



**ANALISA PERHITUNGAN PEMBESIAN PEMBANGUNAN GEDUNG  
APARTEMEN SAMAVIEW MALANG**

**TUGAS AKHIR**

Oleh

**Arya Dimas Dwi Wicaksono  
201904103003**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI D-IV TEKNOLOGI REKAYASA KOSNTRUKSI  
BANGUNAN GEDUNG  
JEMBER  
2025**



**ANALISA PERHITUNGAN PEMBESIAN PEMBANGUNAN GEDUNG  
APARTEMEN SAMAVIEW MALANG**

*Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana  
Terapan pada Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan  
Gedung.*

**TUGAS AKHIR**

**Oleh**

**Arya Dimas Dwi Wicaksono  
201904103003**

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS JEMBER  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI D-IV TEKNOLOGI REKAYASA KOSNTRUKSI  
BANGUNAN GEDUNG  
JEMBER  
2025**

## **PERSEMBAHAN**

Pada penelitian ini bahwa dalam menyusun dan menyelesaikan proyek Akhir ini tidak lepas dari dukungan, bantuan serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu mempersembahkan sebuah karya sederhana ini sebagai wujud rasa syukur, terimakasih, dan bakti kepada:

1. Kedua orang tua saya, Ibu Sriyanti dan Bapak Mulyadi, yang telah memberi kasih sayang yang tidak terhingga.
2. Kakak saya tercinta, Arlita Deby Anggraeni A.Md dan Mas Ipar saya ridho yang telah menuntun dan dukungan moril dan materil
3. Seluruh jajaran dosen pengajar dan TU di Jurusan Teknik Sipil yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan.
4. Teman-teman se-angkatan ANANTARA 2020 dan dikhususkan D4 TRKBG yang tidak bisa saya sebut satu per satu, yang sama-sama berproses.
5. Kontrakan 18+ dan Kontrakan Calliurang, menjadi tempat singgah keluarga jember yang luar biasa.
6. Seseorang dengan NIM 200210201021 yang bernama Nila Kurnia Putri, orang terpilih dari sekian mahasiswa Universitas Jember yang menemani proses dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

## **MOTTO**

“Bila kalian Ragu dan Takut untuk memulai sesuatu,  
Kalian hanya butuh yang Namanya 20 Detik Keberanian, Setelah 20 Detik itu,  
Maka Lihatlah...Duniamu Pasti Berubah”

-Benjamin Mee (We Bought a Zoo)

## **PERNYATAAN ORISINALITAS**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Arya Dimas Dwi Wicaksono

NIM : 201904103003

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul: “Analisa Perhitungan Pembesian Pembangunan Gedung Apartemen Samaview Malang” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan skripsi ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, ( )

Yang menyatakan

Arya Dimas Dwi Wicaksono

NIM. 201904103003

## HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi berjudul “Analisa Perhitungan Pembesian Pembangunan Gedung Apartemen Samaview Malang” telah diuji dan disahkan oleh Fakultas Teknik Universitas Jember pada:

Hari :

Tanggal : \_\_\_\_\_ - 2025

Tempat : Fakultas \_\_\_\_\_ Universitas Jember

Pembimbing

Tanda Tangan

1. Pembimbing Utama

Nama : Dr. Erno Widayanto, S.T., M.T. (.....)

NIP : NIP. 197004191998031001

2. Pembimbing Anggota

Nama : Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T. (.....)

NIP : 197310151998021001

Penguji

1. Penguji Utama


Nama : Dr. Ir. Jojok W. Soetjipto, S.T., M.T. (.....)

NIP : NIP. 197205272000031001

2. Penguji Anggota 1

Nama : Rino Dwi Sadi, S.T, M.Eng

NIP : NIP. 199401072023211020

  
(.....)

## ABSTRAK

Pekerjaan pembesian memegang peranan penting dari aspek kualitas pelaksanaan konstruksi, karena pada prosesnya pemasangan besi tulangan pada beton berfungsi untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan struktur bangunan. Biaya pembesian dalam proyek konstruksi mencakup 20-30% dari biaya pengadaan material secara keseluruhan. Menurut pemotongan yang tidak tepat dapat menimbulkan limbah besi, yang perlu diminimalisir dan dikelola dengan baik. Limbah material atau disebut *Waste material* memiliki dampak negatif yang signifikan pada proyek terutama dalam hal anggaran biaya. Menurut , efektifitas pembesian diperlukan untuk meminimalisir pembengkakan biaya serta timbulnya besi yang berlebih. Daftar pola pembengkokan tulangan termasuk diameter, bentuk, panjang, dan jumlah. Metode perhitungan Bar Bending Schedule yang paling efektif guna memperhatikan standart pembesian. Objek penelitian ini adalah bangunan gedung apartemen Samaview Malang. Untuk mendukung penelitian ini, *software* yang digunakan adalah revit dan Microsoft Excel. Kemudian, melakukan studi literatur dari paper tugas akhir dan buku untuk memahami evaluasi pembesian pada gedung apartemen. Data-data yang diperoleh berupa *shop drawing*, setelah mendapatkan data yang telah dijelaskan sebelumnya, dilanjutkan permodelan, kemudian pengolahan BBS dengan excel untuk mendapatkan *Quantity Take Off*. Perhitungan waste pada tulangan besi penelitian ini menggunakan program bantu Microsoft Excel untuk menghitung jumlah los besi yang diperlukan dan kombinasi pemotongan dalam satu los besi menghasilkan jumlah bahan buang yang paling rendah. Kegiatan konstruksi di gedung Apartemen Samaview, Malang didapatkan volume kebutuhan material pada pekerjaan pembesian sebesar dengan total besi Ø8 sebesar 45 batang atau 201,13 kg , Ø10 sebesar 147 batang atau sama dengan 879,72 kg, D8 sebesar 4807 atau sama dengan 22196,67 kg, D10 sebesar 202.500,73 kg, D13 sebesar 11879 atau sama dengan 146.510,25 kg, D16 sebesar 6470 atau sama dengan 119199,86 kg, D19 sebesar 4860 atau sama dengan 129058,25 kg, D22 1986 batang atau sama dengan 68068,79 kg, D25 sebesar 971 batang atau sama dengan 41882,77 kg, dan D29 sebesar 4268 batang atau sama dengan 246758,88 kg. Material yang tidak dapat digunakan, akan dikembalikan atau pun di recycle oleh pihak *owner* karena bentuk fisik menjadi tanggung jawab *owner*.

Kata kunci ; *Waste material*, *Quantitr Take Off*, dan *Waste Level*

## ABSTRACT

*Reinforcement work plays an important role in the quality of construction implementation, because in the process the installation of reinforcing Rebar on concrete serves to increase the strength and durability of building structures. The cost of Rebaring in a construction project covers 20-30% of the overall material procurement cost. According to improper cutting, it can cause Rebar waste, which needs to be minimized and managed properly. Material waste or called Material waste has a significant negative impact on the project, especially in terms of cost budget. According to, the effectiveness of Rebaring is needed to minimize cost overruns and the occurrence of excess Rebar. The list of rebar bending patterns includes diameter, shape, length, and quantity. The most effective method of calculating Bar Bending Schedule to pay attention to Rebar standards. The object of this research is the Samaview Malang apartment building. To support this research, the software used is revit and Microsoft Excel. Then, conduct a literature study of the final project paper and book to understand the evaluation of Rebaring in apartment buildings. The data obtained was in the form of shop drawing. After obtaining the data that has been described earlier, continue modeling, then process BBS with excel to get Quantity Take Off. Waste calculation on Rebar reinforcement This study uses the Microsoft Excel assistant program to calculate the number of Rebar rods needed and the combination of cutting in one Rebar rod produces the lowest amount of waste material The construction activities at the Samaview Apartment building in Malang revealed the material requirements for the rebar work, which include a total of 45 bars of Ø8, equivalent to 201.13 kg; 147 bars of Ø10, equal to 879.72 kg; 4807 bars of D8, totaling 22,196.67 kg; 202 bars of D10, totaling 202,500.73 kg; 11,879 bars of D13, amounting to 146,510.25 kg; 6,470 bars of D16, totaling 119,199.86 kg; 4,860 bars of D19, amounting to 129,058.25 kg; 1,986 bars of D22, equal to 68,068.79 kg; 971 bars of D25, totaling 41,882.77 kg; and 4,268 bars of D29, which equal 246,758.88 kg. Materials that cannot be used will be returned or recycled by the owner, as the physical condition of the materials is the owner's responsibility.*

*Keyword : Waste material, Quantitr Take Off, dan Waste Level*

## RINGKASAN

**Analisa Perhitungan Pembesian Pembangunan Gedung Apartemen Samaview Malang;** Arya Dimas Dwi Wicaksono, 201904103003; 37 Halaman; Prodi D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Pekerjaan dalam bidang pembesian berperan krusial dalam kualitas pelaksanaan pembangunan, karena pemasangan besi tulangan pada beton berfungsi untuk memperkuat dan meningkatkan daya tahan struktur bangunan. Dalam proyek konstruksi, biaya untuk pembesian sangatlah besar. Upaya perlu dilakukan untuk mengurangi pertumbuhan kebutuhan akan pembesian. Limbah material, atau yang disebut waste material, menjadi penyebab berbagai masalah.

*Waste material* memiliki efek negatif yang signifikan terhadap proyek. Material yang terbuang dalam proyek konstruksi menunjukkan persentase yang cukup besar. Faktor-faktor yang menghasilkan limbah material antara lain kekeliruan dalam menghitung volume material, penggunaan material yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditentukan, kerusakan material selama mobilisasi atau pelaksanaan kerja, dan adanya perubahan desain. Material yang rusak dan tidak dapat digunakan lagi akan menjadi limbah dalam proyek tersebut.

Efektivitas dalam pembesian sangat diperlukan untuk mengurangi pembengkakan biaya serta kelebihan besi. Sebagian besar biaya yang dialokasikan dalam proyek terkait dengan material yang berpotensi menghasilkan limbah. Salah satu metode yang digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan pembesian ialah *Bar Bending Schedule* yang terkait dengan rincian pembesian dalam sebuah proyek, mencakup perhitungan jumlah besi yang diperlukan dalam setiap pekerjaan, bentuk besi, hingga sisa potongan besi

Data yang diperlukan dalam studi ini mencakup gambar kerja dan daftar kuantitas. Setelah mengumpulkan data yang disebutkan sebelumnya, langkah berikutnya adalah memodelkan bangunan menggunakan perangkat lunak Revit. Hasil akhir dari pengolahan data ini adalah penghitungan kuantitas. Untuk

menghitung pemborosan material pada besi tulangan dalam penelitian ini, digunakan program Microsoft Excel, dengan tujuan menghitung jumlah besi yang diperlukan serta mengeksplorasi kombinasi pemotongan dari satu batang besi yang meminimalkan limbah material.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) Kebutuhan untuk los besi Ø8 adalah 45 batang, Ø10 sebanyak 147 batang, D8 berjumlah 4807 batang, D10 mencapai 27.530 batang, D13 sebanyak 11.879 batang, D16 sebesar 6.470 batang, D19 sejumlah 4860 batang, D22 sebanyak 1986 batang, D25 sebanyak 971 batang, dan D29 sebanyak 4.268 batang. (2) Didapatkan untuk Tingkat limbah besi diameter Ø8 adalah 5,71%, Ø10 adalah 19,18%, D8 adalah 2,59%, D10 adalah 0,66%, D13 adalah 1,37%, D16 adalah 2,71%, D19 adalah 0,59%, D22 adalah 4,29%, D25 adalah 6,71%, dan D29 sebesar 7,08%. Ini menunjukkan persentase material yang tidak bisa dimanfaatkan.

## **PRAKATA**

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga skripsi yang berjudul “Analisa Perhitungan Pembesian Pembangunan Gedung Apartemen Samaview” dapat terselesaikan. Proyek Akhir Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Terapan pada program studi D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Bangunan Gedung, Fakultas Teknik, Universitas Jember.

Menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Erno Widayanto, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Dwi Nurtanto, S.T., M.T. yang selalu menyempatkan waktu dalam memberikan bimbingan, kritik, dan saran sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Jajok W. Soejipto, S.T., M.T. dan Bapak Rino Dwi Sadi, S.T, M.Eng., selaku dosen penguji yang telah memberikan perbaikan secara komprehensif terhadap Proyek Akhir Skripsi ini.

Pada penelitian ini bahwa dalam proses penyusunan terdapat banyak kelemahan dan belum mencapai kesempurnaan. Oleh karena itu mengharapkan kritik dan saran yang membangun guna menyempurnakan penulisan Tugas Akhir dapat lebih baik lagi kedepannya. Maka dari itu mengucapkan terima kasih atas perhatiannya dan mohon maaf jika terdapat kesalahan. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

## DAFTAR ISI

<b>PERSEMBAHAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>MOTTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>	<b>v</b>
<b>HALAMAN PERSETUJUAN.....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>viii</b>
<b>RINGKASAN .....</b>	<b>ix</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xvi</b>
<b>BAB I. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1    Latar Belakang.....	1
1.2    Rumusan Masalah .....	2
1.3    Tujuan Penelitian .....	3
1.4    Manfaat Penelitian.....	3
1.5    Batasan Penelitian .....	3
<b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1    Proyek Konstruksi .....	4
2.2    Manajemen Proyek Konstruksi .....	4
2.3    Material Konstruksi .....	4
2.4    Pekerjaan Pembesian .....	5
2.4.1    Besi Tulangan.....	5
2.5    Standar dan persyaratan Penulangan .....	7
2.5.1    Kait Standart .....	7
2.5.2    Batas Spasi Untuk Tulangan .....	8
2.6    Sambungan Penulangan.....	9
2.6.1    Sambungan Lewatan.....	9
2.6.2    Sambungan Mekanis.....	10
2.7    Waste Material .....	10
<b>BAB 3. METODOLOGI.....</b>	<b>12</b>

3.1	Objek dan Lokasi Penelitian.....	12
3.2	Jenis dan Sumber Data .....	12
3.2.1	Data Primer .....	12
3.2.2	Data Sekunder .....	12
3.3	Software Pendukung Penelitian.....	14
3.4	Prosedur Penelitian .....	14
3.4.1	Studi Literatur .....	14
3.4.2	Pengumpulan Data .....	14
3.4.3	Pengolahan Data .....	14
3.4.4	Perhitungan <i>Waste</i> .....	14
3.5	Diagram Penelitian .....	15
<b>BAB 4. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>14</b>
4.1	Data Proyek yang Ditinjau .....	14
4.2	Pemodelan Struktur .....	14
4.3	Pengelompokan Item Konstruksi Pekerjaan.....	16
4.4	Perhitungan Kebutuhan Tulangan .....	23
4.4.1	Perhitungan Volume Pembesian Kolom.....	23
4.4.2	Perhitungan Volume Pembesian Plat .....	25
4.4.3	Perhitungan Volume Pembesian Tie Beam .....	27
4.4.4	Perhitungan Volume Pembesian Pile Cap Lt.1 Elv -0,50.....	29
4.4.5	Perhitungan Volume Pembesian Balok .....	31
4.5	QTO ( <i>Quantity Take Off</i> ).....	33
4.6	Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan.....	33
4.7	Analisa <i>Waste</i> Penulangan.....	34
4.7.1.	Analisa Waste Level.....	36
<b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>		<b>39</b>
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran .....	39
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>38</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>40</b>

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2. 1 Ukuran Besi Ulir .....	6
Tabel 2. 2 Ukuran Besi Polos .....	7
Tabel 4. 1 Identifikasi Pekerjaan Lantai 1 .....	22
Tabel 4. 2 Identifikasi Pekerjaan Balok Lantai.2 .....	22
Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Kolom KA1 Lantai 1 .....	25
Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Plat Lantai 1 .....	27
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan TB 1 Lantai.1 Elv -0,50 .....	29
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Penulangan Pada Pile Cp PC 1 .....	31
Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Penulangan Balok B1A .....	33
Tabel 4. 8 Quantity Take Off BBS .....	33
Tabel 4. 9 Rekapitulasi Kebutuhan Penulangan LT.1 .....	34
Tabel 4. 10 Hasil Rekapitulasi Kebutuhan Penulangan Keseluruhan .....	34
Tabel 4. 11 Pola Pemotongan 1 Los Besi .....	35
Tabel 4. 12 Kebutuhan Hasil Kebutuhan Terpakai dan Panjang Waste .....	35
Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Kebutuhan Los Besi .....	36
Tabel 4. 14 Tabel Rekapitulasi Tulangan yang digunakan .....	36
Tabel 4. 15 Waste Level .....	37

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Kait Standar Pembesian .....	8
Gambar 2. 2 Jarak bersih antar tulangan.....	9
Gambar 2. 3 Sambungan tulangan .....	10
Gambar 2. 4 Sambungan Mekanis .....	10
Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian Samaview Residence, Malang.....	12
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian.....	15
Gambar 4. 1 Pemodelan Struktur menggunakan Revit.....	14
Gambar 4. 2 Peta Pekerjaan Struktur .....	16
Gambar 4. 3 Peta Pekerjaan Kolom lantai.1 .....	17
Gambar 4. 4 Peta Pekerjaan Tie Beam Lantai.1.....	18
Gambar 4. 5 Peta Pekerjaan Pile Cap Lt.1 .....	19
Gambar 4. 6 Peta Pekerjaan Plat Lantai.1 .....	20
Gambar 4. 7 Peta Pekerjaan Balok Lantai.2 .....	21
Gambar 4. 8 Detail Tulangan Kolom K1A .....	23
Gambar 4. 9 Detail Perhitungan Tulangan Kolom K1A .....	24
Gambar 4. 10 Detail Tulangan Plat Lantai S0.....	25
Gambar 4. 11 Detail Tulangan Plat S0.....	25
Gambar 4. 12 Detail Perhitungan Tulangan Plat Lantai S0 .....	26
Gambar 4. 13 Detail Tie beam .....	27
Gambar 4. 14 Detail Perhitungan Tulangan T.Beam 1 .....	28
Gambar 4. 15 Detail Penulangan PC 1.....	29
Gambar 4. 16 Detail Perhitungan Penulangan pile cap .....	30
Gambar 4. 17 Detail Penulangan Balok Lt.2 .....	31
Gambar 4. 18 Detail Perhitungan Balok Lt.2.....	32

## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Peta Pekerjaan Item Konstruksi
- Lampiran 2 Quantity Take Off
- Lampiran 3 Pola pemotongan dan kuantitas besi yang dibutuhkan
- Lampiran 4 *Bar Bending Schedule*

## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pekerjaan pembedian memegang peranan penting dari aspek kualitas pelaksanaan konstruksi, karena pada prosesnya pemasangan besi tulangan pada beton berfungsi untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan struktur bangunan. Biaya pembedian dalam proyek konstruksi mencakup 20-30% dari biaya pengadaan material secara keseluruhan pemotongan yang tidak tepat dapat menimbulkan limbah besi, yang perlu diminimalisir dan dikelola dengan baik (Arifin,2020). Perlu usaha untuk meminimalisir terjadinya pembengkakan kebutuhan pembedian. Penyebab terjadinya limbah material atau disebut *waste material*.

Limbah material atau disebut *Waste material* memiliki dampak negatif yang signifikan pada proyek. Material terbuang dalam proyek konstruksi menunjukkan angka yang signifikan. Berdasarkan penelitian di Belanda, sekitar 9% dari total pembelian material berubah menjadi limbah, sementara 1-10% dari material yang disediakan untuk proyek berakhir sebagai limbah di lokasi konstruksi (Hamkah & Hadi Purwanto, 2019). Penyebab terjadinya limbah material antara lain kesalahan dalam menghitung volume material, penggunaan material yang tidak sesuai dengan spesifikasi yang ditetapkan, kerusakan material selama proses mobilisasi maupun saat pelaksanaan pekerjaan, serta adanya perubahan desain. Material yang mengalami kerusakan dan tidak lagi dapat digunakan akan menjadi limbah dalam proyek tersebut.

*Waste material* memberikan dampak buruk terhadap proyek Pembangunan gedung. Menurut (Dinariana, 2018), efektifitas pembedian diperlukan untuk meminimalisir pembengkakan biaya serta timbulnya besi yang berlebih. Sebagian besar alokasi biaya pada proyek tersebut terkait dengan material yang cenderung menghasilkan limbah, seperti potongan besi, kayu, multiplek, pasir, semen, dan lainnya. Selain itu, sisa material juga dapat menyebabkan pembatasan pada ruang gerak pekerjaan, yang berpotensi menghambat produktifitas dan mobilitas para pekerja. Untuk mengurangi limbah material, perlu dilakukan perhitungan yang teliti

terhadap jumlah limbah yang dapat didaur ulang sebagai langkah pengoptimalan serta pengendalian

Salah satu metode yang digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan pembesian adalah *Bar Bending Schedule*. Bar Bending Schedule merupakan pekerjaan yang berhubungan dengan detail pembesian dalam suatu proyek meliputi perhitungan jumlah besi yang di butuhkan pada tiap pekerjaan, bentuk besi, hingga sisa potongan besi (Christiando Angir,2017.). Daftar pola pembengkokan tulangan termasuk diameter, bentuk, panjang, dan jumlah.

Berdasarkan observasi pada proyek apartemen *Samaview*, belum dilaksanakan perhitungan *Bar Bending Schedule* pada tahap pekerjaan lantai 2 sampai dengan 12, dengan disertai sisa material pembesiannya. Dikarenakan itu ketika material sudah menumpuk di area fabrikasi pembesian yang tidak dapat diidentifikasi secara akurat mengakibatkan pengendalian *waste* yang sulit.

Berdasarkan latar belakang, penelitian bertujuan mengendalikan serta memberikan pendetailan setiap pekerjaan pemebesia dengan metode *Bar Bending Schedule* pada proyek Apartemen *Samaview* Malang. Dengan hasil yang didapatkan dapat digunakan sebagai refrensi dalam melakukan perhitungan serta acuan dalam pengerjaan fabrikasi pembesian berdasarkan *Bar Bending Schedule* dan diharapkan dapat meminimalisir *waste* dari pembesian itu sendiri.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan penjelasan mengenai latar belakang masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, permasalahan penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut.:

1. Berapakah jumlah pembesian yang dibutuhkan pekerjaan struktur beton bertulang yang ada di proyek pembangunan apartemen Samaview?
2. Berapakah hasil *waste* pembesian pekerjaan struktur beton bertulang yang disebabkan dari proyek pembangunan apartemen Samaview?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Menghitung kebutuhan pembesian pekerjaan struktur beton bertulang yang ada di proyek pembangunan Apartemen Samaview.
2. Mengidentifikasi *waste* hasil pembesian pekerjaan struktur beton bertulang dari proyek pembangunan Apartemen Samaview.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat penelitian ini sebagai berikut:

1. Dapat dijadikan wacana atau acuan pengerjaan dari fabrikasi pembesian untuk evaluasi dan rencana kebutuhan pembesian,serta menjadi pertimbangan untuk meminimalisir pemborosan material.
2. Dapat digunakan untuk mengendalikan *wast* konstruksi pembesian, guna penanganan kelanjutan limbah konstruksi untuk memperhatikan pengolahan limbah yang efisien.

### **1.5 Batasan Penelitian**

Adapun batasan masalah pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Tidak melakukan re-design dan perhitungan struktur.
2. Proyek ini tidak menggunakan metode sambungan mekanisme dalam pengendalian *waste*.
3. Tidak melakukan peninjauan perhitungan RAB.
4. Tidak memeninjau pekerjaan *mekanikal, elektrikal, dan Plumbing*.

## **BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Proyek Konstruksi**

Salah satu dari jenis proyek adalah Proyek Konstruksi. Komponen kegiatan utama proyek jenis ini terdiri dari pengkajian kelayakan, desain engineering, pengadaan dan konstruksi. Produknya berupa pembangunan jembatan, gedung, pelabuhan, jalan raya, dan sebagainya. Proyek konstruksi ini semakin kompleks dan canggih dan melibatkan penggunaan sumber daya dalam bentuk tenaga manusia, material, peralatan dan dana yang jumlahnya bertambah besar. Di dalam suatu proyek konstruksi, terdapat beberapa pihak yang terlibat di dalamnya. Pihak-pihak yang terlibat tersebut secara garis besar dapat bertanggung jawab. (Dimiyati, D. H., & Nurjaman, K.,2014)

### **2.2 Manajemen Proyek Konstruksi**

Manajemen proyek konstruksi merupakan rangkaian kegiatan yang dilaksanakan dengan aktivitas manajemen seperti merencanakan, mengorganisasikan, dan mengendalikan item pekerjaan proyek dengan menggunakan berbagai sumber daya (*manpower, material, machines, money, method*) secara efektif dan efisien sehingga proyek dapat berlangsung dengan baik dan memenuhi target yang sudah ditentukan (Yuliana,2021.) salah satu tujuannya dalam ketepatan waktu agar tidak terjadi keterlambatan pembangunan yang berdampak pada pembekakan biaya.

### **2.3 Material Konstruksi**

Material adalah bahan yang dibutuhkan dalam proses konstruksi, mulai dari perencanaan, pengadaan, pengangkutan, penerimaan, penyimpanan, hingga tahap pengerjaan. Besi pada struktur beton bertulang menjadi salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan (T.D.Kurniawan,2021.).

Menurut (Nurfadillah,2020) Material yang digunakan dalam pembangunan dapat dibagi menjadi 2 kategori yaitu:

#### *A. Consumable material*

*Consumable material* adalah material yang akhirnya menjadi komponen

fisik dari bangunan, seperti semen, pasir, kerikil batu bata, besi tulangan, baja dan sebagainya.

#### B. *Non Consumable material*

*Non Consumable material* adalah bahan yang mendukung dalam proses pembangunan dan bukan merupakan komponen fisik dari bangunan. Biasanya, bahan ini dapat didaur ulang dan akan menjadi sisa material di akhir proyek, seperti perancah, bekisting, dan dinding penahan sementara.

## 2.4 Pekerjaan Pembesian

Pekerjaan pembesian adalah bagian dari pekerjaan struktur. Pekerjaan ini menjadi peranan penting dari aspek aspek kekuatan struktur gedung. Besi pada struktur beton bertulang menjadi salah satu bahan konstruksi yang banyak digunakan. Besi berfungsi untuk meningkatkan kemampuan struktur beton dalam menahan gaya tarik dan gaya tekan (T.D.Kurniawan 2021). Oleh karena itu perencanaan dan pelaksanaan pembesian harus dilakukan dengan spesifikasi teknis serta gambar kerja, yang telah direncanakan.

### 2.4.1 Besi Tulangan

Besi tulangan berfungsi sebagai penguat dalam menahan gaya tarik pada struktur. Bentuknya mirip dengan batang berpenampang melingkar yang dibuat melalui proses *hot rolling* dari bahan billet. Besi tulangan dapat dikategorikan menjadi dua tipe berdasarkan bentuknya, yaitu :

#### A. Besi tulangan ulir

Berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional ,2017), besi tulangan ulir adalah besi yang memiliki sirip-sirip melintang di permukaannya. Sirip tersebut berperan sebagai pengunci yang menghambat pergerakan membujur besi tulangan relatif terhadap beton, umumnya digunakan untuk tulangan longitudinal atau tulangan memanjang. Tulangan ulir memiliki spesifikasi seperti pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Ukuran Besi Ulir

No	Nama	Diameter nominal (d)	Luas Penampang Nominal (A)	Tinggi sirip (H)		Jarak Sirip melintang (P) Maks	Lebar Sirip membujur (T)Maks	Berat nominal per meter
				min	maks			
		mm	mm <sup>2</sup>	mm	mm	mm	mm	kg/m
1	D 6	6	28	0.3	0.6	4.2	4.7	0.222
2	D 8	8	50	0.4	0.8	5.6	6.3	0.395
3	D 10	10	79	0.5	1	7	7.9	0.617
4	D 13	13	133	0.7	1.3	9.1	10.2	1.042
5	D 16	16	201	0.8	1.6	11.2	12.6	1.578
6	D 19	19	284	1	1.9	13.3	14.9	2.226
7	D 22	22	380	1.1	2.2	15.4	17.3	2.984
8	D 25	25	491	1.3	2.5	17.5	19.7	3.853
9	D 29	29	661	1.5	2.9	20.3	22.8	5.185
10	D 32	32	804	1.6	3.2	22.4	25.1	6.313
11	D 36	36	1018	1.8	3.6	25.2	28.32	7.99
12	D 40	40	1257	2	4	28	31.4	9.865
13	D 50	50	1964	2.5	5	35	39.3	15.413
14	D 54	54	2290	2.7	5.4	37.8	42.3	17.978
15	D 57	57	2552	2.9	5.7	39.9	44.6	20.031

Sumber. SNI 2052:2017

#### B. Besi tulangan polos

Berdasarkan informasi dari Badan Standardisasi Nasional (2019), besi tulangan polos adalah jenis besi tulangan beton dengan permukaan yang datar, sering digunakan untuk tulangan geser atau begel, atau Sengkang. Besi tulangan polos juga tersedia dalam berbagai ukuran yang dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2. 2 Ukuran Besi Polos

No	Penamaan	Diameter nominal (d)	Luas Penampang nominal (A)	Berat nominal per meter
		mm	mm <sup>2</sup>	kg/m
1	P 6	6	28	0.222
2	P 8	8	50	0.395
3	P 10	10	79	0.617
4	P 12	12	113	0.888
5	P 14	14	154	1.208
6	P 16	16	201	1.578
7	P 19	19	284	2.226
8	P 22	22	380	2.984
9	P 25	25	491	3.853
10	P 28	28	616	4.834
11	P 32	32	804	6.313
12	P 36	36	1018	7.99
13	P 40	40	1257	9.865
14	P 50	50	1964	15.413

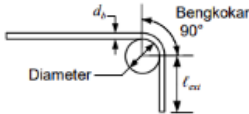
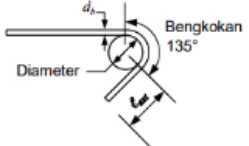
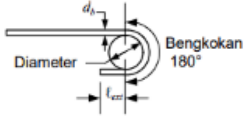
*Sumber. SNI 2052:2017*

## 2.5 Standar dan persyaratan Penulangan

Standar Nasional Indonesia (SNI) adalah satu-satunya standar yang berlaku secara nasional di Indonesia. SNI dirumuskan oleh Komite Teknis (dulu disebut sebagai Panitia Teknis) dan ditetapkan oleh BSN (Badan Standardisasi Nasional). Serta yang dimaksud dengan PBI adalah Peraturan Beton Bertulang Indonesia.

### 2.5.1 Kait Standart

Istilah “kait standart” kait yang standart itu harus memnuhi standart SNI 2847-2019 yang tertera pada Gambar 2.1.

Tipe Kait standar	Ukuran batang	Diameter sisi dalam bengkokan minimum	Perpanjangan lurus <sup>[1]</sup> $\ell_{ext}$ , mm	Tipe kait standar
Kait 90 derajat	D10 hingga D16	$4d_b$	Terbesar dari $6d_b$ dan 75 mm	
	D19 hingga D25	$6d_b$	$12d_b$	
Kait 135 derajat	D10 hingga D16	$4d_b$	Terbesar dari $6d_b$ dan 75 mm	
	D19 hingga D25	$6d_b$		
Kait 180 derajat	D10 hingga D16	$4d_b$	Terbesar dari $4d_b$ dan 65 mm	
	D19 hingga D25	$6d_b$		

Gambar 2. 1 Kait Standar Pembesian

### 2.5.2 Batas Spasi Untuk Tulangan

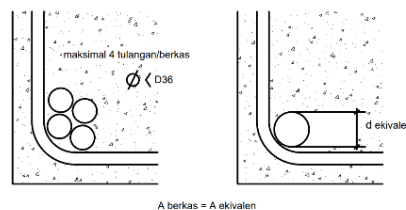
Spasi jarak tulangan berfungsi sebagai pembatas jarak tulangan minimal saat pengecoran beton agar tidak mengalami keropos. Dengan maksud untuk gaya-gaya yang bekerja tersebar dengan merata.

Syarat-syarat spasi jarak tulangan :

1. Spasi bersih minimum antara batang tulangan yang sejajar dalam suatu lapis harus sebesar  $d_b$ , tetapi tidak kurang dari 25 mm.
2. Bila tulangan sejajar tersebut diletakkan dalam dua lapis atau lebih, tulangan pada lapis atas harus diletakkan tepat di atas tulangan di bawahnya dengan spasi bersih antar lapis tidak boleh kurang dari 25mm.
3. Pada komponen struktur tekan bertulang spiral atau pengikat, jarak bersih antar tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari  $1,5d_b$  atau kurang dari 40 mm.
4. Batasan jarak bersih antar batang tulangan harus juga berlaku pada jarak bersih antara sambungan lewatan bersentuhan dan sambungan batang lewatan batang tulangan yang berdekatan.

5. Pada dinding dan slab selain dari konstruksi balok jois beton, tulangan lentur utama harus berspasi tidak lebih jauh dari tiga kali tebal dinding atau slab, ataupun tidak lebih jauh dari 450 mm.

Jarak bersih antar tulangan pada berkas tulangan persyaratannya seperti juga pada persyaratan di atas hanya saja diameternya didapat dari luas ekuivalen penampang gabungan.



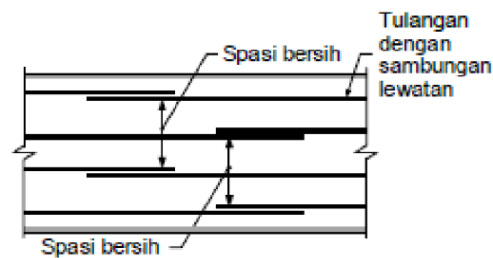
Gambar 2. 2 Jarak bersih antar tulangan

## 2.6 Sambungan Penulangan

Menurut (Badan Standardisasi Nasional, 2019), keterhubungan tulangan seharusnya memenuhi syarat kombinasi beban yang terpengaruh. Umumnya, kombinasi ini akan menentukan rancangan, namun kombinasi tersebut juga mempengaruhi beban angin atau gempa yang menyebabkan kondisi tarik pada tulangan. Setiap rancangan wajib dirancang untuk menanggulangi gaya tarik maksimum pada tulangan. Terdapat beberapa teknik dalam penyambungan tulangan, antara lain:

### 2.6.1 Sambungan Lewatan

Berdasarkan (Badan Standardisasi Nasional, 2002) sambungan lewatan tulangan ulir harus menggunakan lewatan 48 *ld*. Sambungan lewatan harus sesuai dengan ketentuan yang ada pada (Badan Standardisasi Nasional, 2002) yang dibagi menjadi 3 yaitu sambungan pada kondisi tekan, sambungan pada kolom, dan sambungan pada kondisi tarik. Berikut adalah contoh sambungan lewatan seperti pada Gambar 2.3 Sambungan tulangan



Gambar 2. 3 Sambungan tulangan

### 2.6.2 Sambungan Mekanis

Berdasarkan (Murtadho et al., 2023), sambungan coupler atau yang dikenal sebagai sambungan mekanis memiliki sejumlah keuntungan dibanding sambungan lewatan, antara lain:

- Penggunaan besi lebih efisien dan mendukung konsep konstruksi ramah lingkungan
- Kekuatan struktur lebih terjamin
- Mempercepat proses pekerjaan

Untuk contoh model sambungan mekanis seperti pada Gambar 2.4 .



Gambar 2. 4 Sambungan Mekanis  
(Sumber : Murtadho et al., 2023)

## 2.7 Waste Material

Material limbah adalah bahan yang tidak bisa digunakan lagi dalam proyek dan tidak termasuk dalam struktur bangunan. Dampak dari material limbah adalah penggunaan material proyek yang tidak efektif serta peningkatan jumlah limbah di area proyek (Bensholomo,2023). Material limbah dalam konstruksi dapat dihitung dengan metode berikut. :

- Menghitung kuantitas *waste* proyek dengan cara  

$$\text{Waste proyek} = \text{pembelian material} - \text{stok material} - \text{kebutuhan material} \dots\dots(1)$$
- Menghitung nilai waste tertinggi menggunakan metode waste level

$$Waste\ Level = \frac{Volume\ Waste}{Volume\ Material\ tersedia} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

dimana: vol. waste = vol. kebutuhan material – volume material yang digunakan

Menurut (Intan s, 2005) pada kutipan menurut Skoyles, 1976 *Construction Waste* dapat dibagi ke dalam dua tipe berdasarkan kategorinya, yaitu direct waste dan indirect waste.

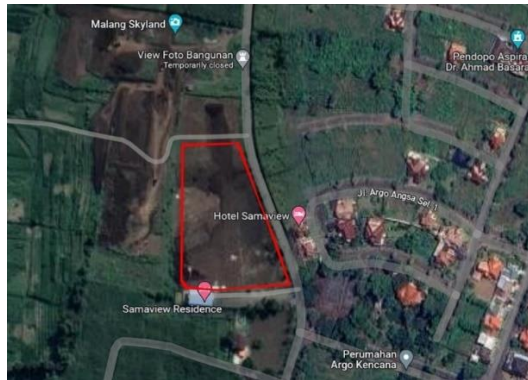
- a. *Direct waste* merupakan hasil sisa material yang muncul di lokasi proyek akibat kerusakan dan tak bisa digunakan lagi. Ini meliputi limbah dari pengiriman, penyimpanan di lokasi, limbah akibat konversi, limbah perbaikan, limbah pemotongan, limbah aplikasi dan residu, limbah akibat tindakan kriminal, limbah akibat penggunaan yang salah, serta limbah dalam manajemen.
- b. *Indirect waste* merupakan sisa material yang muncul dalam bentuk kerugian finansial, disebabkan oleh penggunaan material yang melebihi perkiraan, dan tidak ada sisa material secara fisik yang tertinggal di lokasi. *Indirect waste* ini dapat dikelompokkan menjadi tiga tipe, yaitu limbah substitusi, limbah produksi, dan limbah akibat kelalaian.

Adapun cara pengendalian waste pembesian dengan mengefisiensikan pemotongan besi itu sendiri. Menurut (M. Kork , 2013) Perencanaan dapat dilakukan dengan menggunakan pendekatan pemrograman linear simplex, yang dapat mengalokasikan besi yang telah dipotong untuk memenuhi kebutuhan bagian besi lainnya dengan pembatasan sumber daya yang ada. Menurut (Meinarwati ,2022) Penerapan metode simplex untuk mencapai optimalisasi dapat dilaksanakan dengan menggunakan fitur Add-in Solver pada Microsoft Excel atau dengan memanfaatkan Software Cutting Optimization Pro.

## BAB 3. METODOLOGI

### 3.1 Objek dan Lokasi Penelitian

Objek penelitian ini adalah bangunan Gedung Apartemen *Samaview* Malang. Bangunan Gedung Apartemen *Samaview* dibangun pada 2022. Lingkup studi titik beratkan pada perhitungan pembesian struktur kolom, balok, pilecap, T.beam dan pelat lantai. Tempat penelitian berada di Apartemen *Samaview* berlokasi di Jalan Wonokoyo No.45-47, Leban, Tawangargo, Kec. Karang Ploso, Kabupaten Malang, Jawa Timur .



Gambar 3. 1 Lokasi Penelitian Samaview Residence, Malang

### 3.2 Jenis dan Sumber Data

Jenis dan Sumber data untuk mendukung perhitungan ini dibagi menjadi 2 data yaitu :

#### 3.2.1 Data Primer

Data primer adalah informasi yang dikumpulkan langsung dari objek penelitian melalui metode seperti wawancara atau observasi di lapangan. Data yang dicari dengan tujuan mengetahui cara fabrikasi penulangan, standart penulangan, dan mekaniseme perhitungan yang ada dilapangan.

#### 3.2.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah informasi yang telah tersedia, yang jelas keasliannya karena data ini diperoleh dari aktivitas sehari-hari dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Berikut data-data yang dibutuhkan dalam perhitungan penelitian ini :

- a. *Shop drawing*, digunakan untuk proses pemodan dan pengidentifikasian guna pengelompokan jenis-jenis pekerjaan konstruksi

### 3.3 Software Pendukung Penelitian

Untuk mendukung penelitian ini, software yang digunakan adalah Revit dan Microsoft Excel. Dengan menggunakan Microsoft Excel, dapat menghitung jumlah los besi yang diperlukan dan kombinasi penggunaan aplikasi *Software Cutting Optimization Pro* guna mengoptimalkan pemotongan pada satu los besi. Dengan diterapkan Analisa ini guna menghindari kesalahan dalam proses pelaksanaan pembesian serta pengendalian *waste* yang berlebih.

### 3.4 Prosedur Penelitian

Berikut ini adalah tahapan dalam yang diambil dalam penelitian ini

#### 3.4.1 Studi Literatur

Pada tahap ini, melakukan studi literatur dari paper tugas akhir dan buku untuk memahami evaluasi pembesian pada gedung apartemen. Analisa perencanaan dilakukan mulai dari penentuan jumlah besi sampai faktor *waste* yang mempengaruhi perencanaan pembesian pada apartemen samaview, Malang.

#### 3.4.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini, data data yang diperoleh dari Proyek Apartemen Samaview meliputi :

##### a. *Shop drawing*

Berdasarkan observasi langsung dan gambar *shop drawing* yang diperoleh dari proyek pembangunan gedung Apartemen Samaview Malang menggunakan besi ulir dengan ukuran  $\emptyset 8$ ,  $\emptyset 10$ , D8, D10, D13, D16, D19, D22, D25, dan D29. Untuk plat lantai menggunakan *wiremesh* D8.

#### 3.4.3 Pengolahan Data

Setelah mendapatkan data yang telah dijelaskan sebelumnya, selanjutnya adalah permodelan, kemudian pengolahan *BBS* dengan excel untuk output yang dicapai pengolahan data ini ialah *Quantity Take Off*.

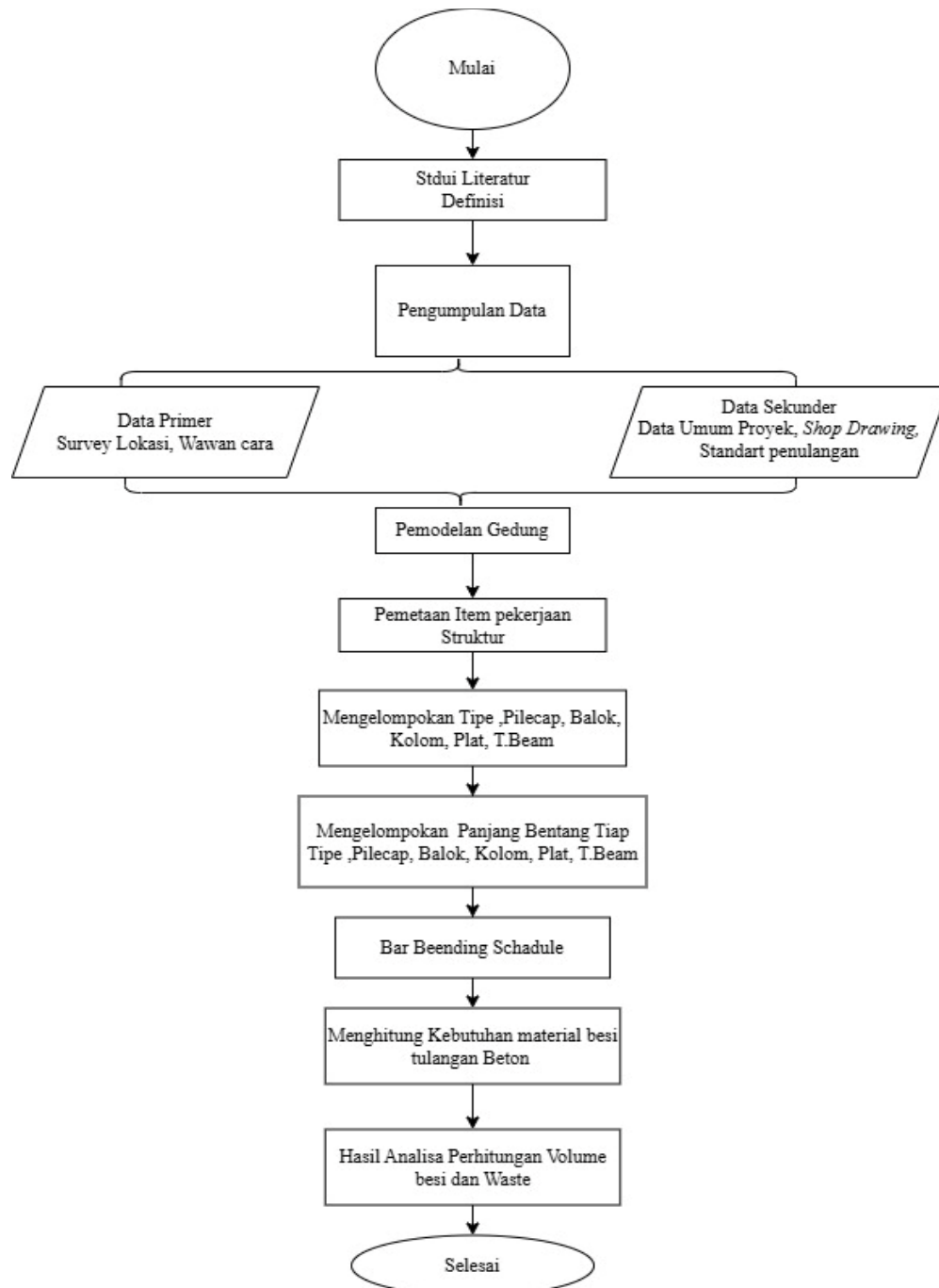
#### 3.4.4 Perhitungan *Waste*

Perhitungan sampah pada tulangan besi menggunakan program bantu Microsoft Excel untuk menghitung jumlah los besi yang diperlukan dan

penggunaan Cutting Optimization Pro guna mendapatkan kombinasi pemotongan dalam satu los besi menghasilkan jumlah bahan buang yang paling rendah.

### 3.5 Diagram Penelitian

Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.2 sebagai berikut :



Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian

## BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

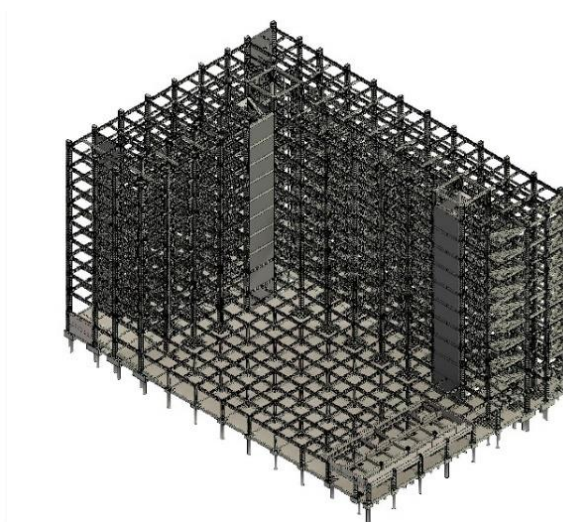
### 4.1 Data Proyek yang Ditinjau

Berikut adalah gambaran umum dari proyek pengembangan Apartemen Samaview Karang Ploso, Malang :

- 1 Nama Proyek : Pembangunan Gedung Apartemen Samaview  
Jl. Wonokoyo No.45-47, Leban,
- 2 Lokasi Proyek : Tawangargo, Kec. Karang Ploso, Kabupaten Malang, Jawa Timur
- 3 Jenis Banguna : Bangunan Gedung Hunian
- 4 Jumlah Lantai : 12 Lantai
- 5 Luas Total Banguna : 5.452m<sup>2</sup>

### 4.2 Pemodelan Struktur

Pemodelan struktur ini dimaksudkan untuk mengetahui struktur dalam bentuk keseluruhan. Visual ini mempermudah dalam pemodelan tulangan dan mempermudah dalam pengelompokan tipe balok kolom, plat, T.Beam dan pilecap. Berikut hasil pemodelan dapat dilihat pada Gambar 4.1

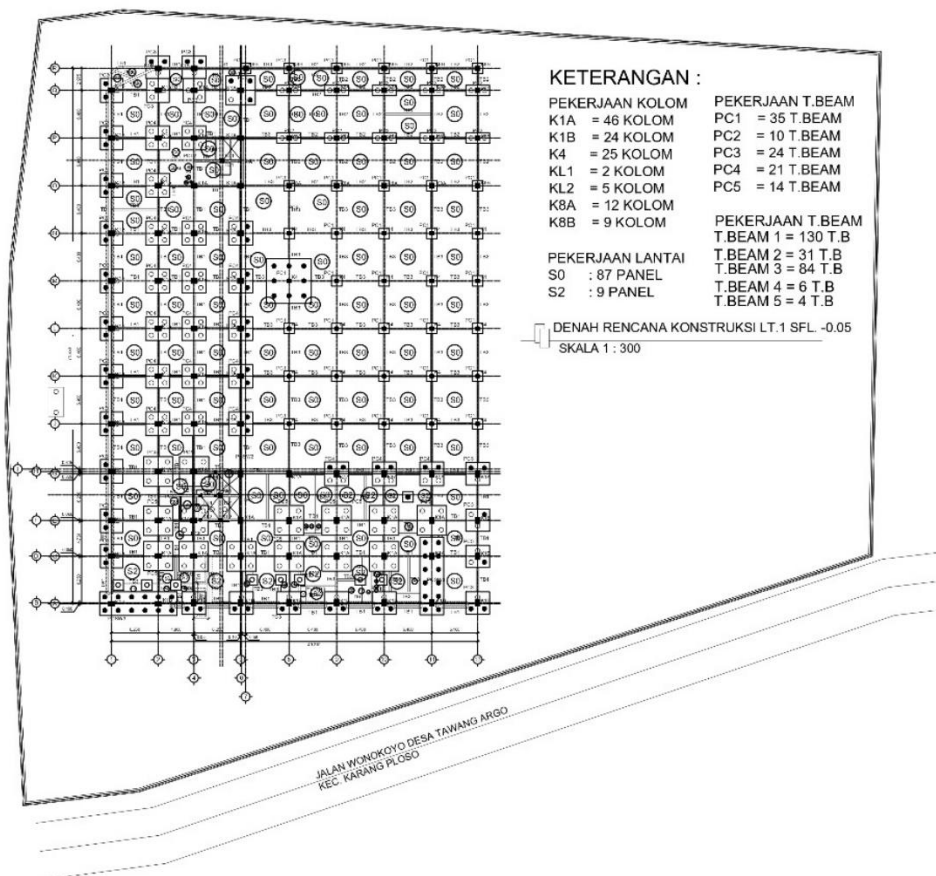


Gambar 4. 1 Pemodelan Struktur menggunakan Revit

(Sumber : Olah Pribadi, 2024)

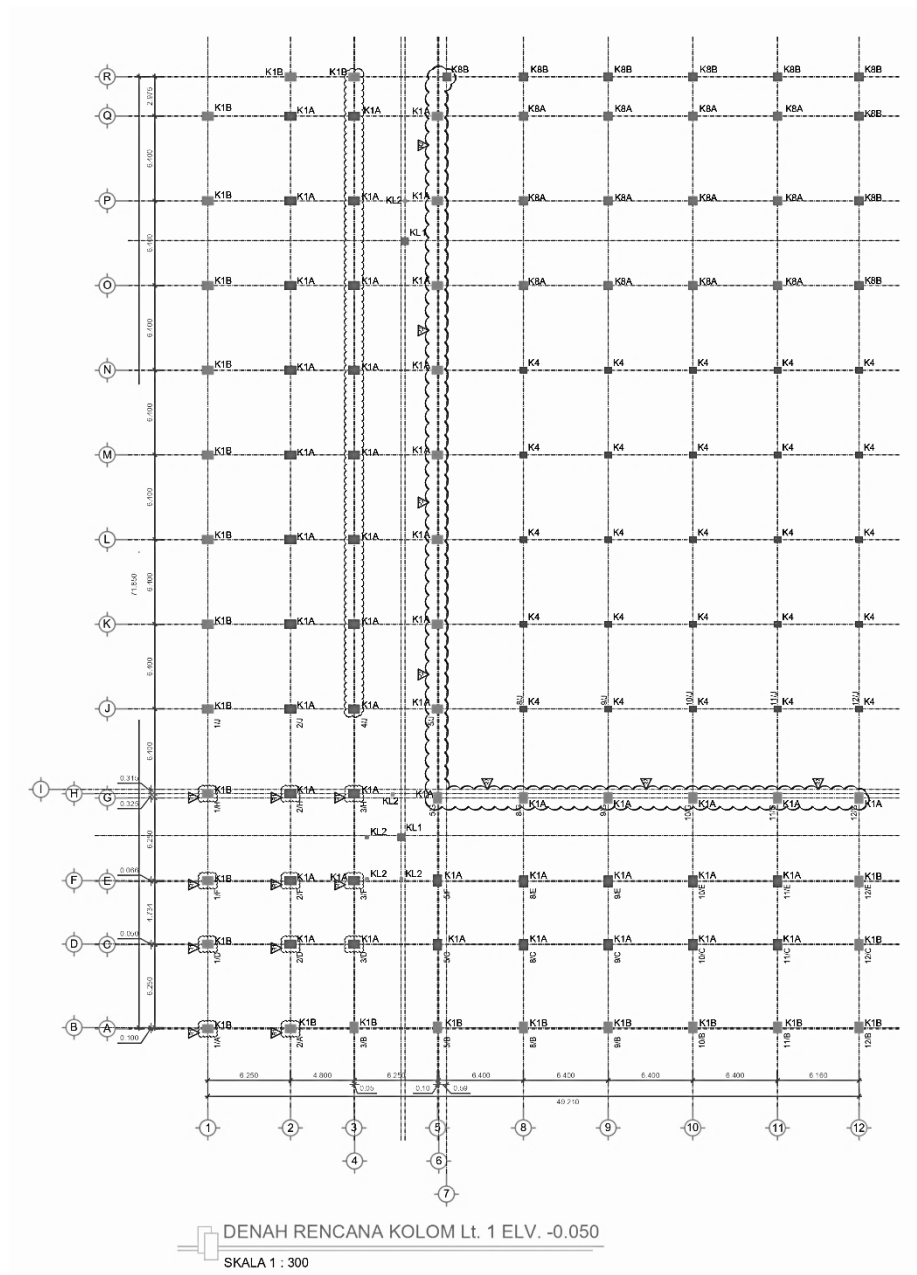
### 4.3 Pengelompokan Item Konstruksi Pekerjaan

Pengelompokan ini dilakukan guna membuat peta konstruksi yang mana untuk mengidentifikasi item pekerjaan konstruksi disetiap lantai-nya. Pengelompokan ini dengan cara membuat denah konstruksi pekerjaan struktur masing-masing. Adapaun contoh dari pengelompokan ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan juga dengan lampiran 1 mengenai pengelompokan item konstruksi.



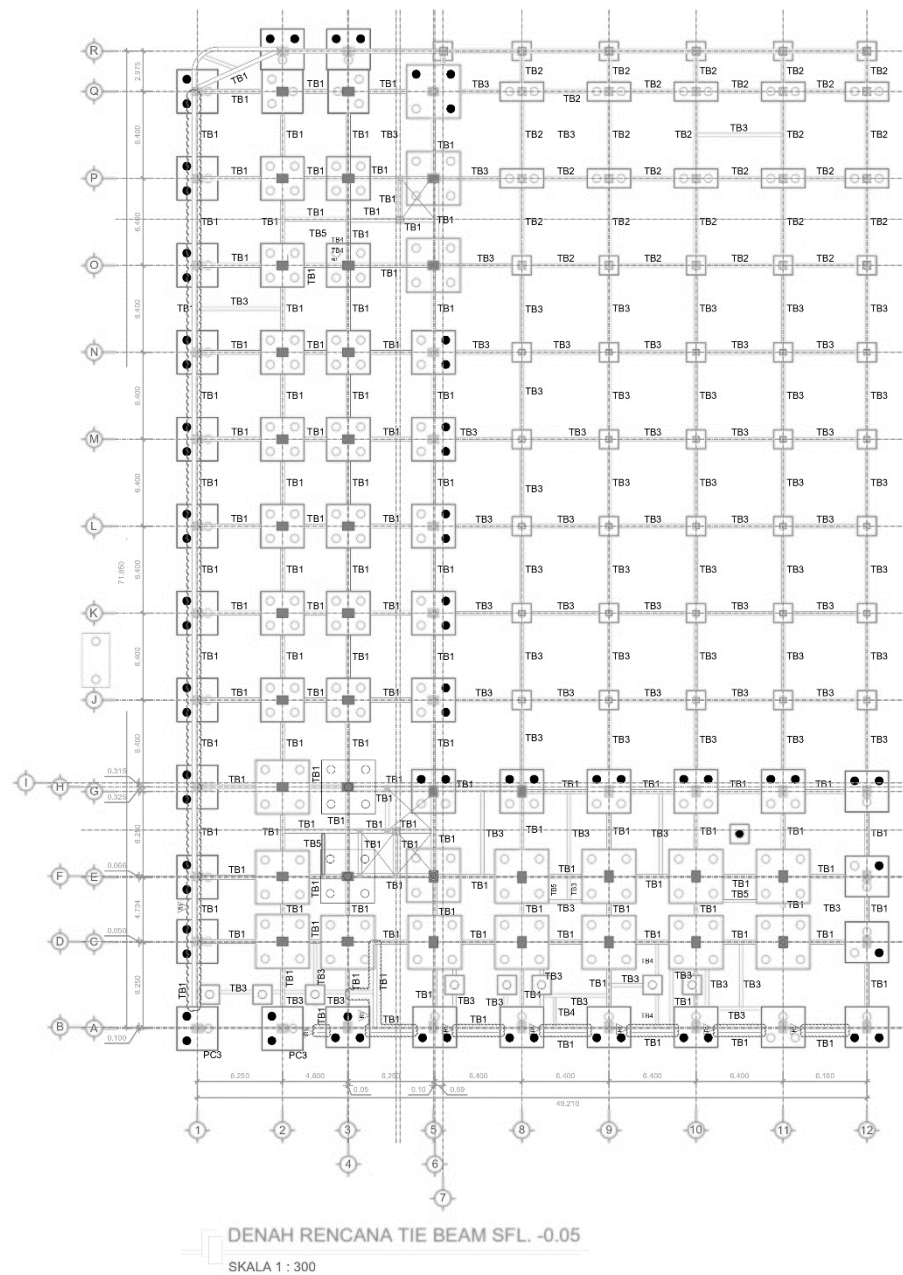
Gambar 4. 2 Peta Pekerjaan Struktur  
(Sumber : Olah Pribadi, 2024)

Dari denah konstruksi pada Gambar 4.2 dapat diidentifikasi dengan pengelompokan denah setiap item pekerjaannya dengan, dengan contoh seperti Gambar 4.3 detail denah rencan kolom lantai 1. Adapun item pekerjaan yang sama pada Lampiran 1.



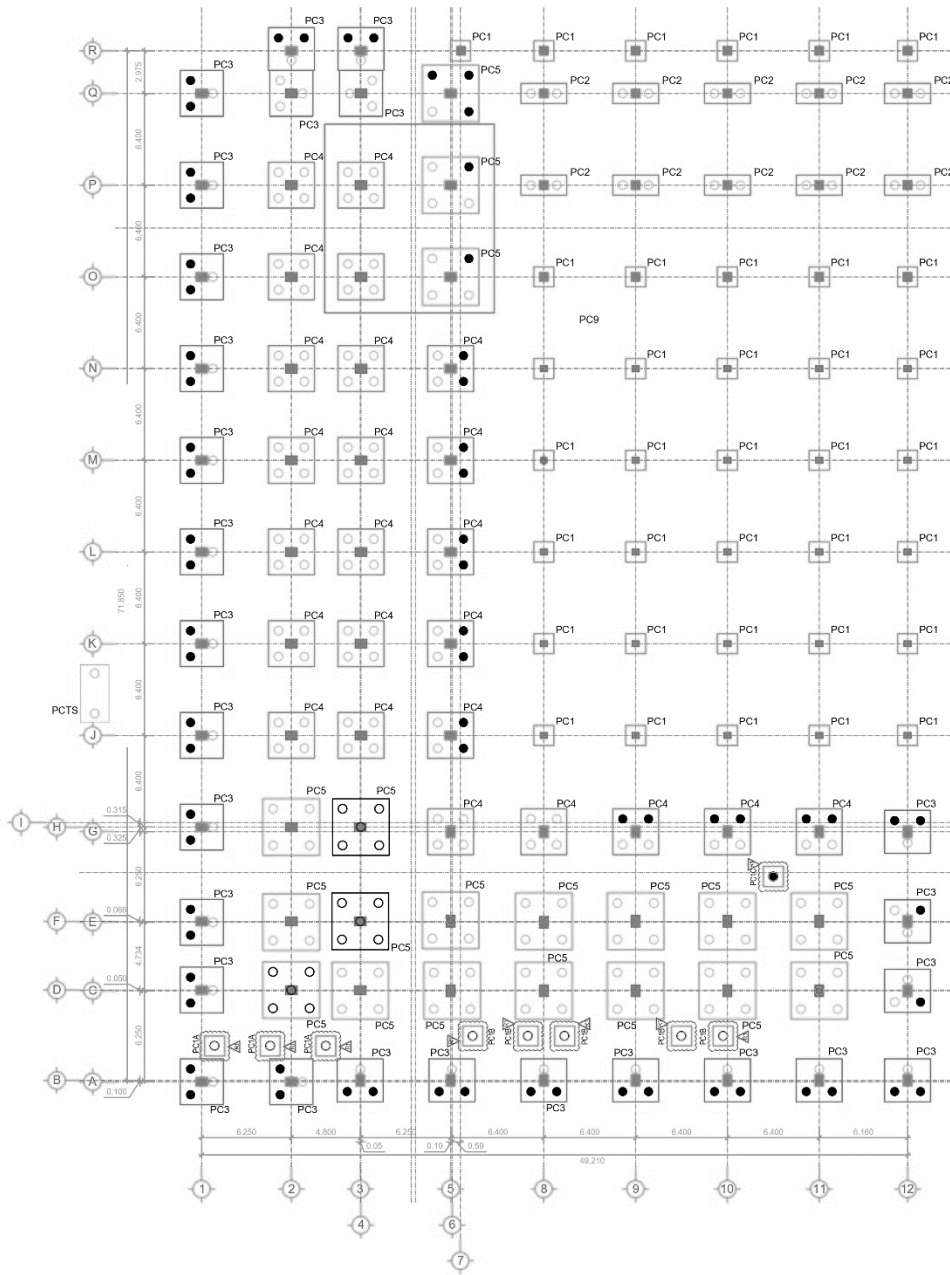
Gambar 4. 3 Peta Pekerjaan Kolom lantai.1

Denah Pengerjaan Pilecap Pada Lantai 1 Elv. -0,05 dapat dilihat pada Gambar 4.4 dibawah ini.



Gambar 4. 4 Peta Pekerjaan Tie Beam Lantai.1

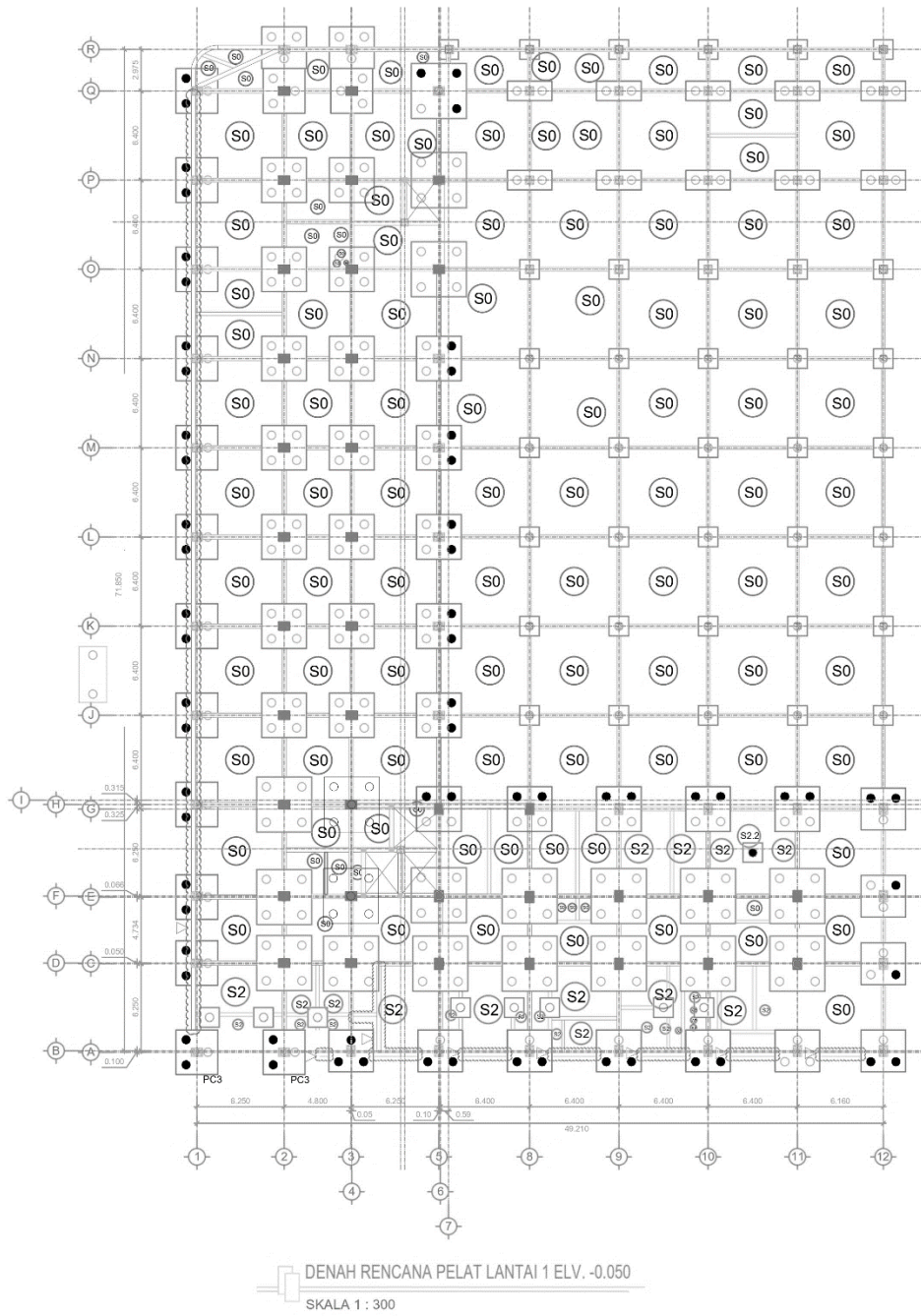
Adapun pekerjaan pilecap yang ditunjukkan dengan Gambar 4.5



DENAH RENCANA FONDASI PILE CAP  
SKALA 1 : 300

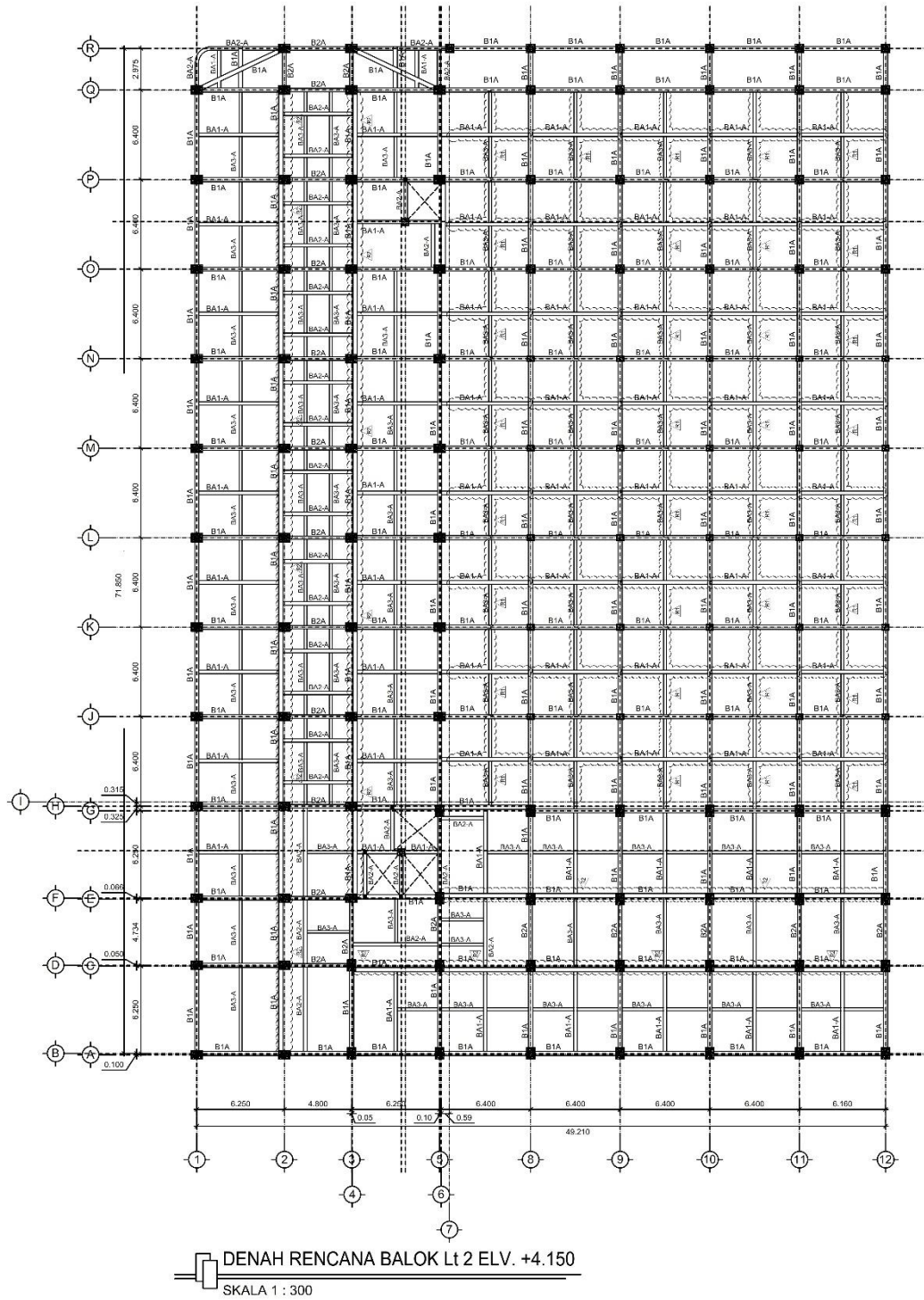
Gambar 4. 5 Peta Pekerjaan Pile Cap Lt.1

Dan berikut pekerjaan plat lantai yang ada pada lantai 1, dapat dilihat pada Gambar 4.6 dibawah ini



Gambar 4. 6 Peta Pekerjaan Plat Lantai.1

Namun ada pula pekerjaan balok yang dikerjakan pada lantai 2 dengan lantai ke-atas selanjutnya dengan contoh peta pekerjaan sebagai berikut:



Gambar 4. 7 Peta Pekerjaan Balok Lantai.2

Adapun identifikasi jenis dan tipe struktur pada pekerjaan lantai 1 dapat dilihat pada Tabel 4.1 sebagai berikut :

**Tabel 4. 1 Identifikasi Pekerjaan Lantai 1**

**PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 1**

Jenis Pekerjaan	Tipe Pekerjaan	Jumlah Pekerjaan
PILE CAP	PC1	35
	PC2	10
	PC3	24
	PC4	21
	PC5	14
T.BEAM	TB1	130
	TB2	31
	TB3	84
	TB4	6
	TB5	4
KOLOM	K1A	46
	K1B	24
	KL1	2
	KL2	5
	K4	25
	K8A	12
	K8B	9
PLAT	S0	87
	S2	9

Dari Tabel 4.1 didapatkan item pekerjaan pada lantai 1 saja dengan total jenis pile cap 104 pekerjaan, T.beam 255 pekerjaan, kolom 123 pekerjaan, dan plat waremesh 96 pekerjaan.

Adapun pekerjaan balok yang ada pada lantai 2 dengan identifikasi tabel sebagai dibawah berikut :

**Tabel 4. 2 Identifikasi Pekerjaan Balok Lantai.2**

**PEKERJAAN STRUKTUR LANTAI 2**

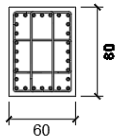
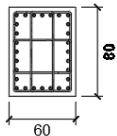
Jenis Pekerjaan	Tipe Pekerjaan	Jumlah Pekerjaan
BALOK	B1A	187
	B2A	19
	BA1-A	69
	BA2-A	29
	BA3-A	95

#### 4.4 Perhitungan Kebutuhan Tulangan

Perhitungan ini guna langkah selanjutnya untuk mengetahui volume kebutuhan pembesian disetiap item pekerjaan struktur, dengan contoh perhitungan kebutuhan pembesian pada Lantai 1. adapun perhitungan kebutuhan tulangan ini dapat dilihat pada Lampiran 2.

##### 4.4.1 Perhitungan Volume Pembesian Kolom

Berdasarkan identifikasi pada Tabel 4.1, maka detail tulangan untuk kolom K1A ditunjukkan pada Gambar dibawah ini serta detail pekerjaan lantai 1 dapat dilihat pada lampiran 2.

TYPE	K1A (60/80)	K1B (60/80)		
				
DIMENSI	600 x 800	600 x 800		
TUL. UTAMA	28 D29		24 D29	
SENGKANG	TUMPUAN	LAPANGAN	TUMPUAN	LAPANGAN
	2 D13 - 100	2 D13 - 125	2 D13 - 100	2 D13 - 125

Gambar 4. 8 Detail Tulangan Kolom K1A

(Sumber : Olah Pribadi, 2024)

Adapun detail perhitungan dari penulangan pada contoh Kolom K1A dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan dapat dilihat pada Lampiran 2 untuk semua perhitungan item pekerjaan.



Hasil rekapitulasi pada kolom K1A dapat ditunjukkan pada Tabel 4.3, Adapun hasil rekapitulasi item pekerjaan kolom Lantai 1 dapat dilihat pada Lampiran 2 dibawah ini.

Tabel 4. 3 Hasil Perhitungan Kolom KA1 Lantai 1  
REKAPITULASI KEBUTUHAN BESI KOLOM LT.1

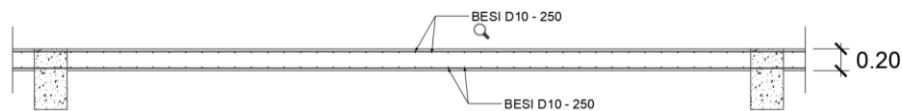
TIBE	DIAMETER BESI	PANJANG TOTAL (m)	TOTAL BERAT (KG)
K1A	D29	8614,14	44664,34
	D13	6411,70	6680,99

(Sumber : Olah Pribadi, 2024)

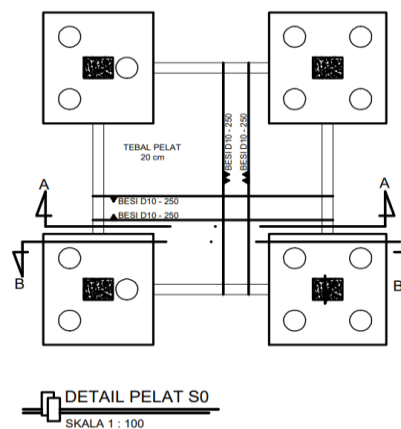
Hasil rekapitulasi dicontohkan pada item pekerjaan kolom K1A pada seluruh lantai dibutuhkan besi D13 sejumlah 290 lonjor belum termasuk dari *waste* dan besi D29 390 lonjor belum termasuk *waste*.

#### 4.4.2 Perhitungan Volume Pembesian Plat

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 4.1 diatas, maka detail tulangan untuk Plat dengan tipe S0 ditunjukkan pada Gambar 4.10 dibawah ini.



Gambar 4. 10 Detail Tulangan Plat Lantai S0



Gambar 4. 11 Detail Tulangan Plat S0



Hasil rekapitulasi pada pekerjaan plat Lantai 1 dapat ditunjukkan pada Tabel 4.4 . Adapun hasil rekapitulasi pekerjaan jenis plat pada lantai 1 dapat dilihat pada Lampiran 2 dibawah ini.

Tabel 4. 4 Hasil Perhitungan Plat Lantai 1

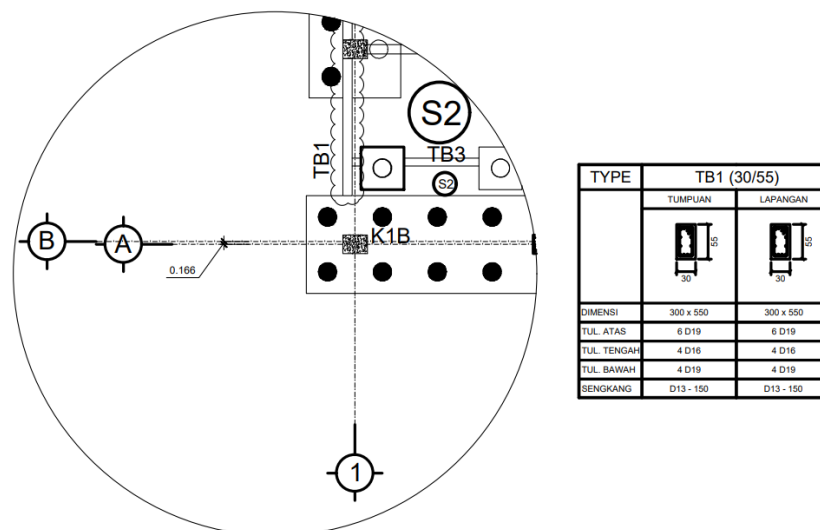
TIPE	DIAMETER BESI	PANJANG TOTAL (m)	TOTAL BERAT (KG)
SO.A	D8	654,55 m	258,55 kg
SO.B	D8	909,31 m	359,18 kg

(Sumber : Olah Pribadi, 2024)

Dari perhitungan diatas dapat dihasilkan jumlah kebutuhan besi plat lantai yaitu, besi D8 Dengan item pekerjaan S0.A besi D8 654,55 m dan S0.B dengan Panjang 909,31 m.

#### 4.4.3 Perhitungan Volume Pembesian Tie Beam

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 4.1 diatas, maka detail tulangan untuk Plat dengan tipe Tie Beam 1 ditunjukkan pada Gambar 4.10



Gambar 4. 13 Detail Tie beam

Dengan detail bending sketsa dari setiap detail penulangan pada Tie Beam 1 ditunjukkan pada Gambar 4.14.

<p style="text-align: center;"><b>TB1</b></p>											
TYPE		VOL. BETON		VOL. BESI POLOS		VOL. BESI ULUR		VOL. BESI ULUR		VOL. BESI POLOS	
: TB TYPE S 1		: 0,52 m3		: 0,00 m3		: 0,00 kg		: 211,37 kg		: 0,00 m2	
DIMENSI		TOT. VOL. BETON		TOT. VOL. BESI POLOS		TOT. VOL. BESI ULUR		TOT. VOL. BESI ULUR		TOT. VOL. BESI POLOS	
: 0,3 x 0,35 x 6,40		: 0,52 m3		: 0,00 kg		: 0,00 kg		: 211,37 kg		: 0,00 m2	
Jumlah		TOT. BESI POLOS		TOT. BESI ULUR		TOT. BESI ULUR		TOT. BESI ULUR		TOT. BESI POLOS	
: 1 BH		: 0,00 m2		: 211,37 kg		: 0,00 m2		: 211,37 kg		: 0,00 m2	
SEKUT BETON		TOT. BESI POLOS		TOT. BESI ULUR		TOT. BESI ULUR		TOT. BESI ULUR		TOT. BESI POLOS	
: 0,00		: 0,00 m2		: 211,37 kg		: 0,00 m2		: 211,37 kg		: 0,00 m2	
DIAMETER BESI		BENDING / SKET		A		B		C		D	
TUL ATAS		A		0,10 m		7,190 m		0,10 m			
6 D 16		B								7,38 m	
		C								6 Bh	
										44,29 m	
										1,576 kg	
										69,89 kg	
TUL BAWAH		A		0,10 m		7,190 m		0,10 m			
4 D 16		B								7,38 m	
		C								4 Bh	
										26,53 m	
										1,576 kg	
										46,60 kg	
TUL TENGAH		A		0,10 m		7,190 m		0,10 m			
4 D 16		B								7,38 m	
		C								4 Bh	
										26,53 m	
										1,576 kg	
										46,60 kg	
SENGKANG		A		0,08 m		0,22 m		0,47 m		0,08 m	
D 13 - 150		B								1,54 m	
		C								21 Bh	
		D								32,77 m	
		E								1,042 kg	
		F								34,14 kg	
SENGKANG LAPANGAN		A		0,08 m		0,22 m		0,47 m		0,08 m	
D 13 - 150		B								1,54 m	
		C								21 Bh	
		D								32,77 m	
		E								1,042 kg	
		F								34,14 kg	
										211,37 kg	
										0,00 kg	

Gambar 4. 14 Detail Perhitungan Tulangan T.Beam 1

Hasil rekapitulasi pada pekerjaan tie beam lantai 1 elv -0,5 dapat ditunjukkan pada Tabel 4.5, adapun hasil rekapitulasi pekerjaan jenis plat pada lantai 1 dapat dilihat pada lampiran 2 dibawah ini.

Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan TB 1 Lantai.1 Elv -0,50

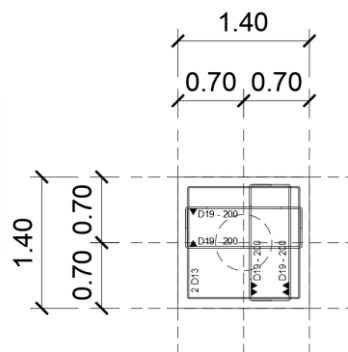
REKAPITULASI KEBUTUHAN BESI T.BEAM LT.1

TIBE	DIAMETER BESI	PANJANG TOTAL (m)	TOTAL BERAT (KG)
TB1	D16	6537,03	10315,43
	D13	4577,38	4769,63

Hasil perhitungan pada lantai 1 pada item pekerjaan TB 1 dibutuhkan total Panjang besi D16 sejumlah 6.537,03 m dan D13 sepanjang 4577,38 m. Adapun jumlah total TB dapat dilihat pada Lampiran 2.

#### 4.4.4 Perhitungan Volume Pembesian Pile Cap Lt.1 Elv -0,50

Selanjutnya dari Tabel 4.1, terdapat pekerjaan pilecap. maka detail tulangan untuk Pile cap dengan tipe PC1 dapat dilihat pada Gambar 4.15



Gambar 4. 15 Detail Penulangan PC 1

Dari detail penulangan di atas dapat dilanjutkan dengan perhitungan guna mendapatkan volume keutuhan penulangan, hasil dari perhitungan PC1 dapat dilihat pada Gambar 4.16 . Adapun detail bending dan sketsa penulangan dapat dilihat pada Lampiran 2.



Hasil dari perhitungan keseluruhan Pile cap dapat dilihat pada Tabel 4.6 dibawah ini, serta hasil perhitungan seluruh pilecap dapat dilihat pada Lampiran 2.

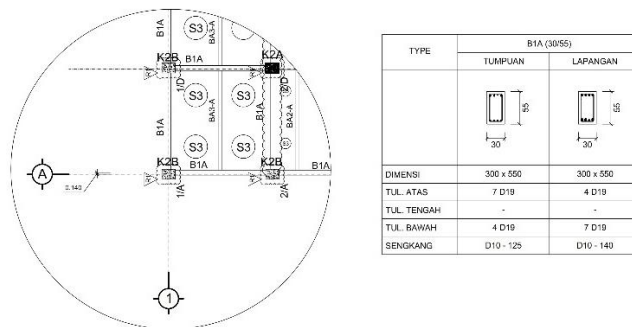
Tabel 4. 6 Hasil Perhitungan Penulangan Pada Pile Cp PC 1

Hasil Perhitungan PC 1			
TIPE	DIAMETER	PANJANG	TOTAL
	BESI	TOTAL (m)	BERAT (kg)
PC1	D19	2136,96	4556,00
	D13	434,56	436,30

Hasil dari perhitungan diatas didapatkan kebutuhan besi pada item pekerjaan Pile Cap 1 dengan kebutuhan besi D19 sepanjang 2.136,96 m dan besi D13 sepanjang 434,56 m.

#### 4.4.5 Perhitungan Volume Pembesian Balok

Adapun pekerjaan balok seperti pada Tabel 4.2 pekerjaan item konstruksi balok, maka perhitungan balok dapat dilakukan dengan meninjau detail yang ada seperti gambar dibawah berikut ini :



Gambar 4. 17 Detail Penulangan Balok Lt.2

Dari detail penulangan diatas dapat dilakukan perhitungan dengan contoh item pekerjaan balok B1A pada Lantai 2, dapat dilihat dengan sketsa pembesian seperti gambar dibawah ini :



Hasil Perhitungan pada balok lantai.2 ini dapat dilihat pada tabel berikut, dan juga perhitungan balok kesuruhan dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 4. 7 Hasil Perhitungan Penulangan Balok B1A

Rekapitulasi Perhitungan Balok B1A Lt.2`			
TIPE	Diameter Besi	Panjang Total (m)	Berat Besi (kg)
B1A	D10	10501,38	6479,353
	D19	10362,74	23067,45

Hasil dari perhitungan balok diatas didapatkan besi dengan diameter D10 sepanjang 10.501,38 m dan D19 sepanjang 10.362,74 m.

#### 4.5 QTO (*Quantity Take Off*)

*Quantity Take Off* bertujuan untuk menampilkan volume pekerjaan pembesian. Volume tersebut didapatkan dari hasil perhitungan BBS setiap item pekerjaan. Dari hasil quantity take off didapatkan volume total pembesian. Berikut contoh hasil *quantity take off* dari perhitungan item pekerjaan pada Tabel 4.8 dibawah ini dan hasil quantity take off terdapat pada Lampiran 2.

Tabel 4. 8 *Quantity Take Off BBS*

DIAMETER BESI	Bar Length (mm)	Quantity (pcs)	KET
D13	2636	680	K6A LT.12

(Sumber : Olah Pribadi)

#### 4.6 Rekapitulasi Kebutuhan Tulangan

Rekapitulasi ini bertujuan untuk menampilkan volume pekerjaan keseluruhan pembesian. Volume dapat dihasilkan dari perhitungan *BBS*, Berikut hasil perhitungan kebutuhan volume lantai 1 pada Tabel 4.9.

Tabel 4. 9 Rekapitulasi Kebutuhan Penulangan LT.1

<b>DIAMETER BESI (mm)</b>	<b>PANJANG TOTAL (m)</b>	<b>BERAT TOTAL (kg)</b>
D10	4091	2524,353695
D13	31165	32473,87332
D16	9348	14750,94202
D19	18015	40100,74891
D22	9130	27244,64093
D25	1749	6739,82172
D29	13192	68401,51552
D8	56188	22194,23762
ø10	166	102,2986
ø8	48	18,96

(Sumber : Olah Pribadi, 2024)

Dari data diatas hasil kebutuhan tulangan pekerjaan struktur pada Lantai 1. Adapun rekapitulasi perhitungan kebutuhan tulangan dengan mengelompokkan sesuai dengan ukuran diameter besi tulangan per item pekerjaan, seluruh lantai yang dapat dilihat pada tabel 4.10 dibawah ini.

Tabel 4. 10 Hasil Rekapitulasi Kebutuhan Penulangan Keseluruhan

<b>DIAMETER BESI</b>	<b>PANJANG BESI YANG DIBUTUHKAN (M)</b>	<b>BERAT BESI (KG)</b>
ø8	540	213,3
ø10	1.764	1.088,388
D8	57.684	2.2785,18
D10	330.360	203.832,12
D13	142.548	148.535,016
D16	77.640	122.515,92
D19	58.320	129.820,32
D22	23.832	71.114,688
D25	11.652	44.895,156
D29	51.216	265.554,96

(Sumber : Olah Pribadi, 2024)

#### 4.7 Analisa Waste Penulangan

Dari hasil *qto* bar beending schedule, maka akan didapatkan *bar length* yang digunakan sebagai pola pemotongan los besi 12 meter, yang dimana 12 meter merupakan besi yang tersedia dipasaran, dengan contoh pada tabel 4.8 dibawah ini adalah contoh pola pemotongan dan kuantitas besi yang dibutuhkan. Dapat

dihasilkan setiap lantai terdapat *waste* dari total jumlah kebutuhan tulangan pada Lantai 2. Tabel 4.11 menunjukkan Pola Pemotongan besi. Adapun untuk pola pemotongan besi pada lantai 2-12 dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 4. 11 Pola Pemotongan 1 Los Besi

Panjang (mm)	Bahan	Kuantitas	Sisa (mm)	Pemotongan (mm)
12000	D16	14	0	(6200; TB.3); (5800; TB.1);

Pada Tabel 4.11 didapatkan pola potongan setiap los besi 12 meter. Dari hasil ini didapatkan kebutuhan besi dan sisa *waste* yang tidak terpakai kemudian direkap ,seperti pada Tabel 4.12 :

Tabel 4. 12 Kebutuhan Hasil Kebutuhan Terpakai dan Panjang *Waste*

DIAMETER BESI	PANJANG BESI YANG DI BUTUHKAN (M)	BERAT BESI (KG)	PANJANG WASTE HASIL POTONGAN (M)
ø8	540	213,3	30,816
ø10	1764	1088,388	338,2
D8	57684	22785,18	1489,89
D10	330360	203832,12	2157,84
D13	142548	148535,016	1943,154
D16	77640	122515,92	2101,43
D19	58320	129820,32	342,349
D22	23832	71114,688	1020,744
D25	11652	44895,156	781,83
D29	51216	265554,96	3625,088

(Sumber : Olah Pribadi, 2024)

Perhitungan Kebutuhan Los Besi :

$$\begin{aligned}
 \text{Kebutuhan los Besi D16} &= (\text{Kebutuhan besi (m)} / 12 \text{ meter}) \\
 &= (77.640 / 12) \\
 &= 6.470 \text{ Batang}
 \end{aligned}$$

Adapun hasil dari perhitungan kebutuhan pembesian dapat dilihat pada Tabel 4.13 sebagai berikut :

Tabel 4. 13 Hasil Perhitungan Kebutuhan Los Besi

DIAMETER BESI	PANJANG BESI YANG DI BUTUHKAN (M)	BERAT BESI (KG)	TOTAL (LOS BAJA)
ø8	540	213,3	45
ø10	1764	1088,388	147
D8	57684	22785,18	4807
D10	330360	203832,12	27530
D13	142548	148535,016	11879
D16	77640	122515,92	6470
D19	58320	129820,32	4860
D22	23832	71114,688	1986
D25	11652	44895,156	971
D29	51216	265554,96	4268

Dari Tabel 4.12 didapatkan Kebutuhan los besi Ø8 sebanyak 45 batang, Ø10 147 batang, D8 sebanyak 4807 batang, D10 27.530 batang, D13 11.879 batang, D16 6.470, D19 4860 batang, D22 1986 batang, D25 971 batang, dan D29 4.268 batang.

#### 4.7.1. Analisa Waste Level

Dari hasil kebutuhan los besi pada *BBS* berdasarkan *shop drawing* didapatkan volume Panjang *waste* material seperti pada Tabel 4.12. Selanjutnya analisa *waste level* untuk mengetahui presentase *waste*, penggunaan besi sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Volume Besi yang terpasang} &= \text{Jumlah Kebutuhan Material} - \text{Jumlah Waste} \\ \text{Material} &= 540 - 30,186 \\ &= 509,184 \text{ m} \end{aligned}$$

Adapun hasil dari perhitungan volume besi yang terpasang guna menghitung presentasi *waste level* dapat dilihat pada Tabel 4.16 sebagai berikut :

Tabel 4. 14 Tabel Rekapitulasi Tulangan yang digunakan

DIAMETER BESI	PANJANG BESI YANG TERPASANG (M)	Berat Besi (KG)
ø8	509,184	201,12768
ø10	1425,8	879,7186
D8	56194,11	22196,67345
D10	328202,16	202500,7327

D13	140604,846	146510,2495
D16	75538,57	119199,8635
D19	57977,651	129058,2511
D22	22811,256	68068,7879
D25	10870,17	41882,76501
D29	47590,912	246758,8787

Dari hasil Tabel 4.13 Telah didapatkan volume besi yang terpasang ,maka dari itu untuk menentukan waste level guna mengetahui persentasi penggunaan pembesia. Dapat dilihat dibawah ini rumus Perhitungan *Waste level* material,dengan contoh pada besi polos diameter 8mm .

$$\begin{aligned}
 \text{Waste level Material} &= \frac{\text{V.kebutuhan besi} - \text{Volume trpasang}}{\text{V.Kebutuhan Besi}} \times 100\% \\
 P_8 &= \frac{1.764 - 1.425,8}{1.764} \times 100\% \\
 &= 2,59 \%
 \end{aligned}$$

Dengan menggunakan rumus di atas, didapatkan hasil perhitungan *waste level* pada keseluruhan penggunaan besi, dapat dilihat pada Tabel 4.15.

Tabel 4. 15 *Waste Level*

DIAMETER BESI	PERSENTASE BESI DIGUNAKAN (%)	PERSENTASE WASTE (%)	TOTAL (%)
ø8	94,29	5,71	100
ø10	80,82	19,18	100
D8	97,41	2,59	100
D10	99,34	0,66	100
D13	98,63	1,37	100
D16	97,29	2,71	100
D19	99,41	0,59	100
D22	95,71	4,29	100
D25	93,29	6,71	100
D29	92,92	7,08	100

(Sumber : Olah Pribadi, 2024)

Dari Tabel 4.10 Didapatkan *waste level* Ø8 sebesar, 5,71 %, Ø10 sebesar 19.18%, D8 sebesar 2,59%, D10 sebesar 0,66%, D13 sebesar 1,37%, D16 sebesar

2,71%, D19 sebesar 0,59%, D22 sebesar 4,29%, D25 sebesar 6,71%, D29 sebesar 7,08% . menunjukkan persentase material yang tidak dapat digunakan.

## BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan *BBS* pada Gedung Apartemen Samaview, Malang yang dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada kegiatan konstruksi di gedung Apartemen Samaview, Malang didapatkan volume kebutuhan material pada pekerjaan pembesian sebesar dengan total Kebutuhan los besi dengan diameter Ø8 sebanyak 45 batang, diameter Ø10 147 batang, besi diameter D8 sebanyak 4807 batang, diameter D10 sebanyak 27.530 batang, D13 sebanyak 11.879 batang, diameter D16 sebanyak 6.470 batang, D19 sebanyak 4860 batang, D22 sebanyak 1986 batang, D25 sebanyak 971 batang, dan D29 sebanyak 4.268 batang.
2. Pada kegiatan konstruksi di gedung Apartemen Samaview, Malang didapatkan *waste level* Ø8 sebesar, 5,71 %, Ø10 sebesar 19.18%, D8 sebesar 2,59%, D10 sebesar 0,66%, D13 sebesar 1,37%, D16 sebesar 2,71%, D19 sebesar 0,59%, D22 sebesar 4,29%, D25 sebesar 6,71%, D29 sebesar 7,08% . menunjukkan persentase material yang tidak dapat digunakan.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, untuk kesempurnaan dan tercapainya luaran dari karya tulis ini, beberapa saran dari hasil penelitian untuk kedepannya dapat dilakukan, antara lain :

1. Untuk mencapai hasil yang lebih baik, diperlukan perhitungan yang lebih cermat untuk mengurangi pemborosan besi tulangan.
2. Untuk penelitian kedepannya diperlukan perhitungan dengan BIM, guna efisiensi waktu dan ketelitian system.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2002). Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung. SNI 03-2847-2002. Bandung: Badan Standardisasi Nasional, 251.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). besi Tulangan Beton. Sni 2052-2017, 13.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung. Sni 2847-2019, 8, 720.
- Ariane, F., & Dinariana, D. (n.d.). *EARNED VALUE ANALYSIS PADA PENGENDALIAN WAKTU PROYEK VENUE LAYAR DI DKI JAKARTA*.
- Arifin, D., Saputra, A. J., Savitri, A., Atmaja, J., Adibroto, F., Hidayah, N., Optimasi, ", Besi, P., Pada, T., Struktur, P., & Metode, M. (2020). Efektifitas Pembesian pada Proyek Panbill Mall menggunakan Bar Bending Schedule SNI-2847-2019, BS-8666-2005, dan Linear Programming Linear Programming. *Borneo Eng. J. Tek. Sipil*, 4(2), 192–202. <https://doi.org/10.30737/jurmateks>
- Christiando Angir, D., Erwin Ekajaya, D., Santoso, I., & Proboyo, B. (n.d.). *CARA PENDEKATAN PERHITUNGAN KUANTITAS PEMBESIAN PADA KOLOM STRUKTUR BETON BERTULANG*.
- T., Darwin Sitindaon, C., Saptaria, L., Luh Sri Kasih, N., Choirotunnisa, M., Mardiana, S., Nugroho, H., Hatoguan Manurung, E., & Kristiana, R. (2021). *MANAJEMEN PROYEK*. [www.penerbitwidina.com](http://www.penerbitwidina.com)
- Yuliana, I., Komeing, O., & Kayuagung, I. (n.d.). *ANALISIS PENERAPAN SISTEM MANAJEMEN KESELAMATAN DAN KESEHATAN KERJA PADA PROYEK KONSTRUKSI GEDUNG BERTINGKAT TINGGI* (Vol. 07, Issue 01).
- Hamkah, & Hadi Purwanto, J. R. M. (2019). *Jurnal simetrik* vol.9, no.2, desember 2019. *Jurnal Simetrik*, 9(2), 208–214.
- Murtadho, A., Sawito, K., Mubarak, A., & Hatoguan, E. (2023). Analysis of Reinforcement Connections in Columns with the Coupler Method in terms of Cost , Quality and Project Time the Stature Analisa Sambungan Tulangan pada Kolom dengan Metode Coupler dari Segi Biaya , Mutu dan Waktu Proyek the Stature. 1(3), 117–136.
- Dimiyati, D.H. dan Nurjaman, K., 2014, *Manajemen Proyek*, Pustaka Setia, Yogyakarta.
- Nurfadillah, Y. K. (2020). Analisis Dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi Menggunakan Metode Pareto Dan Fishbone Diagram (Studi Kasus Pada Proyek Pembangunan Gedung Pascasarjana Universitas Islam Malang). *Occupational Medicine*, 53(4), 130.
- Benshlomo, O. (2023). *IMPLEMENTASI BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) DALAM ANALISIS WASTE MATERIAL TULANGAN KOLOM PADA GEDUNG SERBAGUNA UNIVERSITAS MITRA INDONESIA*.

IMPLEMENTASI BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) DALAM ANALISIS WASTE MATERIAL TULANGAN KOLOM PADA GEDUNG SERBAGUNA UNIVERSITAS MITRA INDONESIA, 4(1), 88–100.

Intan, S., Alifen, R. S., & Arijanto, L. (2005). Analisa Dan Evaluasi Sisa Material Konstruksi : Civil Engineering Dimension, 7(1), 36–45.

M. Kork, “Perhitungan Kebutuhan Tulangan Besi dengan Memperhitungkan Optimasi Waste Besi pada Pekerjaan Balok dengan Program Microsoft Excel The Estimation of Reinforcement Requirement by Calculating the Reinforcement Waste Optimization in Concrete Beam using Mi,” Teknik Sipil, Universitas Negeri Sebelas Maret, 2013.

Meinarwati, “Evaluasi Penerapan BIM Tekla Structures terhadap Perhitungan Bar Bending Schedule,” Teknik Sipil, Universitas Gajah Mada, 2022.

## LAMPIRAN

Dapat diakses melalui google drive

