
	Dia		Jumlah	Dia		Jumlah		
	16	25	(kg)	16	25	(kg)		
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	202.1	19240.5	19442.6	414.9	17067.4	17482.2	1960.34	11.21%
A								
PC.11	242.2	11843.1	12085.3	244.8	10928.4	11173.2	912.10	8.16%
A								

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

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

Lantai	Tipe	Classification	Volume	Volume	Dev.	% Selisih
		Condition	Cubicost	Manual (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%
Lantai 3	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>	<i>Condition</i>	<i>Rebar</i>	<i>Volu me</i>	<i>Diameter</i>	<i>Volu me</i>	<i>Dev.</i>	<i>% Selisi h</i>
<i>Lan tai</i>	<i>Rebar</i>	<i>Rebar</i>	<i>Cubic cost</i>	<i>Rebar</i>	<i>Manu al</i>		
	<i>Classification</i>	13	TRB (kg)	13	(kg)		
Lantai 1	Main bar	64202.43	64202 .43	66302.49	66302 .49	2100 .06	3.17%
Lantai 3	Main bar	70690.41	70690 .41	74391.76	74391 .76	3701 .35	4.98%
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>	<i>Condition</i>	<i>Volume</i>	<i>Volume</i>	<i>Devia si</i>	<i>Persentas e</i>
<i>Floor</i>	<i>Entity Type</i>	<i>Name e</i>	<i>Cubicos t TRB</i>	<i>Manual (m²)</i>	<i>Selisih</i>
Lantai 1	Vertica l	Wall-1	6986.90	6,534.17	452.7295 6.93%

Lanta i 3	Vertica 1	Wall- 1	5844.48 8	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

Typ e	Thickness s	Area (m ²)	Thickness s	Area (m ²)	Deviasi	Persentas e
Lantai 1						
SA	150	3100.98	150	3734.00	633.01	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 ManualPlafond

<i>Typ</i>	<i>Thickness</i>	<i>Area</i>	<i>Thickness</i>	<i>Area</i>	<i>Deviasi</i>	<i>Persentas</i>
<i>e</i>	<i>s</i>	(m ²)	<i>s</i>	(m ²)		<i>e</i>
Lantai 1						
SA	150	3100.98	150	3734.00	633.01 8	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.

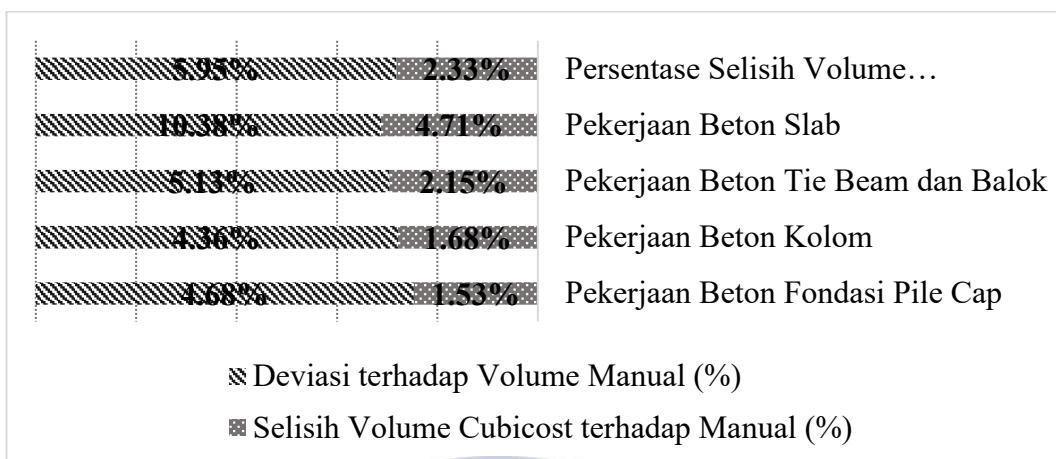
4.8 Pembahasan

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 $4.790,79 \text{ m}^3$, sedangkan estimasi dari Cubicost adalah sebesar $5.124,67 \text{ m}^3$. 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

No	Pekerjaan	Volume		Dev : Manua l		
		Manua l	TAS			
A						
Pekerjaan Beton						
1	Pekerjaan Beton Fondasi <i>Pile Cap</i>	2333.1 6	2262.6 2	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	1077.6 3	980.64	111.82 10.38%		
Persentase Selisih Volume Pekerjaan		4790.7 (m³)	4572.7 9	285.19 8		
5.95%						



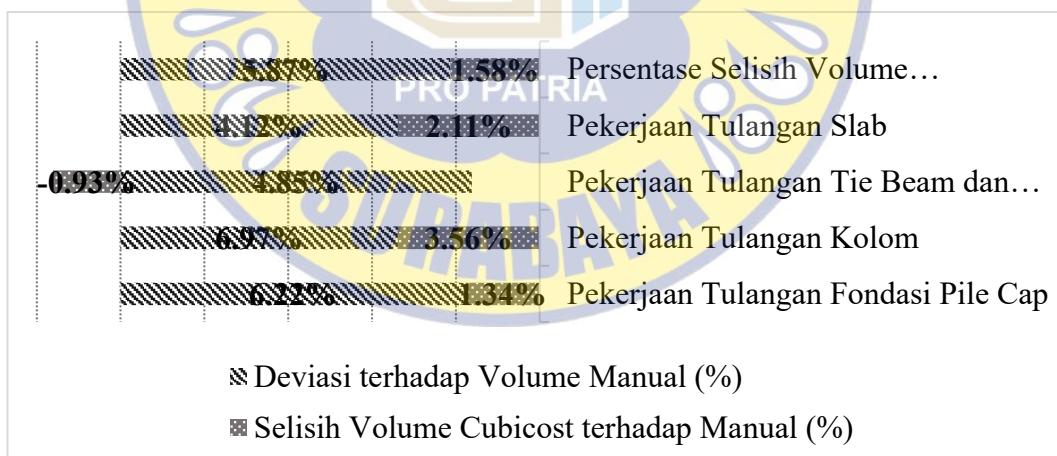
Gambar 4. 43 Perbandingan Persentase Selisih Volume Pekerjaan Beton antara Cubicost TAS dan Perhitungan Manual

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			Dev : Manu al
		Manual	TRB	Devia si	
B Pekerjaan Tulangan					
1	Pekerjaan Beton Fondasi <i>Pile Cap</i>	243587.	237150.	15139.	
2	Pekerjaan Beton Kolom	499832.	465452.	34848.	
3	Pekerjaan Beton Tie Beam dan Balok	380654.	387834.	18443.	
4	Pekerjaan Beton Slab	140694.	134892.	5801.4	
Persentase Selisih Volume Pekerjaan (m ³)		1264769	1225330	74232.	
		.1	.3	7	5.87%



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

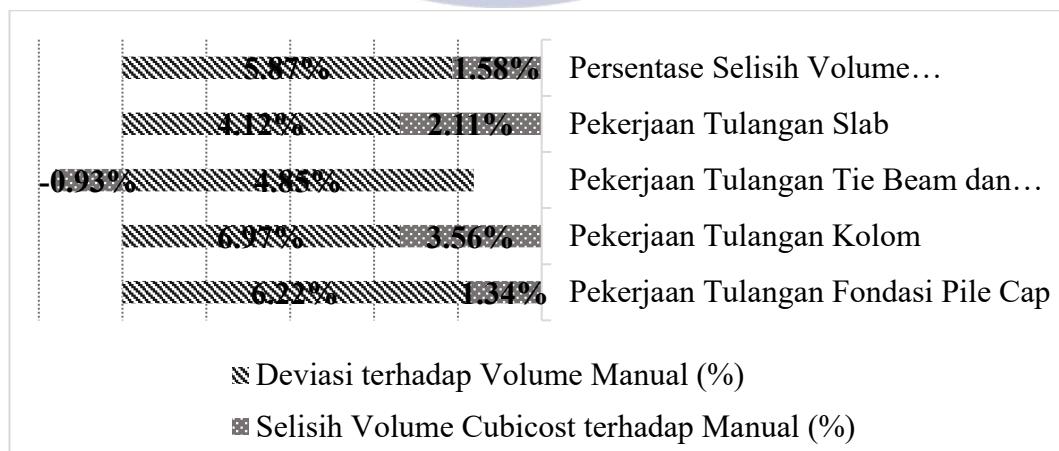
Gambar 4. 44 menunjukkan bahwa pekerjaan tulangan dengan selisih positif tertinggi terdapat pada elemen kolom (6,97%), yang berarti volume hasil Cubicost lebih rendah dibanding manual. Sebaliknya, pekerjaan *tie beam* dan balok mencatat deviasi negatif sebesar -0,93%, yang berarti volume dari Cubicost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

N o	Pekerjaan		Volume Manua l	Volume TRB	Devias i	Dev : Manu al
Pekerjaan Finishing						
1	Pekerjaan Finishing Dinding	Pasangan 9	12060.6 9	12831.3 9	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			27596.0 (m²)	26998.9 5 0	2236.8 0	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 (Pućko et al., 2014).