



BAB 5

ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 Profil Proyek Pembangunan Gedung Rumah Sakit Panti Wilasa

Semarang

Gedung RS (Rumah Sakit) Panti Wilasa merupakan sebuah bangunan bertingkat di kota Semarang. Tujuan pembangunan gedung ini digunakan sebagai Rumah Sakit. Pembangunan Gedung RS Panti Wilasa berlokasi di Jalan Dr. Cipto No 62 Semarang.

Gedung RS Panti Wilasa memiliki jumlah total lantai sebanyak 5 lantai. Total ketinggian gedung mencapai 24,30 meter mulai dari lantai 1 sampai dengan atap. Pembangunan gedung melibatkan beberapa pihak dalam proses pelaksanaan diantaranya adalah RS Panti Wilasa sebagai *owner*, PT. Medisain Dadi Sempurna sebagai konsultan perencana dan PT. Sekawan Triasa sebagai kontraktor.

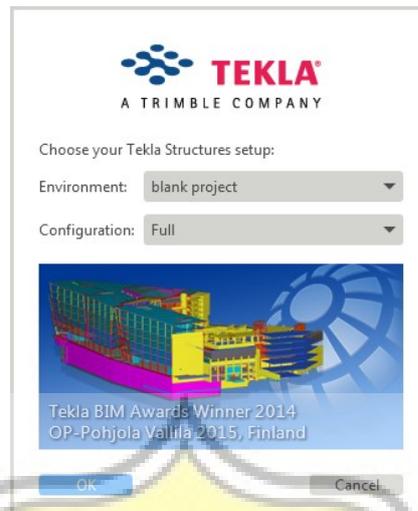
5.2 Pemodelan 3D menggunakan *Tekla Structures*

Sebelum memasuki langkah pemodelan bangunan gedung pada program *Tekla Structures*, pelajari terlebih dahulu gambar struktur bangunan Gedung RS Panti Wilasa pada gambar *for construction* dan *shop drawing* yang telah diperoleh dari proyek terkait, baik *file softcopy* atau *hardcopy*. Tahap pemodelan struktur Gedung RS Panti Wilasa dalam program *software Tekla Structures* dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. *Login* Program

Langkah – langkah dalam *login* program pada aplikasi *Tekla Structures* dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Buka program *Tekla Structures*.
- b. Kemudian akan muncul tampilan awal program *Tekla Structures* awal seperti yang dapat diperlihatkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Tampilan Awal Program *Tekla Structures*

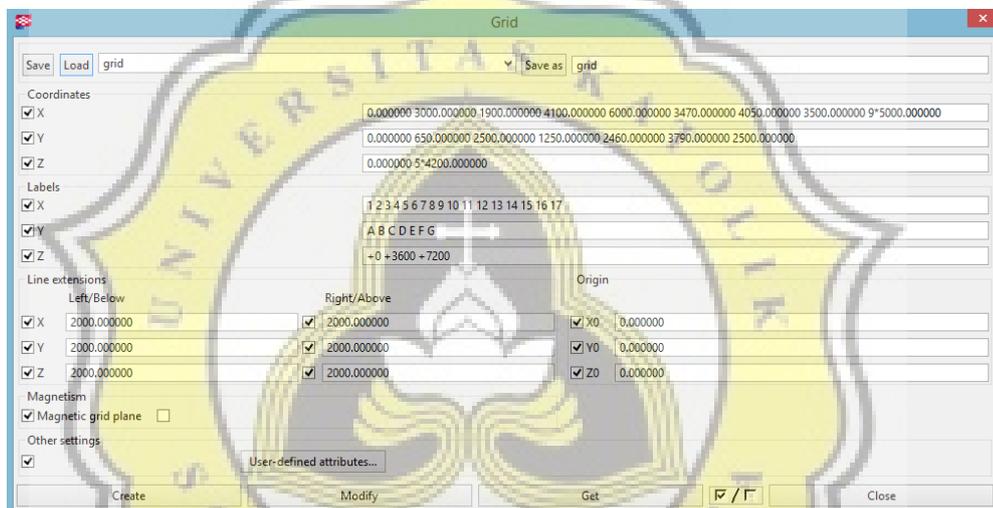
- c. *Tekla Structures* menyediakan beberapa *environment* yang dapat dipilih pada saat proses *instal*. pada pilihan *environment* menyediakan *database* profil, tulangan, baut maupun material sesuai *template* gambar dan *report* yang sesuai dengan standar yang digunakan pada negara tersebut.
- d. Terdapat beberapa pilihan konfigurasi sesuai dengan keperluan dari penggunaan program *Tekla Structures*, seperti *steel detailing*, *precast concrete detailing* dan *reinforced concrete detailing*.
- e. Selanjutnya pilih *create a new model* pada *general toolbars* untuk membuka lembar kerja baru.

2. Pembuatan *grid*

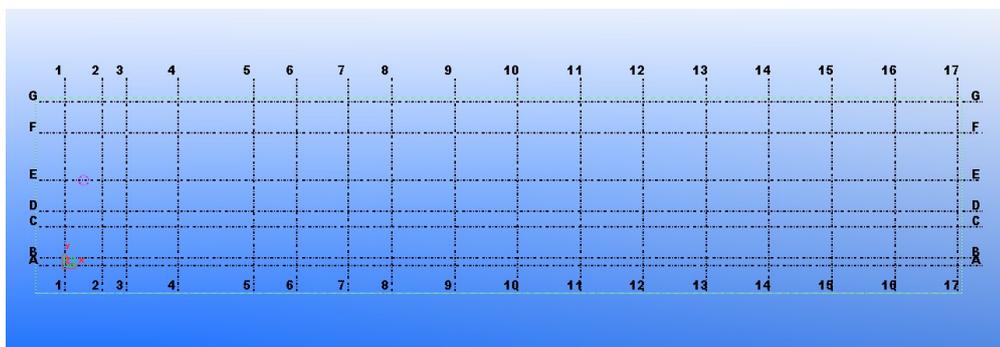
Sebelum melakukan pemodelan struktur kolom, balok, dan pelat lantai. Tahap awal yang perlu diperhatikan adalah melakukan pengaturan *grid*. Pembuatan *grid* bertujuan mempermudah proses pembuatan model dan sebagai titik as struktur. Pengaturan *grid* dilakukan dengan menentukan jumlah, jenis dan ukuran dari koordinat x, y dan z dengan as struktur berdasarkan gambar *for construction* dari proyek yang akan dimodelkan. Langkah-langkah dalam pembuatan *grid* dapat dijabarkan sebagai berikut:



- a. Pada *tab modeling*, kemudian pilih *create grid*.
- b. Kemudian klik dua kali pada *grid* untuk memperlihatkan kotak dialog *properties* yang berfungsi untuk memodifikasi karakteristik *grid*.
- c. Selanjutnya atur koordinat x, y, dan z berdasarkan sesuai gambar *for construction*. Koordinat x dan y bersifat relatif dan koordinat z bersifat mutlak. Masukkan angka-angka pada parameter di kotak dialog *grid* sesuai dengan denah pada gambar *for construction*. Angka-angka parameter pada *dialog properties grid* pada proyek pembangunan Gedung RS Panti Wilasa dapat diperlihatkan pada Gambar 5.2.


 Gambar 5.2 Parameter *Grid* yang Digunakan pada Penelitian

- d. Setelah *grid* diatur maka tampilan *grid* akan sesuai dengan parameter yang telah dibuat. Tampilan as struktur pada proyek Gedung RS Panti Wilasa dapat diperlihatkan pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 As Struktur Gedung RS Panti Wilasa



3. Pemodelan kolom

Dimensi, tipe, dan detail tulangan kolom struktur pada masing-masing lantai dapat diperlihatkan pada Lampiran B.

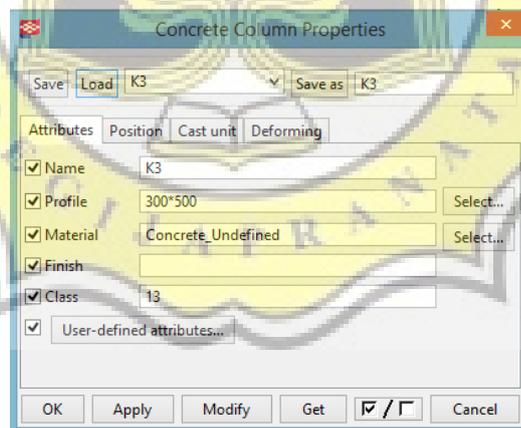
Tahap-tahap pemodelan kolom beton dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Pada *concrete toolbars*, kemudian pilih *create concrete column* dan klik dua kali. Tampilan *create concrete column* pada *concrete toolbars* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.4.



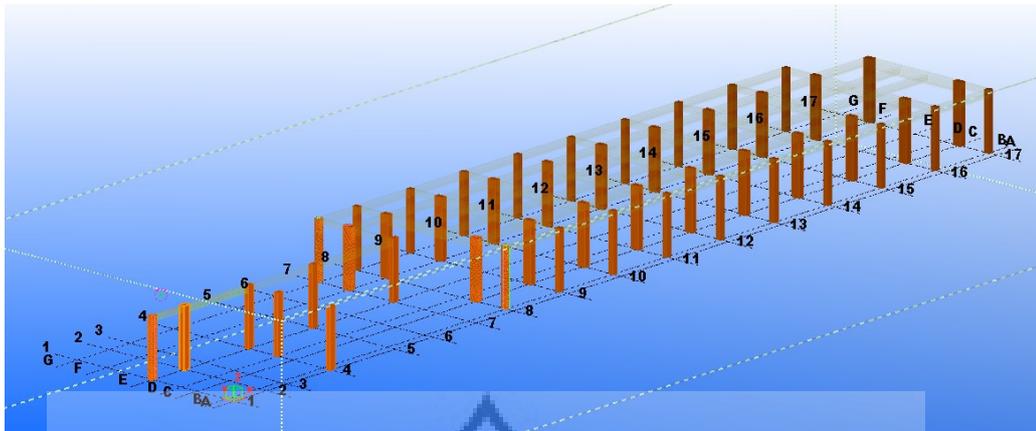
Gambar 5.4 Tampilan *Create Concrete Column* pada *Concrete Toolbar*

- b. Tahap selanjutnya atur karakteristik dan dimensi kolom pada kotak dialog *concrete column properties*. Selanjutnya beri nama pada masing-masing kolom. Klik *save as* dan klik ok. Tampilan kotak dialog *concrete column properties* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Tampilan Kotak Dialog *Concrete Column Properties*

- c. Tahap berikutnya tentukan letak kolom sesuai as struktur gambar *for construction* atau *grid* pada lembar kerja program *Tekla Structures* sesuai dengan masing-masing tipe kolom. Pemodelan struktur kolom Gedung RS Panti Wilasa dapat diperlihatkan pada Gambar 5.6.

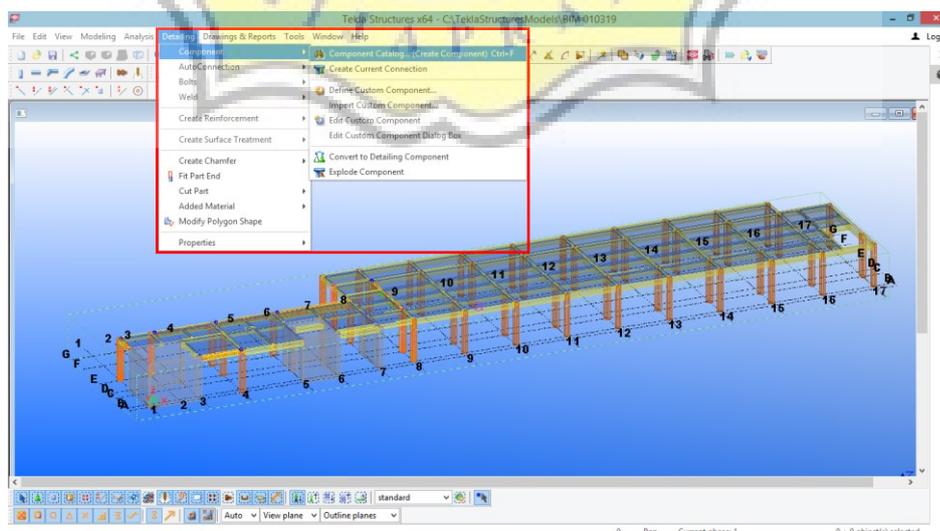


Gambar 5.6 Pemodelan Struktur Kolom Gedung RS Panti Wilasa

4. Penulangan kolom (*rectangular column reinforcement*)

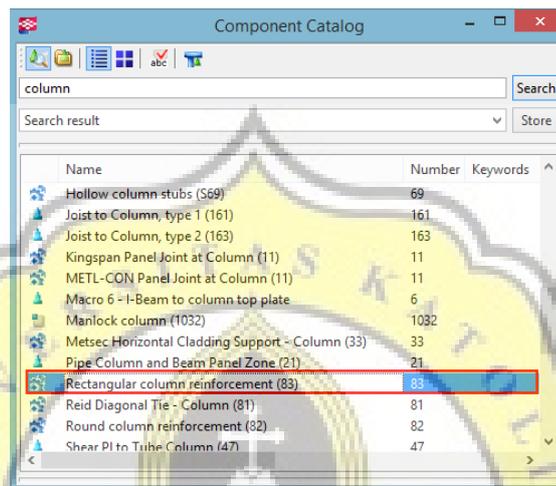
Tekla Structures memberikan akses untuk memberikan penulangan (*rectangular column reinforcement*) pada kolom yang telah dibuat. Adapun tahap-tahap pemodelan penulangan pada kolom dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Sebelum memodelkan penulangan pada kolom, tahap awal yang dilakukan adalah mengakses *component catalog* dengan cara klik pada menu *tab detailing* kemudian pilih *component* dan klik *component catalog* atau dapat diakses melalui *keyboard* dengan *shortcut* CTRL+F. Akses *component catalog* pada menu *tab detailing* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.7.

Gambar 5.7. Akses Menu *Component Catalog*

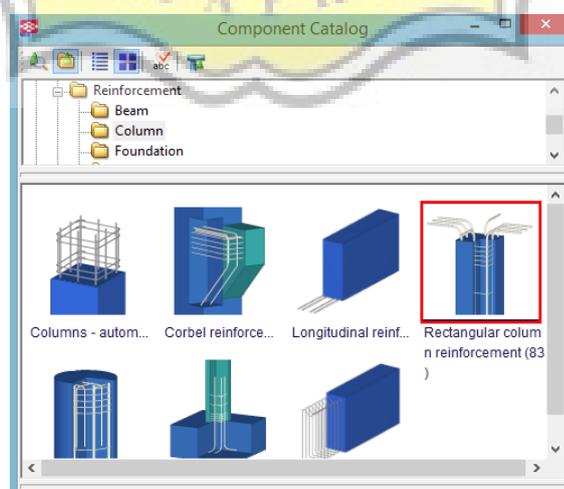


- b. Tahap selanjutnya pada kotak dialog *component catalog* ketik *column* pada kolom pencarian sehingga menghasilkan beberapa pilihan dan pilih komponen yang sesuai dalam hal ini adalah *rectangular column reinforcement*. Tampilan hasil pencarian *column* pada kotak dialog *component catalog* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Tampilan Hasil Pencarian *Column* Kotak Dialog *Component Catalog*

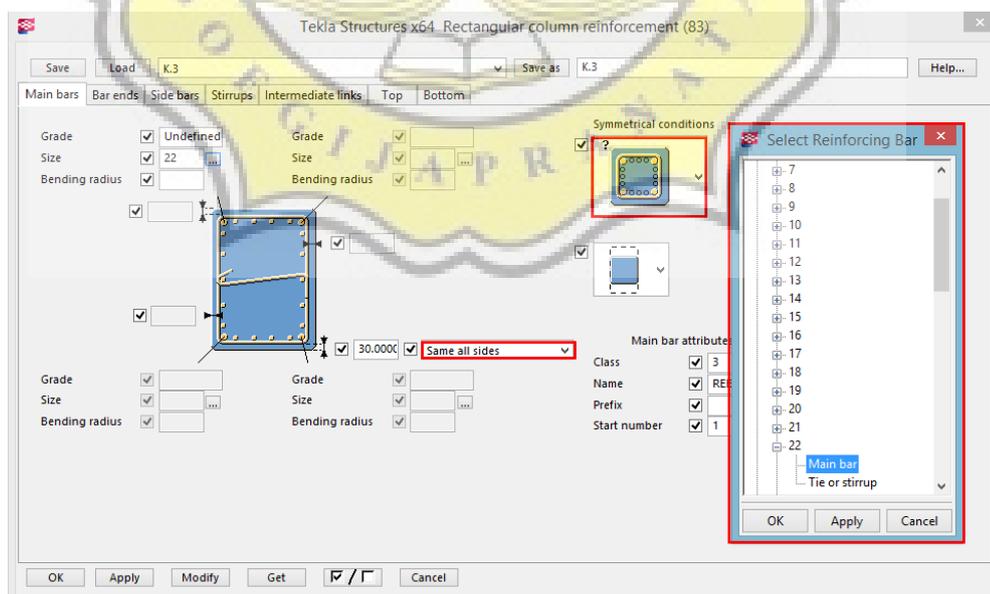
Opsi lain dapat diakses melalui *list component catalog concrete* kemudian pilih *reinforcement* dan klik *column* untuk menampilkan isi *list component catalog* selanjutnya pilih *rectangular column reinforcement*. Tampilan *icon column* pada kotak dialog *component catalog* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9. Tampilan *Icon Column* pada Kotak Dialog *Component Catalog*



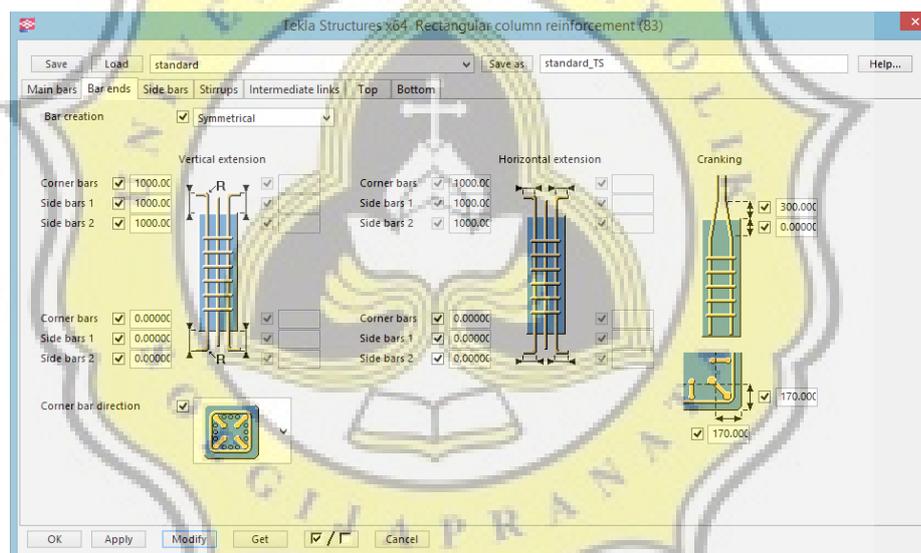
- c. *Component rectangular column reinforcement* menampilkan desain penulangan seperti tulangan longitudinal empat buah dan tulangan pada sisi kolom (*side bars*), sengkang (*stirrups*), *intermediate link* dan penulangan pada ujung kolom (*column end*).
- d. Setelah mengakses *rectangular column reinforcement* isi masing-masing *tab* pada kotak dialog *rectangular column reinforcement* sesuai tipe dan dimensi kolom yang akan dimodelkan. Dalam hal ini adalah contoh penulangan kolom tipe K3.
- e. Pada *tab main bars* atur tulangan pokok yang meliputi antara lain diameter tulangan, radius tekan, *grade*, dan jarak selimut beton (*concrete cover*). Atur ukuran dan dimensi tulangan pokok dengan menekan tombol pada sisi kanan *size* dan pilih diameter yang sesuai dalam hal ini adalah 22 mm untuk tipe kolom K3. Kondisi simetris pada tipe kolom K3 memiliki kondisi dimana tulangan pada sudut memiliki *property* yang sama seperti *grade*, ukuran dan radius tekukan maka pada kolom *symmetrical conditions* dipilih sesuai dengan tipe kolom K3. Tampilan *tab main bars* pada kotak dialog *rectangular column reinforcement* untuk tipe kolom K3 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10. Tampilan *Tab Main Bars* pada Kotak Dialog *Rectangular Column Reinforcement*



- f. Pada *tab bar ends* dapat digunakan untuk pengaturan ujung penulangan (*bar ends*) pada kolom antara lain seperti *vertical extension*, *horizontal extension* dan arah penulangan sudut. Perpanjangan pada penulangan sudut dan penulangan sisi-sisi kolom tipe K3 memiliki kesamaan maka dipilih *symmetrical* pada kolom *bar creation*. Untuk pilihan arah penulangan pada sudut kolom maka dapat dipilih pada kolom *corner bar direction*. Dalam hal ini penulangan ujung kolom akan dilakukan *cranking* maka dipilih tipe penulangan sudut kolom yang sesuai. Tipe kolom K3 memiliki penulangan ujung kolom sepanjang 100 cm dan panjang *cranking* pada kolom disesuaikan dengan dimensi balok. Tampilan *tab bar ends* pada kotak dialog *rectangular column reinforcement* untuk tipe kolom K3 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.11

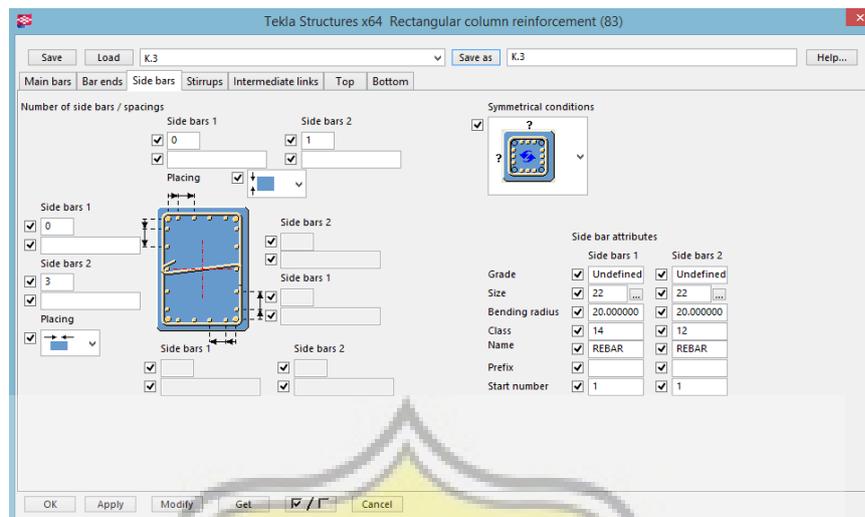


Gambar 5.11 Tampilan *Tab Bar Ends* pada Kotak Dialog *Rectangular Column Reinforcement*

- g. Pada *tab side bars* dapat digunakan untuk pengaturan spasi atau jarak antar tulangan, *side bar* berupa *grade material*, penamaan tulangan, penomoran tulangan dan radius. Tipe kolom K3 memiliki *side bar* 1 berjumlah 1 dan pada *side bar* 2 berjumlah 3 dengan masing-masing berukuran diameter 22 mm. Radius tekuk pada sengkang kolom sebesar 20. Tampilan *tab side bars* pada kotak dialog *rectangular column reinforcement* untuk tipe kolom K3 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.12.

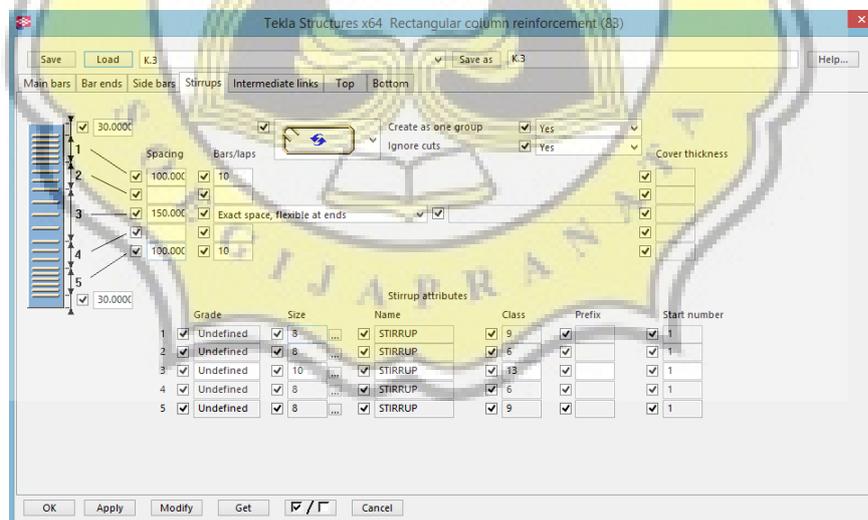


Tugas Akhir

Analisis Dan Evaluasi *Waste Material* Menggunakan BIM (*Building Information Modeling*) Pada Proyek Konstruksi (Studi Kasus Bangunan Tingkat Tinggi)

Gambar 5.12 Tampilan Tab *Side Bars* pada Kotak Dialog *Rectangular Column Reinforcement*

- h. Pada *tab stirrups* atur diameter sengkang dan jarak antar sengkang. Tampilan *tab stirrups* pada kotak dialog *rectangular column reinforcement* untuk tipe balok G3 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.13.

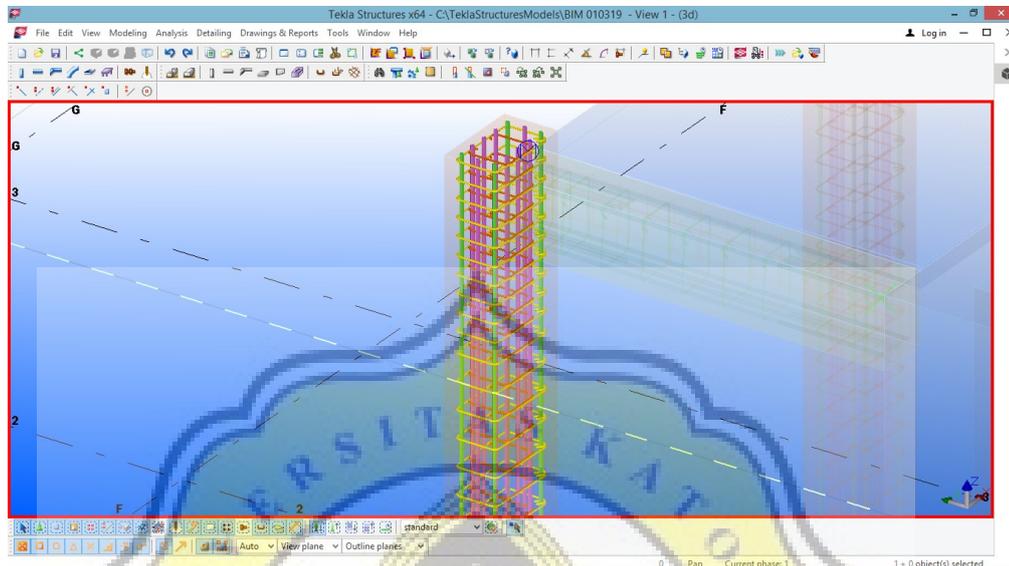


Gambar 5.13 Tampilan Tab *Stirrups* pada Kotak Dialog *Rectangular Column Reinforcement*

- i. Beri nama pada masing-masing penulangan kolom sesuai dengan tipe kolom dan tekan tombol *save as* untuk menyimpan. Selanjutnya letakan penulangan kolom dengan mengarahkan kursor pada *grid* kolom struktur yang telah dibuat sesuai



dengan masing-masing tipe kolom. Hasil pemodelan struktur kolom untuk tipe K3 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.14.



Gambar 5.14 Hasil Pemodelan Penulangan Struktur Kolom K3

5. Pemodelan balok

Dimensi, tipe, dan detail tulangan balok struktur pada masing-masing lantai dapat diperlihatkan pada Lampiran C.

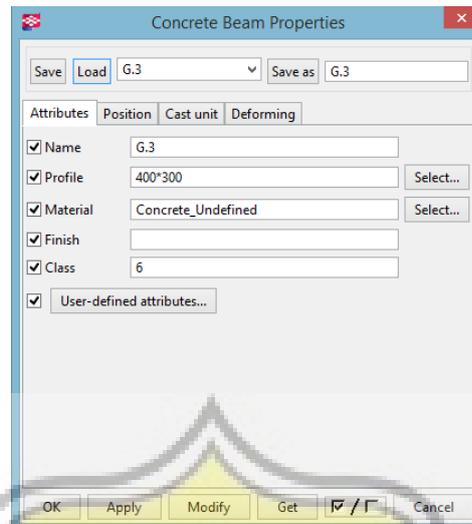
Tahap-tahap pemodelan balok beton dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Pada *concrete toolbars*, kemudian dipilih *create concrete beam*. Tampilan *create concrete beam* pada *concrete toolbars* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.15.

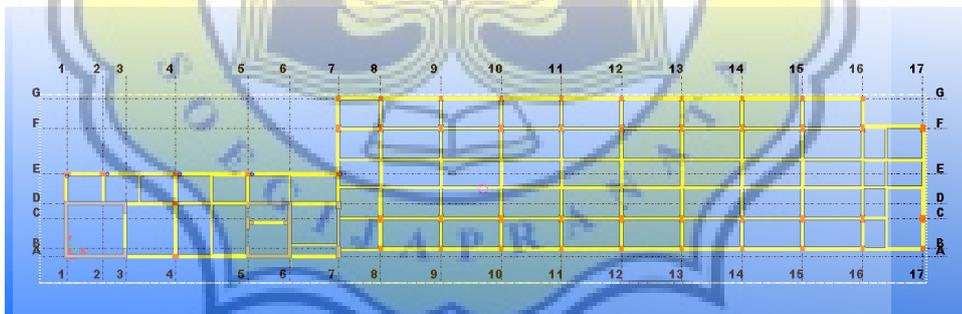


Gambar 5.15 Tampilan *Create Concrete Beam* pada *Concrete Toolbar*

- b. Tahap selanjutnya atur karakteristik dan dimensi balok pada kotak dialog *concrete beam properties*. Selanjutnya beri nama pada masing-masing balok. Klik *save as* dan klik ok. Tampilan kotak dialog *concrete beam properties* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.16.

Gambar 5.16 *Properties* Balok Beton Struktur

- d. Tahap berikutnya tentukan letak balok sesuai as struktur gambar *for construction* atau *grid* pada lembar kerja program *Tekla Structures* sesuai dengan masing-masing tipe balok. Pemodelan balok beton RS Panti Wilasa dapat diperlihatkan pada Gambar 5.17.



Gambar 5.17 Pemodelan Struktur Balok Gedung RS Panti Wilasa

6. Penulangan balok (*rectangular beam reinforcement*)

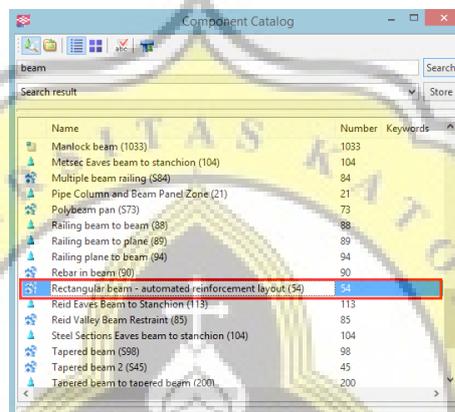
Tekla Structures memberikan akses untuk memberikan penulangan (*rectangular bear reinforcement*) pada balok yang telah dibuat. Adapun tahap-tahap pemodelan penulangan pada balok dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Sebelum memodelkan penulangan pada balok, tahap awal yang dilakukan adalah mengakses *component catalog* dengan cara klik pada menu *tab detailing*



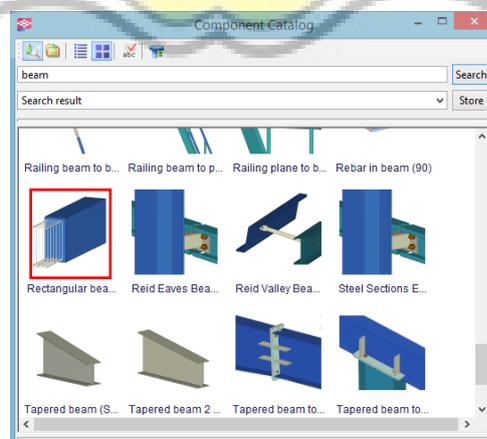
kemudian pilih *component* dan klik *component catalog* atau dapat diakses melalui *keyboard* dengan *shortcut* CTRL+F.

- b. Tahap selanjutnya pada kotak dialog *component catalog* ketik *beam* pada kolom pencarian sehingga menghasilkan beberapa pilihan dan pilih komponen yang sesuai dalam hal ini adalah *rectangular beam automated reinforcement layout*. Tampilan hasil pencarian *beam* pada kotak dialog *component catalog* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.18.



Gambar 5.18 Tampilan Hasil Pencarian *Beam* Kotak Dialog *Component Catalog*

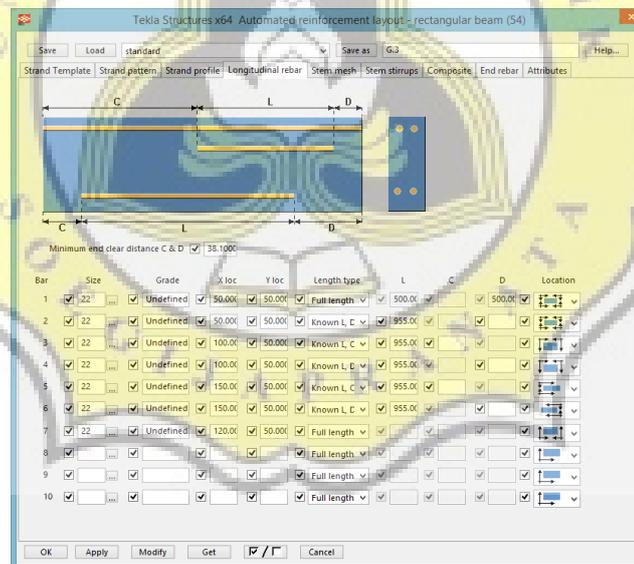
Opsi lain dapat diakses melalui *list component catalog concrete* kemudian pilih *reinforcement* dan klik *beam* untuk menampilkan isi *list component catalog*. selanjutnya pilih *rectangular beam automated reinforcement layout*. Tampilan *icon beam* pada kotak dialog *component catalog* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.19.



Gambar 5.19. Tampilan *Icon Beam* pada Kotak Dialog *Component Catalog*

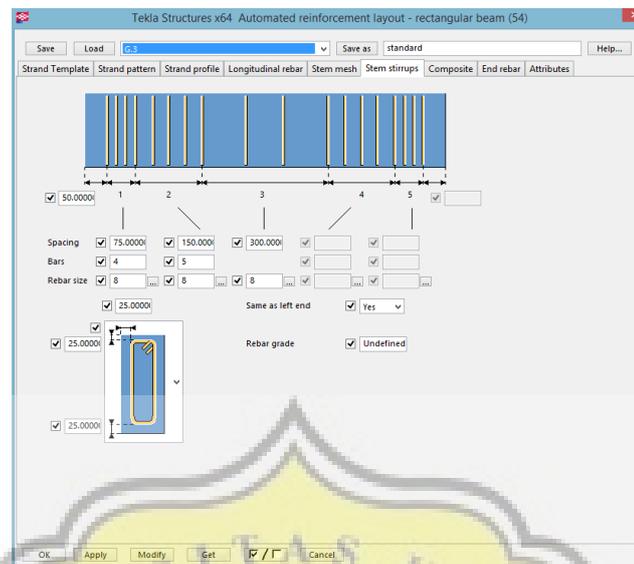


- c. *Component rectangular beam automated reinforcement layout* menampilkan desain penulangan antara lain seperti tulangan longitudinal, sengkang (*stem stirrups*), dan penulangan pada ujung balok (*bar end*).
- d. Setelah mengakses *rectangular beam automated reinforcement layout* isi masing-masing *tab* pada kotak dialog *rectangular beam automated reinforcement layout* sesuai tipe dan dimensi balok yang akan dimodelkan. Dalam hal ini adalah contoh pemodelan untuk penulangan balok tipe G3.
- e. Pada *tab longitudinal bar* atur tulangan pokok yang meliputi antara lain diameter tulangan, *grade*, letak dan jarak tulangan memanjang. Atur ukuran dan dimensi tulangan pokok pada kolom *size* dan pilih diameter yang sesuai dalam hal ini adalah 22 mm untuk tipe kolom G3. Tampilan *tab longitudinal bar* pada kotak dialog *rectangular beam automated reinforcement layout* untuk tipe balok G3 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.20.



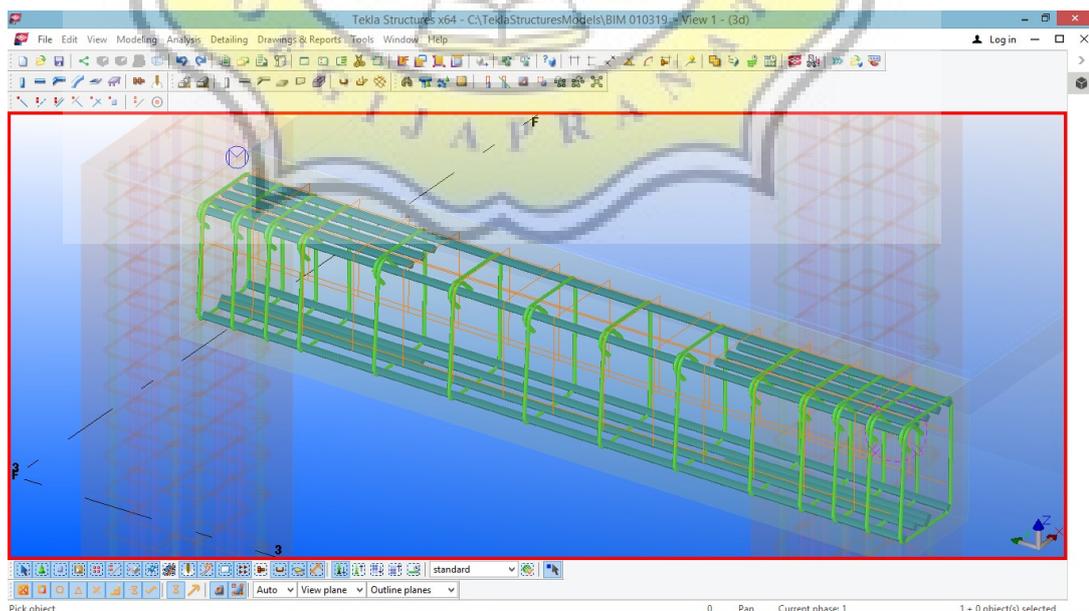
Gambar 5.20. Tampilan *Tab Longitudinal Bar* pada Kotak Dialog *Rectangular Beam Automated Reinforcement Layout*

- f. Pada *tab stem stirrups* atur diameter sengkang dan jarak antar sengkang serta jarak selimut beton. Tampilan *tab stem stirrups* pada kotak dialog *rectangular beam automated reinforcement layout* untuk tipe balok G3 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.21.



Gambar 5.21. Tampilan Tab *Stem Stirrups* pada Kotak Dialog *Rectangular Beam Automated Reinforcement Layout*

- g. Beri nama pada masing-masing penulangan balok sesuai dengan tipe balok dan tekan tombol *save as* untuk menyimpan. Selanjutnya letakan penulangan balok dengan mengarahkan kursor pada struktur balok beton yang telah dibuat sesuai dengan masing-masing tipe balok. Hasil pemodelan balok untuk tipe G3 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.22.



Gambar 5.22 Hasil Pemodelan Penulangan Struktur Balok Tipe G3



Pada penelitian ini untuk pekerjaan pemodelan struktur balok konsol tidak dapat dilakukan karena pada program *Tekla Structures* tidak tersedianya atau tidak mendukung untuk pemodelan balok konsol yang sesuai dengan gambar *for construction* Gedung RS Panti Wilasa. Oleh karena itu dalam hal ini permasalahan tersebut menjadi limitasi pada penelitian.

7. Pemodelan pelat lantai (*slab*)

Bentuk, ukuran, dan material pelat lantai pada masing-masing lantai dapat diperlihatkan pada Lampiran D.

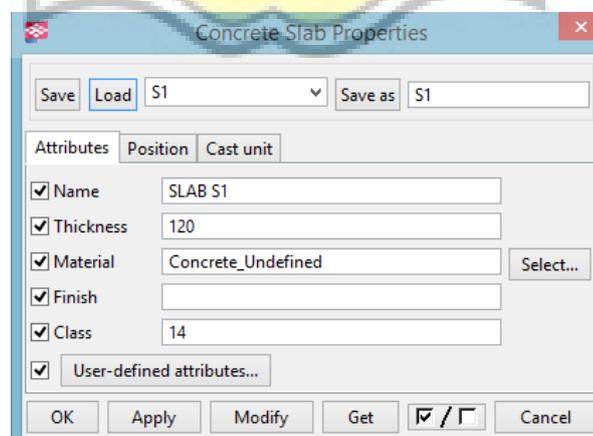
Tahap-tahap pemodelan pelat lantai dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Pada *concrete toolbars*, kemudian dipilih *create concrete slab*. Tampilan *create concrete slab* pada *concrete toolbars* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.23.



Gambar 5.23 Tampilan *Create Concrete Slab* pada *Concrete Toolbar*

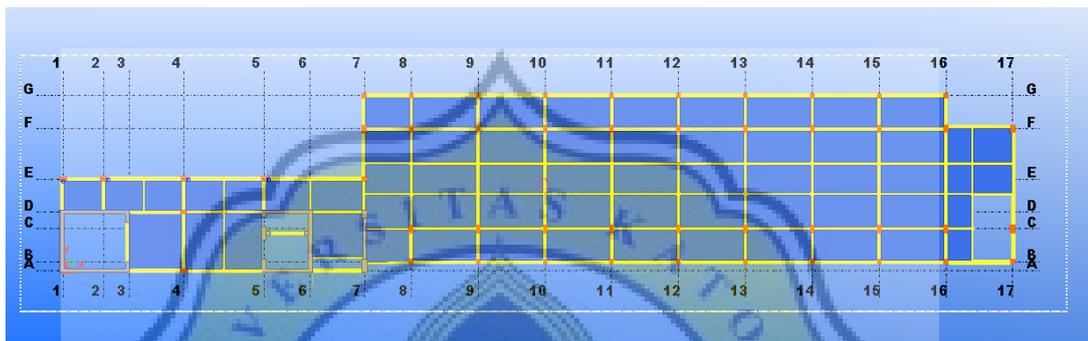
- b. Kemudian atur karakteristik dan dimensi pelat lantai pada kotak dialog *concrete slab properties*. Selanjutnya beri nama pada masing-masing balok. Klik *save as* dan klik ok. Tampilan kotak dialog *concrete slab properties* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.24.



Gambar 5.24 Tampilan Kotak Dialog *Concrete Slab Properties*



- e. Tahap berikutnya tentukan letak pelat lantai sesuai as struktur gambar *for construction* atau *grid* pada lembar kerja program *Tekla Structures* sesuai dengan masing-masing tipe pelat lantai. Pemodelan pelat lantai dilakukan dengan menentukan titik awal *slab* kemudian tentukan titik-titik ujung *slab* dan pilih titik awal lagi untuk menyelesaikannya. Pemodelan struktur pelat lantai Gedung RS Panti Wilasa dapat diperlihatkan pada Gambar 5.25.

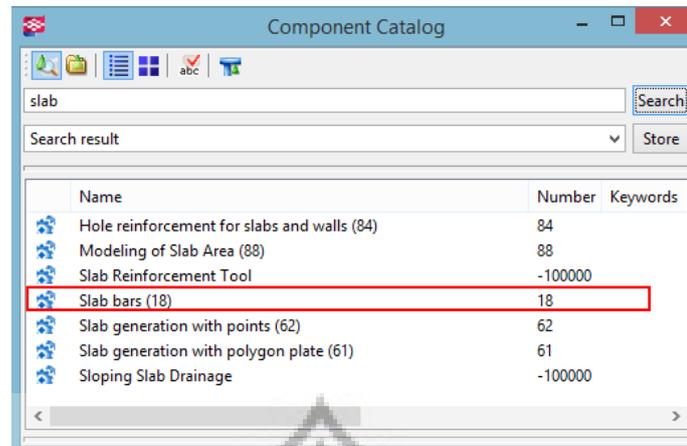


Gambar 5.25 Pemodelan Struktur Pelat Lantai Gedung RS Panti Wilasa

8. Penulangan pelat lantai (*slab bars*)

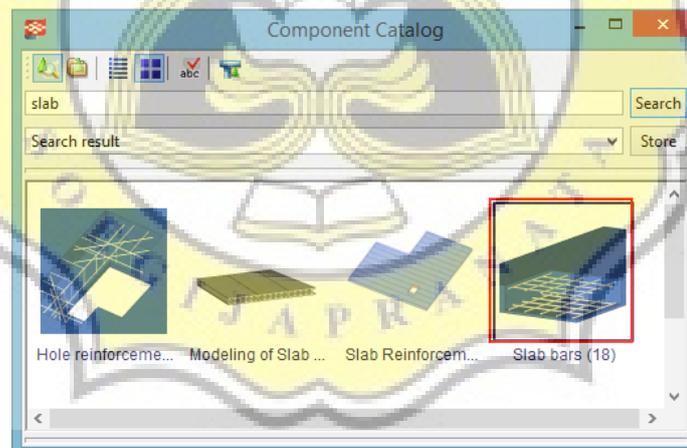
Tekla Structures memberikan akses untuk memberikan penulangan (*slab bars*) pada pelat lantai yang telah dibuat. Adapun tahap-tahap pemodelan penulangan pada pelat lantai dapat dijabarkan sebagai berikut:

- Sebelum memodelkan penulangan pada pelat lantai, tahap awal yang dilakukan adalah mengakses *component catalog* dengan cara klik pada menu *tab detailing* kemudian pilih *component* dan klik *component catalog* atau dapat diakses melalui *keyboard* dengan *shortcut* CTRL+F.
- Tahap selanjutnya pada kotak dialog *component catalog* ketik *beam* pada kolom pencarian sehingga menghasilkan beberapa pilihan dan pilih komponen yang sesuai dalam hal ini adalah *rectangular beam automated reinforcement layout*. Tampilan hasil pencarian *beam* pada kotak dialog *component catalog* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.26.



Gambar 5.26 Tampilan Hasil Pencarian *Beam* Kotak Dialog *Component Catalog*

Opsi lain dapat diakses melalui *folder component catalog concrete* kemudian pilih *reinforcement* dan klik *slab* untuk menampilkan isi *folder component catalog*. selanjutnya pilih *slab bars*. Tampilan *icon slab* pada kotak dialog *component catalog* dapat diperlihatkan pada Gambar 5.27.

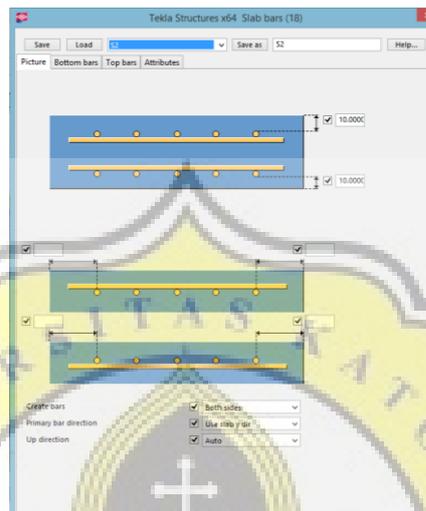


Gambar 5.27. Tampilan *Icon Slab* Pada Kotak Dialog *Component Catalog*

- c. *Component slab bars* menampilkan desain penulangan antara lain seperti tulangan atas, tulangan bawah, arah tulangan dan selimut beton.
- d. Setelah mengakses *slab bars* isi masing-masing *tab* pada kotak dialog *slab bars* sesuai tipe dan dimensi pelat lantai yang akan dimodelkan. Dalam hal ini adalah contoh pemodelan untuk penulangan pelat lantai tipe S2.

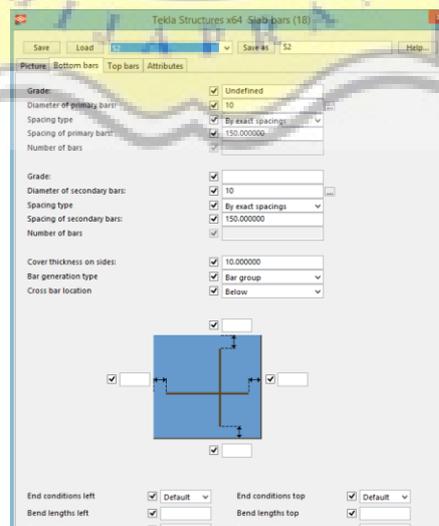


- e. Pada *tab pictures* atur arah tulangan utama dan jarak selimut beton (*concrete cover*) yang disesuaikan dengan desain gambar *for construction* Tampilan *tab pictures* pada kotak dialog *slab bars* untuk tipe pelat lantai S2 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.28.



Gambar 5.28 Tampilan *Tab Pictures* pada Kotak Dialog *Slab Bars* untuk Tipe Pelat Lantai S2

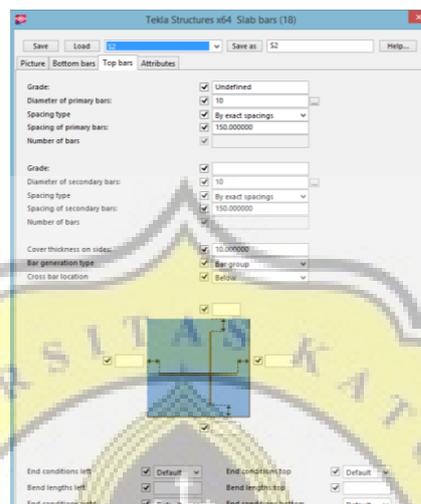
- f. Pada *tab bottom bars* atur diameter tulangan dan jarak spasi antar tulangan untuk tulangan sekunder dan selimut beton (*concrete cover*). Tampilan *tab bottom bars* pada kotak dialog *slab bars* untuk tipe pelat lantai S2 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.29.



Gambar 5.29 Tampilan *Tab Bottom Bars* pada Kotak Dialog *Slab Bars*

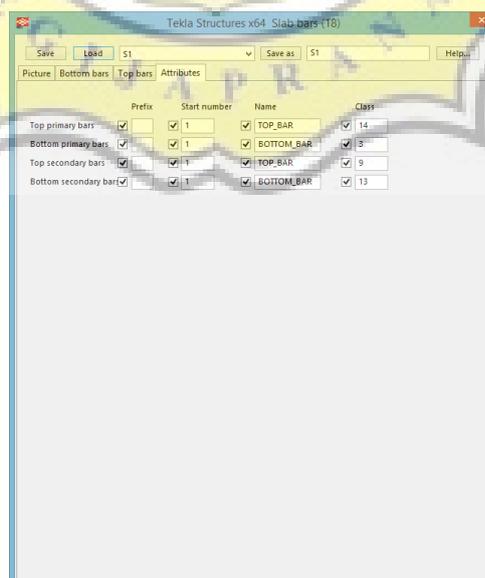


- g. Pada *tab top bars* atur diameter tulangan dan jarak spasi antar tulangan untuk tulangan primer dan selimut beton (*concrete cover*) Tampilan *tab bottom bars* pada kotak dialog *slab bars* untuk tipe pelat lantai S2 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.30.



Gambar 5.30 Tampilan *Tab Top Bars* pada Kotak Dialog *Slab Bars*

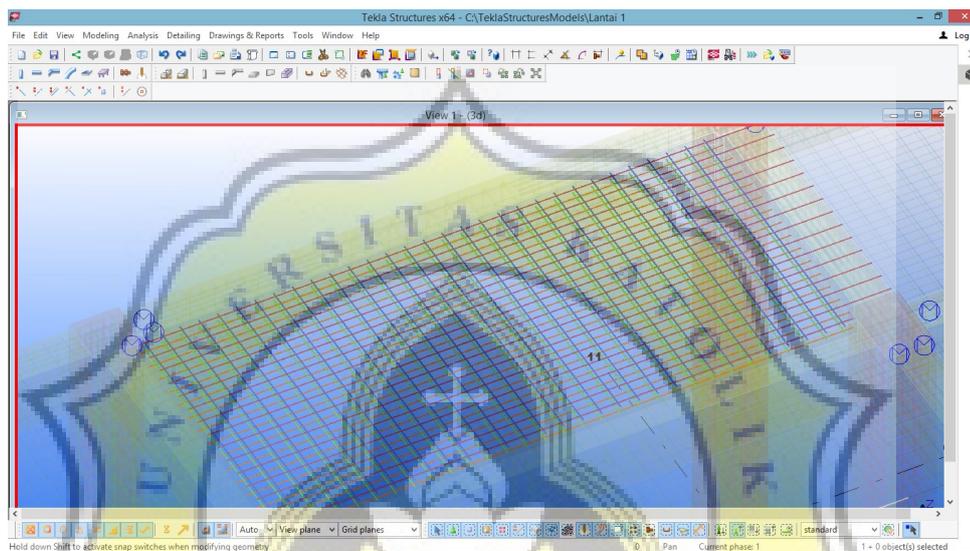
- h. Pada *tab attributes* berfungsi untuk mengatur penomoran penulangan atas, penulangan bawah, penulangan sekunder atas dan penulangan sekunder bawah. Tampilan *tab attributes* pada kotak dialog *slab bars* untuk tipe pelat lantai S2 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.30.



Gambar 5.31 Tampilan *Tab Attributes* pada Kotak Dialog *Slab Bars*



- i. Beri nama pada masing-masing penulangan pelat lantai sesuai dengan tipe pelat lantai dan tekan tombol *save as* untuk menyimpan. Selanjutnya letakan penulangan kolom dengan mengarahkan kursor pada *grid* pelat lantai struktur yang telah dibuat sesuai dengan masing-masing tipe pelat lantai. Hasil pemodelan penulangan pelat lantai untuk tipe S2 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.32.



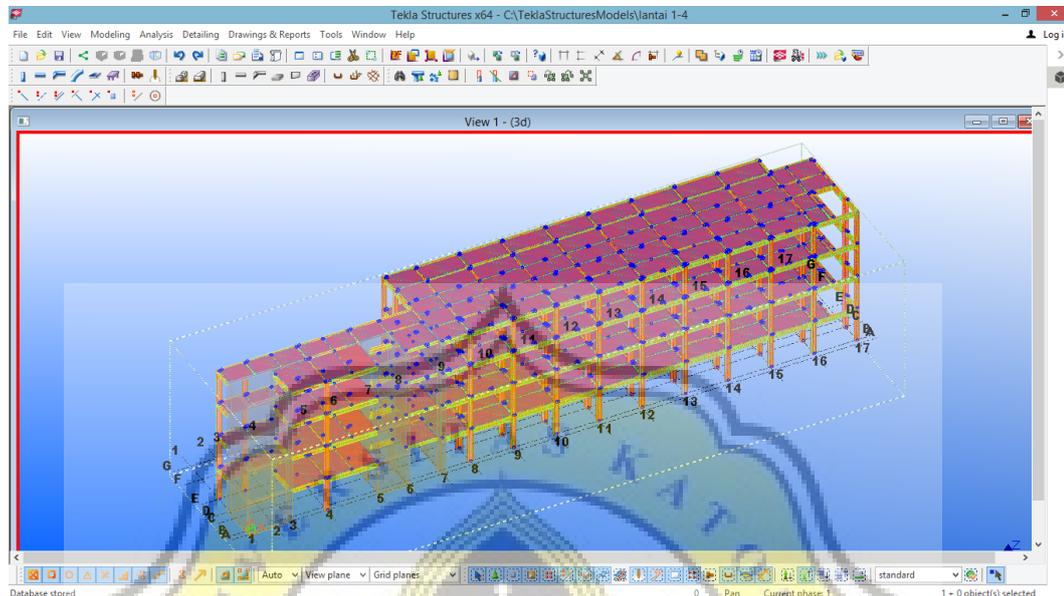
Gambar 5.32 Hasil Pemodelan Penulangan Struktur Pelat Lantai S2

Pada penelitian ini untuk pekerjaan pemodelan struktur pelat lantai tipe S1 tidak dapat dilakukan. Hal tersebut disebabkan karena pada program *Tekla Structures* tidak tersedianya atau tidak mendukung untuk pemodelan penulangan pada struktur pelat lantai tipe S1 yaitu penulangan pelat lantai dua arah. Oleh karena itu dalam hal ini permasalahan tersebut menjadi limitasi pada penelitian ini.

Berdasarkan uraian diatas melalui pemodelan Gedung RS Panti Wilasa mulai dari Lantai 1 – 4 pada struktur kolom, balok dan pelat lantai dengan menggunakan aplikasi *Tekla Structures* dapat diperoleh *output* data berupa volume total material. Melalui data rekapitulasi volume total material dilakukan analisa kembali untuk memperoleh data volume *waste material*. Penjabaran mengenai data volume material dan pengolahan *waste material* dapat dijabarkan pada Sub Bab 5.3.



Hasil keseluruhan pemodelan mulai dari Lantai 1-4 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.33.



Gambar 5.33 Hasil keseluruhan Pemodelan Lantai 1-4

5.3 Model organizer

Pada program *Tekla Structures* penggunaan *model organizer* digunakan untuk mengelola pemodelan dan melihat perbedaan bagian serta jenis objek dalam model. *Model organizer* dapat mengklasifikasikan informasi yang sesuai dengan kebutuhan. Keunggulan dari *model organizer* adalah dapat membagi model besar menjadi bagian-bagian kecil yang dikategorikan berdasarkan jenis objek. Pada penelitian ini penggunaan *model organizer* difokuskan untuk mengetahui jenis objek struktur beserta volume beton dan baja tulangan. Hasil *model organizer* pada penelitian ini dapat diperlihatkan pada Lampiran F.

Berdasarkan hasil *model organizer* yang diperoleh melalui pemodelan struktur Lantai 1-4 dapat diperoleh volume total material. Tahap selanjutnya, volume material yang diperoleh pada program *Tekla Structures* dianalisis *waste material* beserta biayanya melalui data yang diperoleh secara konvensional pada proyek pembangunan Gedung RS Panti Wilasa. Rekapitulasi volume material pada penelitian ini dapat diperlihatkan pada Tabel 5.1.



Tabel 5.1 Rekapitulasi Volume Material Lantai 1-4

No	Jenis material	Jumlah yang diperlukan berdasarkan estimasi	Satuan	Harga
1	Baja tulangan			
	a. Ø 8	-	Kg	-
	b. Ø 12	-	Kg	-
	c. D 10	19859,86	Kg	Rp. 186.682.642
	d. D 22	27876,84	Kg	Rp. 262.042.270
	e. D 19	1736,04	Kg	Rp. 16.318.772
	f. D 16	355,94	Kg	Rp. 3.345.821
	g. D 13	-	Kg	-
2	Beton			
	a. K-300	570,4	m ³	Rp. 419.619.800

5.4. Perhitungan *Waste material*

Perhitungan *waste material* dibagi menjadi dua bagian yaitu perhitungan *waste material* baja tulangan dan perhitungan *waste material* beton *ready mix*. Perhitungan *waste material* dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Perhitungan *waste material* baja tulangan

Perhitungan *waste material* untuk baja tulangan pada penelitian ini menggunakan metode optimasi *cut bar* dengan *Solver Add ins* pada *software Microsoft Excel*. *Solver* digunakan untuk mendapatkan nilai minimum dari *waste*. Perhitungan dilakukan pada setiap lantai yang meliputi struktur atas yaitu struktur kolom, balok dan pelat lantai. Optimasi pemotongan tulangan dilakukan untuk menekan jumlah *waste* pada material baja tulangan seminimal mungkin sehingga dapat mengurangi biaya pada *waste material*. Oleh karena itu perlu dilakukan optimasi pemotongan baja tulangan sebelum memulai pekerjaan. Salah satu metode optimasi yaitu menggunakan *software Microsoft Excel*. Penggunaan *solver* pada *software Microsoft Excel* akan diperoleh *output* berupa jumlah los baja yang dibutuhkan dan informasi suatu kombinasi pemotongan dari satu los baja untuk tipe panjang tulangan yang dibutuhkan dengan *waste* paling minimal. Contoh pembacaan los baja tulangan nomor 152 melalui *output solver* pada tulangan D10 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Contoh *Output Solver*

Item	Total Pieces Needed		664	Stock	152
	P/N or Desc	Length	Qty	Cut/Scrap	0.0
1	Part 001	10.520	5	5	
2	Part 002	9.010	3	3	
3	Part 003	8.020	4	4	
4	Part 004	7.450	4	4	
5	Part 005	7.220	3	3	
6	Part 006	6.440	2	2	
7	Part 007	5.550	8	8	
8	Part 008	5.450	8	8	
9	Part 009	5.260	21	21	
10	Part 010	5.160	7	7	
11	Part 011	5.050	3	3	
12	Part 012	5.000	60	60	
13	Part 013	4.860	2	2	
14	Part 014	4.650	5	5	
15	Part 015	4.570	46	46	
16	Part 016	4.450	36	36	
17	Part 017	4.380	17	17	1
18	Part 018	4.050	2	2	
19	Part 019	3.680	12	12	
20	Part 020	3.550	9	9	
21	Part 021	3.450	4	4	
22	Part 022	3.290	9	9	
23	Part 023	3.060	18	18	
24	Part 024	2.680	4	4	
25	Part 025	2.560	28	28	1
26	Part 026	2.450	26	26	2
27	Part 027	2.180	19	19	
28	Part 028	1.860	15	15	
29	Part 029	1.800	18	18	
30	Part 030	1.650	7	7	
31	Part 031	1.460	65	65	
32	Part 032	1.400	43	43	
33	Part 033	1.320	34	34	
34	Part 034	1.080	8	8	
35	Part 035	1.010	53	53	
36	Part 036	0.920	7	7	
37	Part 037	0.510	40	40	
38	Part 038	0.360	9	9	

Jumlah potongan baja tulangan

Nomor los baja tulangan

Jumlah item potongan pertama baja tulangan

Jumlah item potongan kedua baja tulangan

Jumlah item potongan ketiga baja tulangan

Jumlah baja tulangan tiap item

Nomor item baja tulangan

Panjang baja tulangan

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*



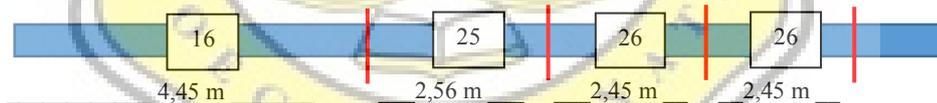
Pada *output* Tabel 5.2 memperlihatkan bahwa los baja nomor 152 dapat dimanfaatkan untuk satu *item* baja tulangan *item* nomor 16 dengan panjang 4,45 meter, satu *item* baja tulangan nomor 25 dengan panjang 2,56 meter dan dua *item* baja tulangan nomor 26 dengan panjang 2,45 meter. Skema pemotongan tulangan dapat dijabarkan sebagai berikut:

- a. Los baja sepanjang 12 meter dipotong untuk kebutuhan tulangan dengan tipe yang lebih panjang terlebih dahulu, yaitu *item* nomor 16 dengan panjang 4,450 meter. Skema pemotongan pertama pada tulangan D10 Pada *item* nomor 16 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.34.



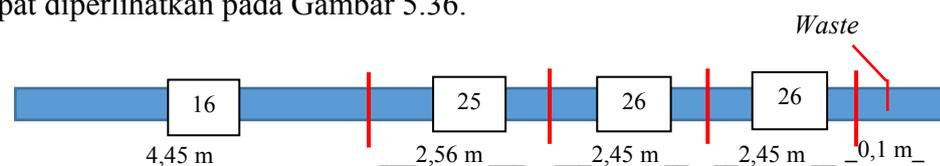
Gambar 5.34 Skema Pemotongan Pertama pada Tulangan D10

- b. Kemudian sisa dari potongan dimanfaatkan untuk tipe tulangan yang lebih pendek yaitu *item* nomor 25 dengan panjang 2,56 meter dan nomor 26 dengan panjang 2,45 meter. Skema pemotongan kedua pada tulangan D10 Pada *item* nomor 16 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.35.



Gambar 5.35 Skema Pemotongan Kedua pada Tulangan D10

- c. Berdasarkan empat potongan tulangan tersebut timbul *waste* yang tidak dapat dimanfaatkan kembali sepanjang 0,1 meter. Hasil *waste* yang timbul dari skema pemotongan pada tulangan D10 Pada *item* nomor 16, nomor 25 dan nomor 26 dapat diperlihatkan pada Gambar 5.36.



Gambar 5.36 Hasil *Waste* yang Timbul dari Skema Pemotongan pada tulangan D10



Perhitungan dilakukan dengan mengelompokkan berdasarkan jenis diameter tulangan yang digunakan pada proyek Gedung RS Panti Wilasa. Perhitungan optimasi pemotongan baja tulangan tiap jenis baja tulangan berdasarkan jenis diameter dapat dijabarkan sebagai berikut:

a. Baja Tulangan D10

Pada tabel *solver* baja tulangan D10 memiliki 38 tipe panjang tulangan dengan banyaknya potongan tulangan sebanyak 664 buah. Nomor los baja tulangan yang dibutuhkan pada perhitungan tabel *solver* baja tulangan D10 memiliki 163 bagian nomor los baja tulangan. Perhitungan optimasi pemotongan baja tulangan D10 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.3. Secara lengkap tabel optimasi baja tulangan D10 dapat diperlihatkan pada Lampiran G.

Tabel 5.3 Optimasi baja Tulangan D10

Item	Total Pieces Needed		664	Stock	158	159	160	161	162	163
	P/N or Desc	Length	Qty	Cut/Scrap	1.4	1.4	3.2	3.2	3.2	3.2
1	Part 001	10.520	5	5						
2	Part 002	9.010	3	3						
3	Part 003	8.020	4	4						
4	Part 004	7.450	4	4						
5	Part 005	7.220	3	3						
6	Part 006	6.440	2	2						
7	Part 007	5.550	8	8						
8	Part 008	5.450	8	8						
9	Part 009	5.260	21	21						
10	Part 010	5.160	7	7						
11	Part 011	5.050	3	3						
12	Part 012	5.000	60	60						
13	Part 013	4.860	2	2						
14	Part 014	4.650	5	5						
15	Part 015	4.570	46	46						
16	Part 016	4.450	36	36						
17	Part 017	4.380	17	17	2	2	2	2	2	2
18	Part 018	4.050	2	2						
19	Part 019	3.680	12	12						
20	Part 020	3.550	9	9						
21	Part 021	3.450	4	4						
22	Part 022	3.290	9	9						
23	Part 023	3.060	18	18						
24	Part 024	2.680	4	4						
25	Part 025	2.560	28	28						
26	Part 026	2.450	26	26						



Item	Total Pieces Needed		664	Stock	158	159	160	161	162	163
	P/N or Desc	Length	Qty	Cut/Scrap	1.4	1.4	3.2	3.2	3.2	3.2
27	Part 027	2.180	19	19						
28	Part 028	1.860	15	15						
29	Part 029	1.800	18	18	1	1				
30	Part 030	1.650	7	7						
31	Part 031	1.460	65	65						
32	Part 032	1.400	43	43						
33	Part 033	1.320	34	34						
34	Part 034	1.080	8	8						
35	Part 035	1.010	53	53						
36	Part 036	0.920	7	7						
37	Part 037	0.510	40	40						
38	Part 038	0.360	9	9						

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*

Berdasarkan Tabel 5.3 diketahui bahwa optimasi baja tulangan D10 memperlihatkan bahwa baja tulangan D10 didapat pola pemotongan paling optimal dengan membutuhkan total 163 los baja tulangan dengan panjang pada 1 los baja tulangan adalah 12 meter. Berdasarkan Tabel 5.3 dan uraian diatas dapat diketahui bahwa gambar efisiensi pemotongan baja tulangan D10. Rekapitulasi optimasi potongan baja tulangan D10 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Rekapitulasi Optimasi Potongan Baja Tulangan D10

Nama	Nilai	Satuan
<i>Stock Length</i>	12	m
<i>Stock required</i>	1.937,93	m
<i>Stock Used</i>	1.956	m
<i>Efficiency</i>	99,08	%

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*

Berdasarkan Tabel 5.4 diketahui bahwa pada rekapitulasi optimasi potongan baja tulangan D10 memperlihatkan *stock length* yaitu panjang baja tulangan tiap 1 los adalah 12 meter. *Stock required* yaitu tulangan yang dibutuhkan (panjang potongan dikali banyaknya *count* baja tulangan) sepanjang 1.937,93 meter. *Stock used* yaitu tulangan yang digunakan (panjang total tulangan) sepanjang 1.956 meter. Perhitungan optimasi pemotongan tulangan pada D10 memiliki efisiensi yaitu memanfaatkan dan memaksimalkan pemotongan dari baja tulangan sebesar



99,08%. *Waste* (tulangan yang tidak dapat digunakan atau dimanfaatkan kembali) sebesar 0,92% atau 27,07 meter.

b. Tulangan D16

Pada tabel *solver* baja tulangan D16 memiliki 13 tipe panjang tulangan dengan banyaknya potongan tulangan sebanyak 144 buah. Nomor los baja tulangan yang dibutuhkan pada perhitungan tabel *solver* baja tulangan D16 memiliki 19 bagian nomor los baja tulangan. Perhitungan optimasi pemotongan baja tulangan D16 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.5. Secara lengkap tabel optimasi baja tulangan D16 dapat diperlihatkan pada Lampiran H.

Tabel 5.5 Optimasi Baja Tulangan D16

Item	Total Pieces Needed		664	Stock	14	15	16	17	18	19
	P/N or Desc	Length	Qty	0.2	0.5	0.4	0.0	0.4	3.0	3.2
1	Part 001	10.520	5	2						
2	Part 002	9.010	3	7						
3	Part 003	8.020	4	5						
4	Part 004	7.450	4	4						
5	Part 005	7.220	3	3						
6	Part 006	6.440	2	16						
7	Part 007	5.550	8	4						
8	Part 008	5.450	8	3						
9	Part 009	5.260	21	3						
10	Part 010	5.160	7	13	2					
11	Part 011	5.050	3	18	5	7	6			
12	Part 012	5.000	60	15			2	8	3	
13	Part 013	4.860	2	21	1	2	1	2	7	

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*

Berdasarkan Tabel 5.5 diketahui bahwa optimasi baja tulangan D16 memperlihatkan bahwa baja tulangan D16 didapat pola pemotongan paling optimal dengan membutuhkan total 19 los baja tulangan dengan panjang pada 1 los baja tulangan adalah 12 meter. Berdasarkan Tabel 5.5 dan uraian diatas dapat diketahui bahwa efisiensi pemotongan baja tulangan D16. Rekapitulasi optimasi potongan baja tulangan D16 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.6.



Tabel 5.6 Rekapitulasi Optimasi Potongan Baja Tulangan D16

Nama	Nilai	Satuan
<i>Stock Length</i>	12	M
<i>Stock required</i>	221,85	M
<i>Stock Used</i>	228	M
<i>Efficiency</i>	97,30	%

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*

Berdasarkan Tabel 5.6 diketahui bahwa rekapitulasi optimasi potongan baja tulangan D16 memperlihatkan *stock length* yaitu panjang baja tulangan tiap 1 los adalah 12 meter. *Stock required* yaitu tulangan yang dibutuhkan (panjang potongan dikali banyaknya *count* baja tulangan) sepanjang 221,83 meter. *Stock used* yaitu tulangan yang digunakan (panjang total tulangan) sepanjang 228 meter. Perhitungan optimasi pemotongan tulangan pada D16 memiliki efisiensi yaitu memanfaatkan dan memaksimalkan pemotongan dari baja tulangan sebesar 97,30%. *Waste* (tulangan yang tidak dapat dimanfaatkan kembali) sebesar 2,70% atau 6,15 meter.

c. Tulangan D19

Pada tabel *solver* baja tulangan D19 memiliki 8 tipe panjang tulangan dengan banyaknya potongan tulangan sebanyak 288 buah. Nomor los baja tulangan yang dibutuhkan pada perhitungan tabel *solver* baja tulangan D19 memiliki 67 bagian nomor los baja tulangan. Perhitungan optimasi pemotongan baja tulangan D19 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.7. Secara lengkap tabel optimasi baja tulangan D19 dapat diperlihatkan pada Lampiran I.

Tabel 5.7 Optimasi Baja Tulangan D19

Item	<i>Total Pieces Needed</i>		664	<i>Stock</i>	62	63	64	65	66	67
	P/N or Desc	<i>Length</i>	<i>Qty</i>	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.8
1	<i>Part 001</i>	5.280	16	16						
2	<i>Part 002</i>	5.000	54	54						
3	<i>Part 003</i>	4.620	2	2						
4	<i>Part 004</i>	3.110	36	36						



Item	Total Pieces Needed		664	Stock	62	63	64	65	66	67
	P/N or Desc	Length	Qty	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	1.8
5	Part 005	2.220	6	6						
6	Part 006	1.850	70	70						
7	Part 007	1.750	24	24						
8	Part 008	1.460	80	80	8	8	8	8	8	7

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*

Berdasarkan Tabel 5.7 diketahui bahwa optimasi baja tulangan D19 memperlihatkan bahwa baja tulangan D19 didapat pola pemotongan paling optimal dengan membutuhkan total 67 los baja tulangan dengan panjang pada 1 los baja tulangan adalah 12 meter. Berdasarkan Tabel 5.7 dan uraian diatas dapat diketahui bahwa efisiensi pemotongan baja tulangan D19. Rekapitulasi optimasi potongan baja tulangan D19 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Rekapitulasi Optimasi Potongan Baja Tulangan D19

Nama	Nilai	Satuan
<i>Stock Length</i>	12	m
<i>Stock required</i>	777,3	m
<i>Stock Used</i>	804	m
<i>Efficiency</i>	96,68	%

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*

Berdasarkan Tabel 5.8 diketahui bahwa rekapitulasi optimasi potongan baja tulangan D19 memperlihatkan *stock length* yaitu panjang baja tulangan tiap 1 los adalah 12 meter. *Stock required* yaitu tulangan yang dibutuhkan (panjang potongan dikali banyaknya *count* baja tulangan) sepanjang 777,3 meter. *Stock used* yaitu tulangan yang digunakan (panjang total tulangan) sepanjang 804 meter. Perhitungan optimasi pemotongan tulangan pada D19 memiliki efisiensi yaitu memanfaatkan dan memaksimalkan pemotongan dari baja tulangan sebesar 96,68%. *Waste* (tulangan yang tidak dapat digunakan atau dimanfaatkan kembali) sebesar 3,32% atau 26,7 meter.



d. Tulangan D22

Tulangan D22 memiliki kuantitas tulangan yang banyak maka dibagi menjadi tiga optimisasi. Berdasarkan ketiga output optimisasi menunjukkan bahwa tulangan D22 memiliki 33 tipe panjang tulangan dan didapat pola pemotongan paling optimal dengan membutuhkan total 507 tulangan. Perhitungan optimasi pertama pemotongan baja tulangan D22 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.9. Secara lengkap tabel optimasi pertama baja tulangan D22 dapat diperlihatkan pada Lampiran J.

Tabel 5.9 Optimasi Pertama Baja Tulangan D22

Item	Total Pieces Needed		664	Stock	189	190	191	192	193	194
	P/N or Desc	Length	Qty	0.8	0.8	0.8	0.8	1.0	0.0	1.8
1	Part 001	8.02	37	37						
2	Part 002	7.52	33	33						
3	Part 003	6.83	50	50						
4	Part 004	5.46	26	26						
5	Part 005	5.02	168	168	2	2	2	2	1	
6	Part 006	4.46	34	34						
7	Part 007	1.35	20	20						
8	Part 008	1.25	107	107						
9	Part 009	1.2	20	20	1	1	1	1	5	10
10	Part 010	1.06	29	29						
11	Part 011	0.95	13	13						
12	Part 012	0.83	49	49						

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*

Berdasarkan Tabel 5.9 diketahui bahwa optimasi pertama baja tulangan D22 memperlihatkan bahwa baja tulangan D22 memiliki 12 tipe panjang tulangan dan didapat pola pemotongan paling optimal dengan membutuhkan total 194 los baja tulangan dengan panjang pada 1 los baja tulangan adalah 12 meter. Berdasarkan Tabel 5.9 dan uraian diatas dapat diketahui bahwa efisiensi pemotongan baja tulangan D22. Rekapitulasi optimasi potongan baja tulangan D22 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.10.



Tabel 5.10 Rekapitulasi Optimasi Pertama Baja Tulangan D22

Nama	Nilai	Satuan
<i>Stock Length</i>	12	m
<i>Stock required</i>	2.291,87	m
<i>Stock Used</i>	2.328	m
<i>Efficiency</i>	98,45	%

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*

Berdasarkan Tabel 5.10 diketahui bahwa rekapitulasi optimasi pertama potongan baja tulangan D22 memperlihatkan *stock length* yaitu panjang baja tulangan tiap 1 los adalah 12 meter. *Stock required* yaitu tulangan yang dibutuhkan (panjang potongan dikali banyaknya *count* baja tulangan) sepanjang 2.291,87 meter. *Stock used* yaitu tulangan yang digunakan (panjang total tulangan) sepanjang 2.328 meter. Perhitungan optimasi pemotongan tulangan pada D22 memiliki efisiensi yaitu memanfaatkan dan memaksimalkan pemotongan dari baja tulangan sebesar 98,45%. *Waste* (tulangan yang tidak dapat digunakan atau dimanfaatkan kembali) sebesar 1,55% atau 36,13 meter. Perhitungan optimasi kedua pemotongan baja tulangan D22 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.11. Secara lengkap tabel optimasi kedua baja tulangan D22 dapat diperlihatkan pada Lampiran K.

Tabel 5.11 Optimasi Kedua Pemotongan Baja Tulangan D22

Item	Total Pieces Needed		664	Stock	220	221	222	223	224	225
	P/N or Desc	Length	Qty	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	6,1	1,8
1	Part 001	4,33	36	36						
2	Part 002	4,2	381	381						
3	Part 003	3,68	15	15						
4	Part 004	3,57	22	22						
5	Part 005	3,52	17	17						
6	Part 006	3,26	28	28						
7	Part 007	1,95	118	118						
8	Part 008	1,66	21	21						
9	Part 009	1,55	21	21						
10	Part 010	1,48	213	213	8	8	8	8	8	4

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*



Berdasarkan Tabel 5.11 diketahui bahwa optimasi kedua baja tulangan D22 memperlihatkan bahwa baja tulangan D22 memiliki 10 tipe panjang tulangan dan didapat pola pemotongan paling optimal dengan membutuhkan total 225 los baja tulangan dengan panjang pada 1 los baja tulangan adalah 12 meter. Berdasarkan Tabel 5.11 dan uraian diatas dapat diketahui bahwa efisiensi pemotongan baja tulangan D22. Rekapitulasi optimasi potongan baja tulangan D22 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.12.

Tabel 5.12 Rekapitulasi Optimasi Kedua Pemotongan Baja Tulangan D22

Nama	Nilai	Satuan
<i>Stock Length</i>	12	m
<i>Stock required</i>	2.653,69	m
<i>Stock Used</i>	2.700	m
<i>Efficiency</i>	98,28	%

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*

Berdasarkan Tabel 5.12 diketahui bahwa rekapitulasi optimasi kedua potongan baja tulangan D22 memperlihatkan *stock length* yaitu panjang baja tulangan tiap 1 los adalah 12 meter. *Stock required* yaitu tulangan yang dibutuhkan (panjang potongan dikali banyaknya *count* baja tulangan) sepanjang 2.653,69 meter. *Stock used* yaitu tulangan yang digunakan (panjang total tulangan) sepanjang 2.700 meter. Perhitungan optimasi pemotongan tulangan pada D22 memiliki efisiensi yaitu memanfaatkan dan memaksimalkan pemotongan dari baja tulangan sebesar 98,28%. *Waste* (tulangan yang tidak dapat digunakan atau dimanfaatkan kembali) sebesar 1,72% atau 46,31 meter. Perhitungan optimasi ketiga pemotongan baja tulangan D22 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.13. Secara lengkap tabel optimasi ketiga baja tulangan D22 dapat diperlihatkan pada Lampiran L.

Tabel 5.13 Optimasi Ketiga Pemotongan Baja Tulangan D22

Item	<i>Total Pieces Needed</i>		664	<i>Stock</i>	83	84	85	86	87	88
	P/N or Desc	<i>Length</i>	<i>Qty</i>	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	4.7	1.8
1	<i>Part 001</i>	3.18	70	70						
2	<i>Part 002</i>	3.13	44	44						
3	<i>Part 003</i>	2.85	32	32						
4	<i>Part 004</i>	2.75	19	19						



Item	Total Pieces Needed		664	Stock	83	84	85	86	87	88
	P/N or Desc	Length	Qty	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	4.7	1.8
5	Part 005	2.65	64	64	1	1	1	1	2	2
6	Part 006	2.56	23	23						
7	Part 007	2.45	26	26						
8	Part 008	2.37	37	37	3	3	3	3	1	
9	Part 009	2.16	43	43						
10	Part 010	2.05	22	22	1	1	1	1	2	1

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*

Berdasarkan Tabel 5.13 diketahui bahwa optimasi pertama baja tulangan D22 memperlihatkan bahwa baja tulangan D22 memiliki 11 tipe panjang tulangan dan didapat pola pemotongan paling optimal dengan membutuhkan total 88 los baja tulangan dengan panjang pada 1 los baja tulangan adalah 12 meter. Berdasarkan Tabel 5.13 dan uraian diatas dapat diketahui bahwa efisiensi pemotongan baja tulangan D22. Rekapitulasi optimasi potongan baja tulangan D22 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.14.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Optimasi Ketiga Pemotongan Baja Tulangan D22

Nama	Nilai	Satuan
<i>Stock Length</i>	12	m
<i>Stock required</i>	1.043,22	m
<i>Stock Used</i>	1.056	m
<i>Efficiency</i>	98,79	%

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*

Berdasarkan Tabel 5.14 diketahui bahwa rekapitulasi optimasi ketiga potongan baja tulangan D22 memperlihatkan *stock length* yaitu panjang baja tulangan tiap 1 los adalah 12 meter. *Stock required* yaitu tulangan yang dibutuhkan (panjang potongan dikali banyaknya *count* baja tulangan) sepanjang 1.043,22 meter. *Stock used* yaitu tulangan yang digunakan (panjang total tulangan) sepanjang 1.056 meter. Perhitungan optimasi pemotongan tulangan pada D22 memiliki efisiensi yaitu memanfaatkan dan memaksimalkan pemotongan dari baja tulangan sebesar 98,79%. *Waste* (tulangan yang tidak dapat digunakan atau dimanfaatkan kembali)



sebesar 1,21% atau 12,78 meter. Berdasarkan ketiga rekapitulasi optimasi pada baja tulangan D22 dapat diketahui bahwa efisiensi pemotongan baja tulangan D22 secara keseluruhan. Rekapitulasi optimasi total baja tulangan D22 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.15.

Tabel 5.15 Rekapitulasi Optimasi Total Baja Tulangan D22

Nama	Nilai	Satuan
<i>Stock Length</i>	12	m
<i>Stock required</i>	5.988,78	m
<i>Stock Used</i>	6.084	m
<i>Efficiency</i>	98,43	%

Sumber: Diolah dari *Microsoft Excel* dengan *Solver Add ins*

Berdasarkan Tabel 5.15 diketahui bahwa rekapitulasi optimasi ketiga potongan baja tulangan D22 memperlihatkan *stock length* yaitu panjang baja tulangan tiap 1 los adalah 12 meter. *Stock required* yaitu tulangan yang dibutuhkan (panjang potongan dikali banyaknya *count* baja tulangan) sepanjang 5.988,78 meter. *Stock used* yaitu tulangan yang digunakan (panjang total tulangan) sepanjang 6.084 meter. Perhitungan optimasi pemotongan tulangan pada D22 memiliki efisiensi yaitu memanfaatkan dan memaksimalkan pemotongan dari baja tulangan sebesar 98,79%. *Waste* (tulangan yang tidak dapat digunakan atau dimanfaatkan kembali) sebesar 1,57% atau 95,22 meter.

2. Perhitungan *waste material* beton *ready mix*

Pada perhitungan *waste material* beton *ready mix* dilakukan dengan mengurangi volume pembelian material dengan volume material yang diperoleh melalui aplikasi *Tekla Structures*. Volume material beton *ready mix* yang direncanakan adalah sebesar 570,4 m³. Pembelian material beton *ready mix* berdasarkan volume truck *ready mix* dikali banyaknya jumlah truck *ready mix* dengan mendekati hasil volume material yang dibutuhkan. Volume material tiap truck *ready mix* adalah 6 m³. Perhitungan *waste material* beton *ready mix* dapat dijabarkan sebagai berikut:



$$\begin{aligned} \text{Volume pembelian material} & : 85 \times 6 \text{ m}^3 = 510 \text{ m}^3 \\ \text{Volume material beton ready mix} & : 507,4 \text{ m}^3 \\ \text{Volume } \textit{waste material} \text{ beton } \textit{ready mix} & : \text{volume pembelian} - \text{volume material} \\ & : 510 - 507,4 = 2,6 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Berdasarkan uraian diatas melalui perhitungan *waste material* untuk baja tulangan menggunakan metode optimasi *cut bar* dengan *Solver Add-ins* pada *software Microsoft Excel* dan perhitungan *waste material* beton *ready mix* dilakukan dengan mengurangi volume pembelian material dengan volume material yang diperoleh melalui aplikasi *Tekla Structures* diperoleh rekapitulasi volume *waste material* pada Lantai 1-4. Rekapitulasi volume *waste material* pada Lantai 1-4 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16 *Waste Material* pada Lantai 1-4

No	Jenis material	<i>Waste material</i>	Satuan
1	Baja tulangan		
	a. Ø 8	-	m
	b. Ø 12	-	m
	c. D 10	108,28	m
	d. D 22	380,88	m
	e. D 19	54,75	m
	f. D 16	38,81	m
	g. D 13	-	m
2	Beton		
	a. K-300	2,6	m ³

Berdasarkan Tabel 5.16 rekapitulasi volume material Lantai 1-4 diketahui nilai *waste material* baja tulangan dalam satuan meter. Oleh karena itu untuk mengetahui biaya yang dikeluarkan untuk *waste material* baja tulangan, diperlukan konversi baja tulangan dari satuan meter ke dalam satuan kilogram. Acuan yang digunakan untuk mengkonversi nilai baja tulangan dari satuan meter ke dalam satuan kilogram adalah tabel ukuran baja tulangan. Ukuran baja tulangan beton dapat diperlihatkan pada Tabel 5.17.



Tabel 5.17 Ukuran Baja Tulangan Beton

No.	Diameter (mm)	Luas penampang (cm ²)	Berat per meter (kg/m)
1.	6	0,2827	0,222
2.	8	0,5027	0,395
3.	10	0,7854	0,617
4.	12	1,131	0,888
5.	14	1,539	1,12
6.	16	2,011	1,58
7.	19	2,835	2,23
8.	22	3,801	2,98
9.	25	4,909	3,85
10.	28	6,158	4,83
11.	32	8,042	6,31

Sumber: SNI 07-2052-2002

Perhitungan konversi baja tulangan dilakukan dengan menyesuaikan dengan jenis diameter. Ukuran *waste material* baja tulangan dalam satuan meter kemudian dikali dengan berat nominal per meter baja tulangan. Berat nominal per meter tiap jenis diameter tulangan dapat diperlihatkan pada Tabel 5.17. Perhitungan konversi baja tulangan dari satuan meter ke dalam satuan kilogram dapat dijabarkan sebagai berikut:

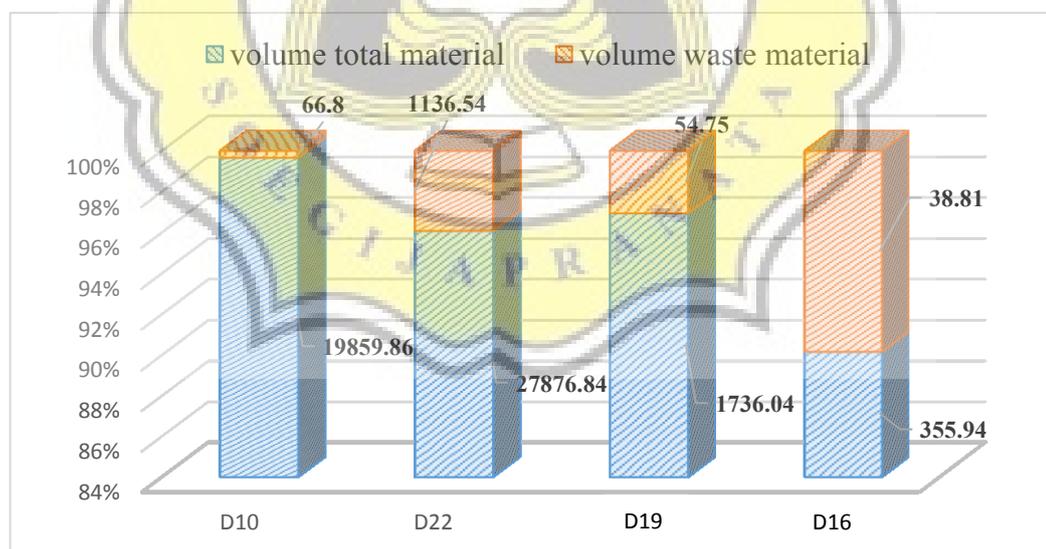
1. Baja tulangan D10 : $108,28 \times 0,617 = 66,80$ kg
2. Baja tulangan D16 : $24,6 \times 1,578 = 38,81$ kg
3. Baja tulangan D19 : $106,8 \times 2,226 = 237,73$ kg
4. Baja tulangan D22 : $380,88 \times 2,984 = 1.136,54$ kg

Setelah konversi baja tulangan diketahui, langkah selanjutnya adalah menghitung biaya yang dikeluarkan untuk *waste material* dalam hal ini adalah baja tulangan dan beton *ready mix*. Perhitungan biaya *waste material* dilakukan dengan cara mengalikan volume *waste material* dengan harga satuan bahan. Sebagai acuan untuk menentukan biaya yang dikeluarkan untuk volume *waste material* adalah harga satuan bahan. Harga satuan bahan dapat diperlihatkan pada Tabel 4.3. Rekapitulasi *waste material* dan harga pada Lantai 1-4 dapat diperlihatkan pada Tabel 5.18

Tabel 5.18 Rekapitulasi *Waste Material* dan Harga pada Lantai 1-4

No	Jenis material	<i>Waste material</i>	Satuan	Harga
1	Baja tulangan			
	a. Ø 8	-	kg	-
	b. Ø 12	-	kg	-
	c. D 10	66,80	kg	Rp. 628.002
	d. D 22	1.136,54	kg	Rp. 10.683.531
	e. D 19	237,73	kg	Rp. 514.740
	f. D 16	38,81	kg	Rp. 364.896
	g. D 13	-	kg	-
2	Beton			
	b. K-300	2,6	m ³	Rp. 2.150.200

Berdasarkan Tabel 5.16 Rekapitulasi volume material Lantai 1-4 dan Tabel 5.16 Rekapitulasi *waste material* pada lantai 1-4 dapat diketahui bahwa besarnya *waste material* terhadap banyaknya volume total material. Hal tersebut dapat diperlihatkan perbandingan banyaknya *waste material* terhadap volume total material pada masing-masing jenis diameter tulangan. *Waste material* baja tulangan terhadap banyaknya volume material dapat diperlihatkan pada Gambar 5.37.

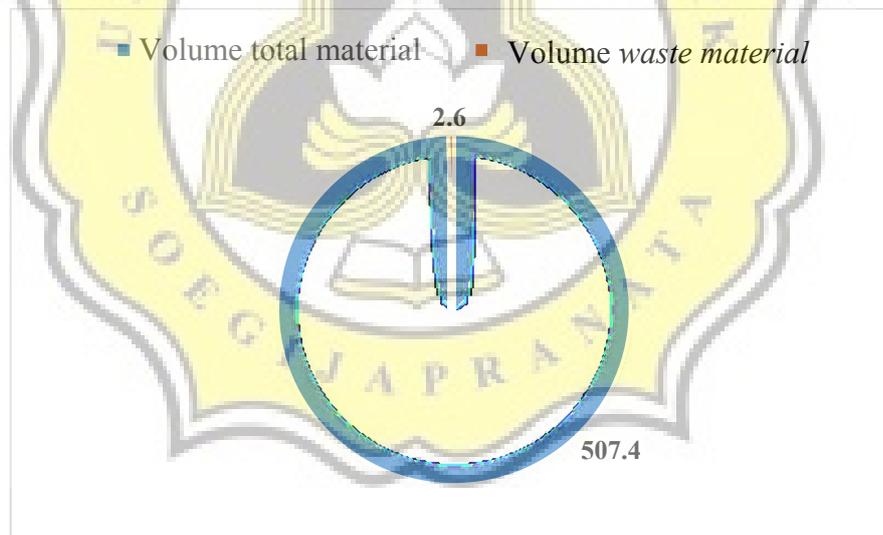
Gambar 5.37 Nilai *Waste Material* Baja Tulangan Terhadap Volume Total Material

Berdasarkan Gambar 5.37 Nilai *waste material* baja tulangan terhadap volume total material dapat diketahui bahwa nilai *waste material* baja tulangan D10 sebesar 66,8



kg dengan nilai total material sebesar 19.859,86 kg. Pada baja tulangan D22 memiliki nilai *waste material* sebesar 1.126,54 kg dengan nilai total material sebesar 27.876,84 kg. Pada baja tulangan D16 memiliki nilai *waste material* sebesar 54,75 kg dengan nilai total material sebesar 1.736,04 kg. Pada baja tulangan D19 memiliki nilai *waste material* sebesar 38,81 kg dengan nilai total material sebesar 355,94 kg.

Berdasarkan Tabel 5.1 Rekapitulasi volume material Lantai 1-4 dan Tabel 5.18 Rekapitulasi *waste material* pada Lantai 1-4 dapat diketahui perbandingan persentase dan nilai besarnya *waste material* beton *ready mix* terhadap banyaknya volume total material. Hal tersebut dapat diperlihatkan perbandingan banyaknya *waste material* terhadap volume total material dalam hal ini adalah beton *ready mix*. *Waste material* beton *ready mix* terhadap volume total material dapat diperlihatkan pada Gambar 5.38.



Gambar 5.38 Nilai *Waste Material* Beton *Ready Mix* Terhadap Volume Total Material

Berdasarkan Gambar 5.38 dapat diperlihatkan bahwa nilai *waste material* beton *ready mix* terhadap volume total material sebesar 2,6 m³ dengan volume total material sebesar 507,4 m³.