

**ANALISIS WASTE LEVEL DAN WASTE COST UNTUK  
PEKERJAAN STRUKTUR ATAS PROYEK PEMBANGUNAN  
GUDANG**



**LAPORAN TUGAS AKHIR**

“Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Sipil (S1) Jenjang Pendidikan Strata-1”

Diajukan Oleh:

Wike Andaresta Elsa Putri

2010107014

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**UNIVERSITAS PRADITA**

**TANGERANG**

**2024**

**ANALISIS WASTE LEVEL DAN WASTE COST UNTUK  
PEKERJAAN STRUKTUR ATAS PROYEK PEMBANGUNAN  
GUDANG**

**LAPORAN TUGAS AKHIR  
UNTUK MEMENUHI SEBAGIAN DARI SYARAT-SYARAT  
GUNA MENCAPAI GELAR SARJANA TEKNIK SIPIL (S1)**

**Diajukan Oleh:**

**Wike Andaresta Elsa Putri**

**2010107014**



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**UNIVERSITAS PRADITA**

**TANGERANG**

**2024**

**PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR**

Nama : Wike Andaresta Elsa Putri  
NIM : 2010107014  
Program Studi : Teknik Sipil  
Bentuk Tugas Akhir : Skripsi  
Peminatan Tugas Akhir : *Quantity Surveyor*  
Judul Tugas Akhir : Analisis *Waste Level* dan *Waste Cost* untuk  
Pekerjaan Struktur Atas Proyek Pembangunan  
Gudang

Diterima dan Disetujui untuk Diujikan

Tangerang, 19 Juli 2024

Menyetujui,

Pembimbing Skripsi



Ir. Jason Lim, M.Eng., M.Sc.

**PENGESAHAN TUGAS AKHIR**

Nama : Wike Andaresta Elsa Putri  
NIM : 2010107014  
Program Studi : Teknik Sipil  
Bentuk Tugas Akhir : Skripsi  
Peminatan Tugas Akhir : *Quantity Surveyor*  
Judul Tugas Akhir : Analisis *Waste Level* dan *Waste Cost* untuk  
Pekerjaan Struktur Atas Proyek Pembangunan  
Gudang

Telah diujikan pada hari Rabu, tanggal 31, bulan Juli, tahun 2024

Dengan dinyatakan lulus

**TIM PENGUJI**

Pembimbing



Ir. Jason Lim, M.Eng., M.Sc.

Penguji II



Bella Koes Paulina, S.T., M.Eng.

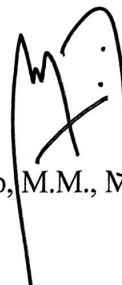
Ketua Sidang



Dr. Ir. Amelia Makmur., S.T., M.T.

Disahkan oleh:

Ketua Program Studi Teknik Sipil



Ir. Mulyadi Sugih Dharsono, M.M., M.Th., M.Kom., D.M.S.

**PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT**

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir yang telah saya susun ini adalah benar karya ilmiah saya sendiri dan tidak mengandung unsur plagiat dari karya ilmiah orang lain (sebagian/seluruhnya). Semua karya ilmiah orang lain atau Lembaga lain yang dikutip dalam tugas akhir ini telah disebutkan sumber kutipannya dan dicantumkan di dalam Daftar Pustaka.

Jika di kemudian hari terbukti ditemukan kecurangan atau penyimpangan baik dalam pelaksanaan maupun penyusunan tugas akhir, maka saya bersedia untuk mendapatkan sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku dan dinyatakan TIDAK LULUS.

Tangerang, 19 Juli 2024

Yang Menyatakan



Wike Andaresta Elsa Putri

NIM: 2010107014

**PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Dengan ini saya sebagai civitas akademik Universitas Pradita yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Wike Andaresta Elsa Putri  
NIM : 2010107014  
Program Studi : Teknik Sipil  
Bentuk Tugas Akhir : Skripsi/~~Karya Ilmiah (Publikasi) /Karya Akhir (Pameran)~~  
~~/Proyek Akhir~~

untuk meningkatkan pengembangan ilmu pengetahuan, memberikan skripsi/tugas akhir kepada Universitas Pradita Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*None-exclusive Royalty Free Right*) dengan judul:

***Analisis Waste Level dan Waste Cost untuk Pekerjaan Struktur Atas Proyek  
Pembangunan Gudang***

beserta dokumen tugas akhir yang ada sesuai ketentuan yang berlaku. Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*None-exclusive Royalty Free Right*) ini, maka Universitas Pradita berhak menyimpan dan mengelola dalam bentuk *database*, dan mempublikasikan tugas akhir ini dengan tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis tugas akhir ini sebagai penulis/pencipta dan pemilik Hak Cipta.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Tangerang, 10 Agustus 2024  
Yang Menyatakan

Wike Andaresta Elsa Putri

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur dipanjatkan atas ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat sehat dan selamat sehingga penulisan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Tugas Akhir ini berjudul “Analisis *Waste Level* dan *Waste Cost* untuk Pekerjaan Struktur Atas Proyek Pembangunan Gudang” ditujukan untuk memenuhi salah satu persyaratan akademik guna mendapatkan gelar Sarjana Teknik Sipil Universitas Pradita, Tangerang.

Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, bantuan dan doa dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak akan dapat terselesaikan tepat pada waktunya. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Kedua orang tua penulis, Ayahanda Dudung Dwi Saputro dan Ibunda Sunarti, terima kasih atas limpahan kasih sayang dan cinta yang tulus, do’a yang tak pernah putus, materi, motivasi, nasehat, perhatian, pengorbanan, semangat yang diberikan sehingga penulis dapat berada pada posisi ini dan dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini,
2. Bapak Prof. Dr. Ir. R. Eko Indrajit, M.Sc., MBA., M.Phil., MA. selaku Rektor Universitas Pradita,
3. Ibu Dr. Amelia Makmur, S.T., M.T. selaku Wakil Rektor Bidang Akademik Universitas Pradita serta Ketua Sidang,
4. Bapak Ir. Mulyadi Sugih Dharsono, M.M., M.Kom., M.Th., D.M.S. selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Universitas Pradita,
5. Bapak Dr. Van Basten, S.T., M.T., M.B.A. selaku Dosen Koordinator Tugas Akhir beserta seluruh Dosen Teknik Sipil Universitas Pradita yang telah memberikan ilmu selama proses perkuliahan,
6. Bapak Ir. Jason Lim, M.Eng., M.Sc. selaku Dosen Pembimbing dalam penulisan Tugas Akhir,
7. Ibu Bella Koes Paulina Cantik, S.T., M.Eng. selaku Penguji 2 dalam sidang Tugas Akhir,

8. Bapak Edy Setyabudi selaku Manajer Proyek Pembangunan Gudang Cakung dan mentor Kerja Praktik,
9. Bapak Edy Faisal selaku Manajer *Quantity Surveyor* Proyek Pembangunan Gudang Cakung dan mentor Kerja Praktik,
10. Bapak Iyan Sopiyan selaku *Bar Bending Scheduler* Proyek Pembangunan Gudang Cakung,
11. Seluruh staf karyawan PT. Pulauintan Bajaperkasa pada Proyek Pembangunan Gudang Cakung,
12. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2020, yang telah bersama-sama menjalani perkuliahan hingga penyelesaian Tugas Akhir,
13. Empat perempuan keren di Teknik Sipil, Daffira, Sonia, Thessa, dan Mutiara yang saling mendukung satu sama lain selama masa perkuliahan,
14. Daffira Ceisya, selaku teman kos selama periode Kerja Praktik berlangsung yang memberi dukungan, semangat, dan menjadi teman diskusi selama pembuatan Tugas Akhir,
15. Haykel Marcelinus dan Thessalonika Tieva, selaku teman bimbingan bersama,
16. Anisa Putri dan Anisa Utari, sahabat yang selalu memberikan support dan semangat,
17. Pihak-pihak terkait atas waktu, tenaga dan pemikiran yang telah diberikan dalam membantu penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran dari pembaca akan sangat bermanfaat bagi penulis. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang membacanya.

Tangerang, 19 Juli 2024



Wike Andaresta Elsa Putri



## ABSTRAK

Wike Andaresta Elsa Putri (2010107014)

### **ANALISIS *WASTE LEVEL* DAN *WASTE COST* UNTUK PEKERJAAN STRUKTUR ATAS PROYEK PEMBANGUNAN GUDANG**

(xv+ 80 halaman; 16 gambar; 29 tabel; 8 lampiran)

Material konstruksi merupakan komponen penting karena sebesar 40%-60% dari total biaya proyek dialokasikan pada pengadaan material konstruksi. Salah satu jenis kegiatan konstruksi dilakukan pada pembangunan gudang berskala besar yang semakin meningkatkan risiko timbulnya sisa material. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh besarnya *waste level* dan *waste cost* material besi dan beton pada pekerjaan struktur atas. Perbandingan *waste level* dan *waste cost* antara *Cubicost* TRB dan BBS konvensional melalui tahapan evaluasi dan kajian. Metode yang digunakan merupakan metode pengamatan dengan instrumen kuesioner untuk memperoleh faktor penyebab sisa material konstruksi yang dianalisis dengan metode RII. Penentuan besarnya sampel dilakukan dengan teknik *sampling* jenuh dan menghasilkan responden berjumlah 29 orang. Dengan menggunakan pengamatan dan kuesioner yang dianalisis melalui metode RII, hasil penelitian menunjukkan bahwa *Cubicost* TRB lebih efisien dengan *waste level* 6,65% dan *waste cost* Rp 639.846.210, dibandingkan dengan BBS konvensional yang memiliki *waste level* 7,42% dan *waste cost* Rp 718.181.929. Faktor utama penyebab pemborosan adalah kesalahan pekerja, kesalahan pemotongan, dan kelebihan pengadaan material. Berdasarkan hasil analisis sisa material diperoleh *waste level* pada material besi sebesar 6,65% dengan pemodelan dengan *Cubicost* TRB dan *waste level* sebesar 7,42% dengan menggunakan BBS konvensional. Nilai *waste cost* pada hasil perangkat BIM *Cubicost* TRB dan BBS konvensional masing-masing sebesar Rp 639.846.210 dan Rp 718.181.929 yang menunjukkan terjadi optimalisasi volume pembesian pada pemodelan dengan *Cubicost* TRB. Berdasarkan analisis nilai RII diperoleh faktor penyebab sisa material besi diakibatkan oleh kesalahan pekerja, kesalahan pemotongan, dan kelebihan pengadaan material dengan nilai berturut-turut sebesar 0,91; 0,89; dan 0,88.

Kata kunci: *bar bending schedule*, *cubicost TRB*, RII, *waste cost*, *waste level*

Referensi: 43 (1976-2024)

## **ABSTRACT**

Wike Andaresta Elsa Putri (2010107014)

### ***ANALYSIS WASTE LEVEL AND WASTE COST OF THE UPPER STRUCTURE WORK ON WAREHOUSE CONSTRUCTION PROJECT***

*(xv+ 80 pages; 16 pictures; 29 table; 8 appendixes)*

*Procuring construction materials accounts for 40%–60% of the total project cost, making them crucial components. One type of construction activity involves the development of large-scale warehouses, which increases the risk of material waste. This study aims to determine the waste level and waste cost of steel and concrete materials in superstructure work. A comparison of waste levels and waste costs between Cubicost TRB and conventional BBS was conducted through the evaluation and analysis stages. Factors causing material waste are needed as a guideline to minimize the waste level value. The method used is an observation method with a questionnaire instrument to obtain the causal factors of the remaining construction materials analyzed by the RII method. The determination of the sample size was carried out using the saturated sampling technique and resulted in 29 respondents. The calculation method consists of modeling with BIM using Cubicost TRB software and calculations with conventional BBS. Based on the results of the residual material analysis, the waste level in iron material is 6,65% with modeling with Cubicost TRB and a waste level of 7,42% using conventional BBS. The waste cost value of the results of Cubicost TRB and conventional BBS BIM tools is Rp 639.846.210 and Rp 718.181.929, respectively, which shows that there is an optimization of the drilling volume in modeling with Cubicost TRB. Therefore, the resulting cause of the remaining iron material is caused by worker errors, cutting errors, and excess material procurement, with a value of 0,91; 0,89; and 0,88, respectively.*

*Keywords: bar bending schedule, cubicost TRB, RII, waste cost, waste level*

*Reference: 43 (1976-2024)*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN SAMPUL</b> .....	i
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	ii
<b>PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR</b> .....	iii
<b>PENGESAHAN TUGAS AKHIR</b> .....	iv
<b>PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT</b> .....	v
<b>PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI</b> .....	vi
<b>UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>ABSTRAK</b> .....	ix
<b>ABSTRACT</b> .....	x
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Permasalahan .....	3
1.3 Rumusan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	5
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
1.6 Ruang Lingkup Penelitian .....	6
1.7 Sistematika Penulisan .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	8
2.1 Material Konstruksi .....	8
2.2 Sisa Material Konstruksi.....	14
2.2.1 Faktor Penyebab Terjadinya Sisa Material .....	18
2.2.2 Penanganan Sisa Material Konstruksi.....	21
2.3 <i>Bar Bending Schedule</i> .....	23
2.3.1 Konvensional.....	24
2.3.2 <i>Cubicost Take Off for Rebar (TRB)</i> .....	25

2.4	Subjek Penelitian .....	26
2.5	Pengujian Kuesioner .....	27
2.6	Penelitian Terdahulu .....	30
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>34</b>
3.1	Umum .....	34
3.2	Kerangka Penelitian.....	35
3.3	Metode Pengumpulan Data.....	37
3.4	Analisis Sisa Material .....	42
3.5	Analisis Data Kuesioner .....	43
<b>BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>44</b>
4.1	Analisis <i>Waste Level</i> dan <i>Waste Cost</i> .....	44
	4.1.1 Material Beton.....	44
	4.1.2 Material Besi .....	48
4.2	Analisis Faktor Penyebab Sisa Material .....	63
	4.2.1 Uji Validitas .....	68
	4.2.2 Uji Reliabilitas.....	68
	4.2.3 Analisis <i>Relative Importance Index</i> .....	69
<b>BAB V PENUTUP .....</b>		<b>74</b>
5.1	Kesimpulan .....	74
5.2	Saran .....	75
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>76</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>		<b>81</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Alur Material Konstruksi di Lapangan.....	9
Gambar 2.2	Tahapan Penanganan Limbah Konstruksi.....	22
Gambar 3.1	Lokasi Pembangunan Gudang XYZ Cakung .....	34
Gambar 3.2	Kriteria <i>Waste Level</i> dan <i>Waste Cost</i> .....	35
Gambar 3.3	Kerangka Penelitian .....	36
Gambar 3.4	Mengatur Peraturan Kalkulasi.....	40
Gambar 3.5	Membuat Elevasi Lantai Bangunan .....	41
Gambar 3.6	<i>Input</i> Gambar Kerja.....	41
Gambar 4.1	Perbandingan Volume Material Beton .....	45
Gambar 4.2	Perbandingan Volume Pembesian dengan Volume <i>Cubicost</i> .....	50
Gambar 4.3	Perbandingan Volume Pembesian dengan BBS Konvensional .....	56
Gambar 4.4	Perbandingan Volume <i>Cubicost</i> dan BBS Konvensional .....	61
Gambar 4.5	Perbandingan Nilai <i>Waste Level</i> .....	63
Gambar 4.6	Jabatan Responen .....	66
Gambar 4.7	Pendidikan Terakhir Responen .....	67
Gambar 4.8	Pengalaman Bekerja Responen .....	67

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kriteria Sisa Material Konstruksi .....	17
Tabel 2.2	Faktor Penyebab Sisa Material Konstruksi .....	19
Tabel 2.3	Detail Panjang Penyaluran Kait Standar .....	23
Tabel 2.4	Detail Kait Sengkang .....	24
Tabel 2.5	<i>Bar Bending Schedule</i> .....	24
Tabel 2.6	Skala Penilaian .....	27
Tabel 2.7	Level Kepentingan RII .....	30
Tabel 2.8	Penelitian Terdahulu .....	31
Tabel 4.1	<i>Waste Level</i> Material Beton .....	45
Tabel 4.2	<i>Waste Cost</i> Material Beton .....	46
Tabel 4.3	Nilai Manfaat Sisa Material Beton .....	47
Tabel 4.4	Hasil Pembesian Balok <i>Cubicost</i> TRB .....	48
Tabel 4.5	Hasil Pembesian Kolom <i>Cubicost</i> TRB .....	49
Tabel 4.6	Hasil Pembesian Pelat <i>Cubicost</i> TRB .....	50
Tabel 4.7	<i>Waste Level</i> Elemen dengan BBS <i>Cubicost</i> TRB .....	51
Tabel 4.8	<i>Waste Level</i> Material Besi dengan BBS <i>Cubicost</i> TRB .....	52
Tabel 4.9	Total Biaya Material Besi .....	53
Tabel 4.10	<i>Waste Cost</i> Elemen dengan BBS <i>Cubicost</i> TRB .....	54
Tabel 4.11	<i>Waste Cost</i> Material Besi dengan BBS <i>Cubicost</i> TRB .....	54
Tabel 4.12	Nilai Manfaat Sisa Material Besi <i>Cubicost</i> TRB .....	55
Tabel 4.13	<i>Waste Level</i> Elemen dengan BBS Konvensional .....	57
Tabel 4.14	<i>Waste Level</i> Material Besi dengan BBS Konvensional .....	57
Tabel 4.15	<i>Waste Cost</i> Elemen dengan BBS Konvensional .....	58
Tabel 4.16	<i>Waste Cost</i> Material Besi dengan BBS Konvensional .....	59
Tabel 4.17	Nilai Manfaat Sisa Material Besi BBS .....	60
Tabel 4.18	Perbandingan Hasil <i>Cubicost</i> TRB dengan BBS Konvensional .....	62
Tabel 4.19	Hasil Validasi Pakar .....	64
Tabel 4.20	Nilai RII Faktor Penyebab Sisa Material .....	69
Tabel 4.21	Perhitungan RII .....	71

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Lembar Asistensi .....	L-1
Lampiran 2 Validasi Kuesioner Penelitian .....	L-2
Lampiran 3 Kuesioner Penelitian.....	L-3
Lampiran 4 Tabulasi Hasil Kuesioner .....	L-4
Lampiran 5 R Tabel .....	L-5
Lampiran 6 Volume Material, Harga Material dan Gambar Kerja.....	L-6
Lampiran 7 Langkah Pemodelan <i>Cubicost</i> TRB .....	L-7
Lampiran 8 <i>Output</i> BBS <i>Cubicost</i> TRB .....	L-8

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Penggunaan material konstruksi dalam suatu proyek dapat menghasilkan sisa material, dimana jika tidak dikendalikan maka besarnya akan terus bertambah. Kegiatan konstruksi memiliki potensi sebesar 50% untuk menimbulkan sisa material konstruksi akibat pekerjaan pembangunan, pembongkaran, dan renovasi (Triandini et al., 2019). Setiap tahunnya proyek konstruksi menghasilkan sisa material konstruksi sebesar 180 juta ton (Zalaya et al., 2019). Timbulnya limbah material konstruksi dapat disebabkan oleh desain perencanaan, dimensi bangunan, metode kerja yang digunakan dan tenaga kerja (Yuni et al., 2023).

Sisa material atau limbah konstruksi yang tidak terkelola dengan baik dapat menyebabkan tambahan biaya konstruksi yang signifikan karena pengadaan material konstruksi menempati alokasi dana terbesar dari total biaya proyek, yaitu sebesar 40%-60% (Partama et al., 2023). Material konstruksi dari pekerjaan struktur, arsitektur, dan MEP dapat menimbulkan sisa material. Pada pekerjaan struktur, material besi tulangan merupakan salah satu material yang sering menimbulkan *waste*.

Penelitian pada proyek pembangunan pada proyek di Kabupaten Mandailing menghasilkan waste level material besi sebesar 10,92% (Nasautama dan Sitompul, 2022). Pada material beton konstruksi gedung bertingkat terdapat kerugian sebesar 9,06% (Sulistio dan Waty, 2021). Besarnya nilai sisa material tersebut dapat mempengaruhi biaya yang digunakan dalam proyek dan berpotensi menimbulkan



pembengkakan biaya. Pada proyek pembangunan proyek hunian diperoleh besarnya *waste cost* pada material besi beton merupakan *waste cost* tertinggi dibanding material lain, yaitu sebesar Rp 1.149.476.861 (Lim et al., 2020).

Penggunaan material pada pekerjaan struktur perlu diperhatikan karena menggunakan anggaran biaya sebesar 30%-50% dari total biaya (Permatasari et al., 2023). Alokasi biaya pekerjaan struktur banyak digunakan pada elemen struktur atas, yaitu kolom, balok, dan pelat karena volume kebutuhan material yang besar (Permatasari et al., 2023). Pemborosan kecil dapat berakibat pada limbah material dalam jumlah yang besar. Untuk meminimalisir besarnya nilai waste, maka perlu dilakukan pengawasan terkait material konstruksi selama proyek konstruksi berlangsung.

Salah satu pengawasan kegiatan konstruksi pada dilakukan pada pembangunan Gudang di daerah industri Cakung yang didominasi oleh pekerjaan struktur. Gudang tersebut terdiri atas 2 lantai, 2 mezzanine, dan atap baja dengan ketinggian total 32,69 m. Besarnya area gudang yang akan dibangun menghasilkan perencanaan desain untuk pekerjaan struktur atas seperti balok, kolom dan pelat memiliki dimensi yang cukup besar. Dimensi kolom, balok, dan pelat yang besar meningkatkan potensi timbulnya sisa material pada pembangunan proyek tersebut (Handayani dan Angreni, 2020).

Besarnya *waste level* menunjukkan rendahnya efisiensi penggunaan material, yang sering kali disebabkan oleh perencanaan yang kurang matang, kesalahan dalam pengukuran, Pada pekerjaan besi tulangan dan bekisting, pola pemotongan yang tidak optimal dapat menyebabkan material menjadi tidak dapat digunakan. Penyebab timbulnya sisa material beton dapat terjadi akibat beton yang mengeras,

menempel pada alat pengecoran, keperluan pengujian kuat tekan dan lainnya (Sulistio & Waty, 2021).

Penurunan nilai sisa material sebesar 70% dapat terjadi dengan melakukan pengendalian pada material besi dengan pembuatan Bar Bending Schedule karena pemotongan material dapat dilakukan secara optimal (Ren et al., 2023). Dengan adanya *Bar Bending Schedule*, dapat diketahui pola-pola potongan material besi dan distribusinya sehingga dapat meminimalisir material besi yang tidak terpakai. Berkembangnya teknologi yang digunakan dalam proyek konstruksi menjadikan pengendalian terhadap sisa material dapat dilakukan dengan *Cubicost Take Off for Rebar* (TRB) memungkinkan penghitungan material yang lebih akurat dan terintegrasi dengan BIM, sehingga mengurangi pemborosan material dan biaya proyek.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis tingkat pemborosan material (*waste level*) dan biaya yang timbul akibat limbah material (*waste cost*) dalam proyek pembangunan gudang, perbandingan besarnya *waste level* dan *waste cost* material besi dengan *Cubicost* TRB dan BBS konvensional serta mengidentifikasi faktor-faktor yang menyebabkan pemborosan material, diharapkan dapat ditemukan solusi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan dalam proyek pembangunan gudang di Indonesia.

## **1.2 Identifikasi Permasalahan**

Proyek pembangunan Gudang XYZ Cakung memiliki luasan dan dimensi item pekerjaan struktur yang besar sehingga meningkatkan potensi akan timbulnya sisa material konstruksi. Sisa material konstruksi pada setiap material dapat disebabkan

oleh hal yang berbeda. Pada material besi tulangan yang digunakan untuk pekerjaan yang tidak diperhitungkan, seperti pembuatan keperluan atribut keselamatan, *tie rod*, dan sebagainya.

Pada material besi, contohnya besi diameter 22 mm untuk keperluan penulangan beton memiliki kebutuhan panjang 6,27 meter. Dimana panjang material besi di pasaran memiliki panjang 12 meter, karena pemotongan tersebut menghasilkan sisa material sepanjang 5,73 meter. Kebutuhan penulangan material ini dapat berjumlah ratusan sehingga apabila tidak dimanfaatkan kembali, nilai *waste* besinya akan besar. proses pemesanan besi material khusus dengan panjang 6 meter dan 9 meter belum dapat dilakukan akibat tidak memenuhi jumlah pemesanan minimum.

Pada proses pengecoran terjadi permasalahan pada mesin pompa beton yang mengakibatkan *truck mixer* yang sudah tiba menunggu lama untuk proses penuangan sehingga beton mengeras. Pada suatu waktu saat pengecoran dengan total kubikasi sebesar 300 m<sup>3</sup>, didapati sebanyak dua *truck mixer* bermuatan 6 m<sup>3</sup> mengeras akibat menunggu antrean untuk penuangan material. Oleh karena itu, terjadi penambahan volume material beton yang termasuk pada pemborosan material.

### **1.3 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang dan identifikasi permasalahan yang telah dipaparkan, diperoleh rumusan masalah sebagai berikut.

- a. Berapakah besarnya *waste level* dan *waste cost* material besi pada Proyek Pembangunan Gudang dengan menggunakan *Cubicost Take Off for Rebar* (TRB) dan metode BBS konvensional?

- b. Berapakah besarnya *waste level* dan *waste cost* material beton pada Proyek Pembangunan Gudang?
- c. Apakah faktor dominan yang menjadi penyebab timbulan sisa material pada material dengan *waste level* tertinggi Proyek Pembangunan Gudang?

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dipaparkan, tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut.

- a. Menganalisis besarnya *waste level* dan *waste cost* material besi pada Proyek Pembangunan Gudang dengan menggunakan *Cubicost Take Off for Rebar* (TRB) dan metode BBS konvensional.
- b. Menganalisis besarnya *waste level* dan *waste cost* material beton pada Proyek Pembangunan Gudang.
- c. Menganalisis faktor dominan yang menjadi penyebab timbulan sisa material pada material dengan *waste level* tertinggi Proyek Pembangunan Gudang.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat kepada pihak-pihak terkait dalam berbagai sektor.

- a. Bagi perusahaan, dapat dijadikan sebagai masukan dalam melakukan pengendalian sisa material konstruksi dengan menggunakan perangkat *Cubicost Take Off for Rebar* (TRB) pada proyek di masa mendatang.
- b. Bagi akademik, menyediakan dasar untuk penelitian interdisipliner yang menggabungkan teknik, manajemen, dan keberlanjutan dalam bidang *Quantity Surveyor* dan Manajemen Konstruksi.

- c. Bagi penelitian lebih lanjut, dapat menjadi bahan referensi penggunaan perangkat BIM 5 dalam penelitian sisa material konstruksi pada keseluruhan elemen bangunan mencakup pondasi dan dinding pada berbagai jenis proyek konstruksi.

## **1.6 Ruang Lingkup Penelitian**

Ruang lingkup penelitian dibatasi agar hasil penelitian berfokus pada tujuan dari penelitian ini. Berikut ini adalah batasan ruang lingkup penelitian.

- a. Objek penelitian yang diamati merupakan sisa material pekerjaan besi dan beton pada struktur atas yaitu balok, pelat, dan kolom pada Proyek Pembangunan Gudang XYZ Cakung.
- b. Pemodelan pekerjaan beton bertulang mengacu pada gambar kerja Proyek Pembangunan Gudang XYZ Cakung dilakukan pada zona yang telah selesai dibangun.
- c. Penelitian ini berfokus pada perbandingan besar *waste level* dan *waste cost* material besi dengan *Cubicost* TRB dan BBS konvensional, besar *waste level* dan *waste cost* material beton, dan faktor penyebab sisa material.
- d. Tidak semua standar detail yang dikeluarkan oleh konsultan struktur dapat diserap *Cubicost*.

## **1.7 Sistematika Penulisan**

Penyusunan penelitian Tugas Akhir yang terdiri atas 5 bab dilakukan secara sistematis. Penelitian dimulai dengan Bab 1 Pendahuluan yang menjelaskan mengenai alasan penelitian dilakukan pada latar belakang masalah, identifikasi permasalahan, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan ini.

Dimulai dengan Bab 1 Pendahuluan, menyediakan analisis mendalam mengenai latar belakang penelitian, identifikasi permasalahan, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan lingkup penelitian, serta uraian mengenai sistematika penelitian. Bab 2 Tinjauan Pustaka, mengkaji teori yang mendasari analisis penelitian yang dapat mendukung penyusunan Tugas Akhir Penelitian. Teori yang digunakan antara lain sisa material konstruksi, *waste level* dan *waste cost*, pengujian kuesioner dengan uji validitas dan reliabilitas, pemeringkatan dengan Metode *Relative Importance Index* (RII) dan penelitian terdahulu. Kemudian Bab 3 Metodologi Penelitian, memberikan gambaran mengenai kerangka penelitian, teknik perolehan data, dan kriteria yang digunakan dalam penelitian. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan melakukan observasi lapangan menggunakan instrumen kuesioner untuk memperoleh faktor sisa material konstruksi. Analisis terhadap *waste level* dan *waste cost* dilakukan pada consumable material, yaitu besi tulangan dan beton pada pekerjaan struktur atas. Analisis faktor penyebab sisa material tertinggi dilakukan dengan Metode *Relative Importance Index*.

Bab 4 Analisis dan Pembahasan, memaparkan data-data hasil perbandingan besaran *waste level* dan *waste cost* material besi dengan *Cubicost* TRB dan Konvensional serta menganalisis besarnya *waste level* dan *waste cost* pada material beton. Analisis terkait faktor penyebab sisa material konstruksi diperoleh dari hasil perbandingan dimana 3 peringkat yang kemudian akan dianalisis. Pada bab terakhir yaitu Bab 5 Penutup menjawab pertanyaan penelitian yang dituangkan dalam kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dipaparkan pada Bab 4. Selain itu, saran untuk pihak perusahaan serta penelitian selanjutnya juga tertuang pada bab ini.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Material Konstruksi**

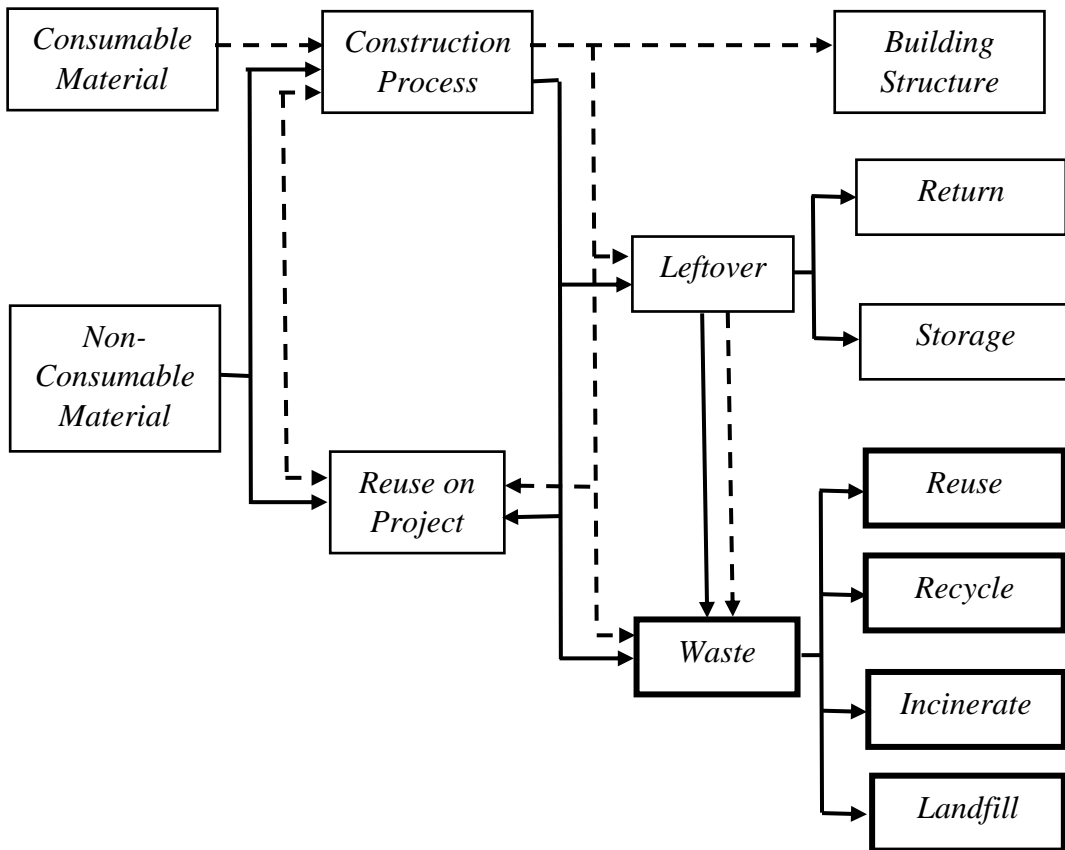
Material merupakan salah satu elemen struktur utama bangunan yang mempengaruhi kualitas bangunan yang dihasilkan, yaitu pada kekuatan dan daya tahan konstruksi tersebut (Putra et al., 2018). Berikut ini merupakan jenis material yang menjadi dasar dalam pelaksanaan proses konstruksi.

- a. *Engineering material* merupakan material yang digunakan selama masa konstruksi sehingga memerlukan perencanaan, perhitungan, dan gambar detail.
- b. *Bulk material* merupakan material yang dapat dipesan dengan jumlah tertentu yang jenisnya beraneka ragam yang diproduksi menggunakan acuan industri.
- c. *Fabricated material* merupakan material yang diproduksi di luar lokasi proyek berdasarkan gambar perencanaan seperti rangka baja, kusen, dan beton precast sehingga pada saat sampai di proyek tinggal melakukan pemasangan.

Material yang digunakan dalam suatu proyek konstruksi dibagi menjadi dua jenis, yaitu *consumable material* dan *non-consumable* seperti pada penjelasan berikut (Putri et al., 2021).

- a. *Consumable material* merupakan material yang akan menjadi bagian dari struktur fisik bangunan. Bahan konstruksi yang termasuk ke dalam jenis material ini adalah pasir, besi, beton, semen, dan lainnya.
- b. *Non-consumable material* merupakan material pendukung yang tidak menjadi bagian dalam fisik bangunan. Material jenis ini berupa perancah, bekisting, dan dinding penahan sementara yang dapat dipakai berulang kali.

Penggunaan material jenis ini dimulai dari pengiriman material, proses kegiatan konstruksi hingga kemudian akan berakhir pada struktur fisik bangunan, kelebihan material, pemakaian ulang pada proyek lain atau menjadi sisa material konstruksi (Hermansyah dan Nuciferani, 2019). Berikut ini merupakan gambaran dari proses material konstruksi di lapangan.



**Legenda:**

————> Alur Non-Consumable Material

- - -> Alur Consumable Material

□ Opsi untuk material di luar aliran waste

▣ Opsi untuk material di dalam aliran waste

Gambar 2.1 Alur Material Konstruksi di Lapangan

Sumber: Gavilan dan Bernold, 1994 dalam Hermansyah dan Nuciferani, 2019

**Gambar 2.1** menunjukkan alur proses dari material konstruksi pada kondisi di lapangan. Material yang sudah digunakan kemudian dibagi menjadi 2, yaitu *leftover*



dan *waste*. Pada material kategori *leftover* kemudian material dapat disimpan, dikembalikan. Material pada aliran *waste* kemudian dapat dikelola melalui kegiatan *reuse, recycle, incinerate, dan landfill*.

Material menjadi salah satu unsur penting dalam proses pelaksanaan konstruksi, karena 50%-70% biaya konstruksi dialokasikan pada material, yaitu sebesar (Mahapatni, 2019). Terkait dengan besarnya biaya yang digunakan, material yang ada memerlukan manajemen terkait perhitungan kebutuhan, pengadaan, penyimpanan, dan pendistribusian material (Putri et al., 2021). Berikut ini merupakan tahapan dalam manajemen material.

a. Pemilihan Material

Material yang digunakan dalam suatu proyek konstruksi dipilih dengan mengacu kepada spesifikasi material dan detail gambar yang direncanakan dan tercantum pada kontrak.

b. Pemilihan Pemasok Material

Pemilihan pemasok material yang akan digunakan perlu dilakukan secara teliti dengan memperhatikan beberapa hal. Terdapat beberapa hal yang diperhatikan dalam pemilihan pemasok material, seperti kemampuan, kualitas, kuantitas, dan persyaratan pembayaran. Selain itu, pertimbangan berikutnya adalah harga penawaran yang diberikan oleh penyuplai.

c. Pembelian Material

Penyesuaian bentuk dan lokasi proyek konstruksi yang sedang berlangsung dilakukan dalam pengadaan material dan dapat dilakukan secara terpusat maupun lokal.

#### d. Pengiriman Material

Material dikirim setelah surat permintaan disetujui dengan tiga hal yang dijamin, yaitu sesuai dengan spesifikasi barang, ketepatan lokasi pengiriman, dan ketepatan waktu yang telah dijanjikan. Pengiriman material yang gagal dapat membuat proyek mengalami keterlambatan dan berpengaruh kepada kinerja kontraktor sebagai pelaksana proyek konstruksi.

#### e. Penerimaan Material

Pengecekan material dilakukan pada kesesuaian antara kualitas, spesifikasi, dan jumlah material yang diterima pada saat material tiba pada lokasi proyek. Pengecekan pada material dilakukan sebelum material disimpan di gudang atau logistik. Apabila terdapat ketidaksesuaian, maka dapat mengajukan

#### f. Penyimpanan Material

Pekerja gudang harus memastikan bahwa penyimpanan material disesuaikan dengan kondisi material dan memiliki tempat penyimpanan yang memadai. Kualitas material perlu dijaga sejak awal material datang, disimpan, hingga akan digunakan. Selain itu, petugas juga memiliki tugas untuk mengecek ketersediaan bahan di gudang sehingga tidak terjadi keterlambatan dalam proyek akibat kosongnya material.

#### g. Pengeluaran Material

Pengawas lapangan perlu memberikan surat permintaan material yang ditujukan kepada petugas gudang. Setiap material yang keluar dari gudang, petugas mencatat dan membuat berita acara. Administrasi yang baik dapat membantu untuk mengontrol penggunaan material di lapangan.

Volume pekerjaan merupakan besarnya volume pekerjaan konstruksi yang dihitung dengan tujuan menghasilkan kebutuhan material yang akan digunakan dalam suatu pekerjaan konstruksi (Koloay et al., 2021). Volume pekerjaan konstruksi memiliki satuan yang berbeda sehingga perhitungannya dilakukan dengan menggunakan rumus yang berbeda sesuai dengan item pekerjaan. Volume pekerjaan dihitung dengan menggunakan gambar kerja arsitektur, struktur, dan MEP sebagai acuan perhitungan (Suharianto dan Prasetyono, 2023). Berikut ini merupakan perhitungan volume pekerjaan konstruksi menurut Kementerian PUPR.

a. Pekerjaan dengan satuan panjang (m)

Pekerjaan dengan satuan panjang (m) dihitung berdasarkan panjang item pekerjaan yang tercantum dalam gambar kerja dan detailnya. Perhitungan pekerjaan ini perlu memperhatikan skala pada gambar acuan. Salah satu material yang dinyatakan dalam panjang adalah baja tulangan yang pola penulangannya berbeda antara balok, kolom, pelat, dinding, tangga, dan pondasi (Nasautama dan Sitompul, 2022). Baja tulangan merupakan material berbentuk batang baja bulat yang diproduksi dengan cara canai panas yang digunakan untuk penulangan dalam pekerjaan beton (Kementerian PUPR, 2022). Berdasarkan bentuknya, baja tulangan beton dibedakan menjadi 2 (dua), baja tulangan beton polos dan baja tulangan beton sirip.

1. Baja tulangan beton polos (BJsTP) merupakan baja tulangan beton dengan permukaan rata berbentuk bulat.
2. Baja tulangan beton sirip (BJTS) merupakan baja tulangan dengan sirip melintang dan rusuk memanjang pada permukaan penampang untuk meningkatkan daya lekat dan guna menahan gerakan membujur dari batang secara relatif terhadap beton.

b. Pekerjaan dengan satuan luas (m<sup>2</sup>)

Volume pekerjaan ini dihitung dengan mengalikan panjang dan lebar dari suatu item pekerjaan seperti pekerjaan pengecatan, pembersihan lahan, dan sebagainya.

Luasan pekerjaan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$A = p \times l \dots\dots\dots(2-1)$$

Keterangan

A : Luasan (luas-m<sup>2</sup>)

p : panjang (m)

l : lebar (m)

c. Pekerjaan dengan satuan volume (m<sup>3</sup>)

Volume pekerjaan ini dihitung dengan mengalikan panjang, lebar, dan tebal dari suatu item pekerjaan seperti pekerjaan beton, galian tanah, dan sebagainya. Volume pekerjaan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$V = p \times l \times t \dots\dots\dots(2-2)$$

Keterangan

V : volume (m<sup>3</sup>)

p : panjang (m)

l : lebar (m)

t : tebal/kedalaman (m)

d. Pekerjaan dengan satuan *lump sum* (ls)

Pekerjaan dengan satuan lumpsum digunakan dalam pekerjaan air kerja dan listrik kerja yang dinyatakan dalam bulan. Dalam perhitungan biaya, volume yang dimasukan berupa perkiraan berapa lama air dan listrik dibutuhkan dalam suatu proyek konstruksi.

e. Pekerjaan dengan satuan buah (bh)

Pekerjaan dengan satuan buah (bh) mengacu pada kegiatan konstruksi di mana komponen atau item yang digunakan dapat dihitung secara individual sebagai unit terpisah. Setiap unit dihitung sebagai satu buah, dan total kuantitas pekerjaan dihitung berdasarkan jumlah unit tersebut seperti pada material sanitair.

## 2.2 Sisa Material Konstruksi

Sisa material konstruksi timbul sisa akibat pelaksanaan kegiatan konstruksi seperti pembangunan hunian, infrastruktur, dan bangunan lainnya. Peningkatan pembangunan tersebut berbanding lurus dengan permasalahan yang timbul pada lingkup sosial dan lingkungan (Susilowati et al., 2022). Terdapat tiga tipe kategori sisa material konstruksi (Thoengsal dan Tumpu, 2022).

- a. Tipe struktur, sisa material dikategorikan sesuai dengan tipe bangunan struktur yang terdiri dari bangunan hunian, komersil, atau industri.
- b. Ukuran struktur, sisa material dikategorikan sesuai dengan ukuran bangunan yang terdiri atas *low rise* atau *high rise*.
- c. Tahapan kegiatan yang dilakukan, sisa konstruksi dikategorikan terjadi atas proses konstruksi, renovasi, atau pembongkaran.

Sisa material konstruksi terjadi akibat penyediaan material yang melebihi kebutuhan yang kemudian tercecer sehingga material rusak dan tidak dapat digunakan (Susilowati et al., 2022). Selain itu, terdapat tiga definisi lain dari sisa material (Thoengsal dan Tumpu, 2022).

- a. Sisa material merupakan material tidak terpakai atau timbulnya kelebihan akibat suatu proses yang tidak diinginkan.

- b. Suatu benda atau material yang mudah mengalami patah, aus, atau rusak namun tidak termasuk bahan yang dapat meledak.
- c. Material atau segala sesuatu yang dibuang atau tidak dikelola dengan baik memiliki potensi menjadi limbah, kecuali material dapat digunakan kembali.

Sisa material yang terabaikan di tanah tidak dapat menyerap sisa material konstruksi sehingga timbulnya dapat menyebabkan kerusakan lingkungan (Henong dan Naikofe, 2021). Oleh karena itu, sisa material konstruksi perlu diolah dari segi karakteristik, kandungan, dan jumlahnya sebelum dibuang (BPK, 2008). Selain itu, sisa material konstruksi juga dapat mempengaruhi keuntungan yang akan diperoleh perusahaan. Menurut Susi, terdapat dua sisa material yang timbul (Putri et al., 2021).

- a. *Demolition waste* merupakan sisa material konstruksi yang tidak dapat digunakan kembali sebagai hasil dari pembongkaran bangunan lama untuk direnovasi.
- b. *Construction waste* merupakan sisa material konstruksi yang diperoleh dari pembongkaran yang mengalami perubahan fisik sehingga tidak dapat digunakan kembali. Material bangunan seperti batu bata, kayu, pipa, beton, dan lainnya. Sisa material konstruksi berdasarkan tipenya terbagi menjadi dua jenis, yaitu *direct waste* dan *indirect waste*.
  - 1) *Direct waste* merupakan timbulan sisa material yang timbul akibat pelaksanaan proyek, seperti kerusakan, kehilangan, dan lain-lain. Berikut ini merupakan jenis-jenis dari *direct waste* (Skoyles, 1976 dalam Liman dan Sulistio, 2020).

- a) *Transport and delivery waste* merupakan sisa material akibat proses transportasi material hingga tiba di lokasi.
  - b) *Site storage waste* merupakan sisa material yang diakibatkan oleh tempat penyimpanan material yang kurang layak.
  - c) *Conversion waste* merupakan sisa material yang terjadi akibat pemotongan material yang tidak ekonomis.
  - d) *Fixing waste* merupakan material yang tercecer, rusak atau terbuang selama pemakaian di lapangan.
  - e) *Cutting waste* merupakan sisa material dari hasil pemotongan di lapangan seperti material tiang pancang, besi, dan batu bata.
  - f) *Application waste* merupakan sisa material yang tercecer dan telah mengeras seperti material beton dan mortar.
- 2) *Indirect waste* merupakan sisa material yang timbul akibat terdapat perbedaan volume rencana dan volume realisasi. Berikut ini merupakan jenis-jenis dari *indirect waste* (Skoyles, 1976 dalam Liman dan Sulistio, 2020).
- a) *Substitution waste* merupakan timbulnya sisa akibat pergeseran tujuan penggunaan material yang menyebabkan terjadinya kehilangan biaya.
  - b) *Production waste* merupakan sisa material yang timbul akibat kelebihan pemakaian material di lapangan.
  - c) *Negliance waste* merupakan sisa material akibat keadaan pada lokasi konstruksi sehingga material yang digunakan menjadi berlebih.

Besarnya nilai sisa material konstruksi yang diizinkan berkisar antara 5%-20% (Badan Standardisasi Nasional, 2013). Dalam nilai tersebut sudah termasuk angka

penyusutan dari setiap masing-masing material yang nilainya berbeda. Nilai susut merupakan besaran pengurangan volume material setelah material mengalami proses pengerasan, pengeringan, atau pemadatan. Besarnya nilai *waste level* material besi diizinkan maksimal 5% dari keseluruhan volume, pemborosan material terjadi apabila nilainya lebih dari itu (Yuni et al., 2023).

Perhitungan persentase sisa material konstruksi dapat dilakukan dengan persamaan *waste level* yang kemudian menghasilkan nilai kerugian biaya akibat sisa material konstruksi yang disebut *waste cost*.

a. *Waste Level*

Perhitungan pada nilai *waste level* dihitung untuk mengetahui volume sisa material dari masing – masing item yang diteliti. Perhitungan *waste level* dapat dilakukan dengan persamaan pendekatan dengan membandingkan volume sisa material dengan volume kebutuhan (Mahapatni dan Juliana, 2022).

$$Waste\ level = \frac{Volume\ Sisa\ Material}{Volume\ Kebutuhan\ Material} \times 100 \dots\dots\dots(2-3)$$

Perolehan persentase sisa material konstruksi memiliki lima kategori berdasarkan tinggi rendahnya sisa material yang terjadi. Berikut pada **Tabel 2.1** merupakan rentang kelas sisa material konstruksi.

Tabel 2.1 Kriteria Sisa Material Konstruksi

Kategori	Keterangan
Sangat rendah	Sisa material 0%-5% dari total kebutuhan material
Rendah	Sisa material 6%-10% dari total kebutuhan material
Sedang	Sisa material 11%-15% dari total kebutuhan material
Tinggi	Sisa material 16%-20% dari total kebutuhan material
Sangat tinggi	Sisa material >20% dari total kebutuhan material

Sumber: Susilowati et al., 2022



b. *Waste Cost*

Proses penghematan biaya, menaikkan pendapatan, dan juga mengurangi sisa material dapat dilakukan dengan manajemen material konstruksi dengan pengelolaan sisa material konstruksi (Mahapatni dan Juliana, 2022). Perhitungan *waste cost* dilakukan untuk dapat memperoleh kerugian akibat pengadaan material konstruksi. Metode pendekatan *waste cost* bisa dilakukan dengan persamaan berikut.

$$Waste\ cost = Waste\ level \times \text{harga total} \dots\dots\dots(2-4)$$

**2.2.1 Faktor Penyebab Terjadinya Sisa Material**

Sisa material konstruksi dapat menyebabkan kehilangan sumber daya materi dan modal karena terdapat aktivitas yang membutuhkan biaya tetapi tidak menambah nilai pada produk konstruksi (Gregorius dan Waty, 2022). Oleh karena itu, material konstruksi berkaitan erat dengan pengeluaran biaya proyek. Sisa material merupakan material yang tidak dapat dipakai kembali yang dilatarbelakangi oleh berbagai faktor penyebab, seperti kerusakan, kesalahan pemotongan, kesalahan pemasangan, dan sebagainya. Sisa material konstruksi dapat terjadi akibat kegiatan konstruksi di lapangan dengan satu atau kombinasi dari beberapa penyebab.

Penyebab timbulnya sisa material konstruksi dibagi menjadi kategori desain, pengadaan material, penanganan material, pelaksanaan, residual, dan lain-lain (Sulistio dan Waty, 2021). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat delapan kategori yang menyebabkan sisa material konstruksi seperti yang tersaji pada **Tabel 2.2** berikut.

Tabel 2.2 Faktor Penyebab Sisa Material Konstruksi

Kategori	Faktor Penyebab	Bossink dan Brouwers, (1996)	Setyanto <i>et al.</i> , (2010)	Safitri <i>et al.</i> , (2017)	Nawawi <i>et al.</i> , (2021)
Kontrak	Kesalahan dalam dokumen kontrak	√	√	√	√
	Dokumen kontrak yang tidak lengkap	√	√	√	√
Desain	Adanya perubahan desain	√	√	√	√
	Memilih spesifikasi produk yang kurang tepat	√	√		√
	Produk yang dipilih berkualitas rendah	√	√		√
	Dimensi produk yang digunakan kurang diperhatikan	√	√		√
	Perancang tidak mengenal baik jenis-jenis produk	√		√	√
Detail	Perubahan desain dan detail yang kompleks			√	
	Kesalahan desain pada saat konstruksi			√	
	Spesifikasi yang kurang jelas		√	√	
	Pengerjaan dan distribusi gambar yang lambat		√	√	
	Informasi gambar yang kurang jelas	√	√	√	√
	Pendetailan gambar yang rumit	√	√		√
Pengadaan	Kurangnya koordinasi dengan kontraktor dan kurangnya pengetahuan konstruksi	√	√		√

Tabel 2.2 Faktor Penyebab Sisa Material Konstruksi (Lanjutan)

Kategori	Faktor Penyebab	Bossink dan Brouwers, (1996)	Setyanto <i>et al.</i> , (2010)	Safitri <i>et al.</i> , (2017)	Nawawi <i>et al.</i> , (2021)
Pengadaan	Pesanan material tidak sesuai spesifikasi	√	√	√	√
	Pengadaan material melebihi kebutuhan lapangan	√	√	√	√
	Pesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil	√		√	√
	Supplier mengirim material yang tidak sesuai spesifikasi	√			√
Penanganan material	Material rusak selama pengiriman atau saat sampai di lokasi	√		√	√
	Tempat penyimpanan yang tidak layak	√		√	√
	Pengemasan material kurang baik	√	√	√	
	Material dilempar atau dibuang	√	√	√	√
	Material terkirim dalam keadaan tidak padat	√	√	√	√
	Pembongkaran material tidak dilakukan dengan hati-hati	√			√
	Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja	√		√	√
Pelaksanaan	Peralatan tidak berfungsi dengan baik	√	√	√	√
	Cuaca buruk	√	√	√	√
	Kecelakaan pekerja di lapangan	√		√	√

Tabel 2.2 Faktor Penyebab Sisa Material Konstruksi (Lanjutan)

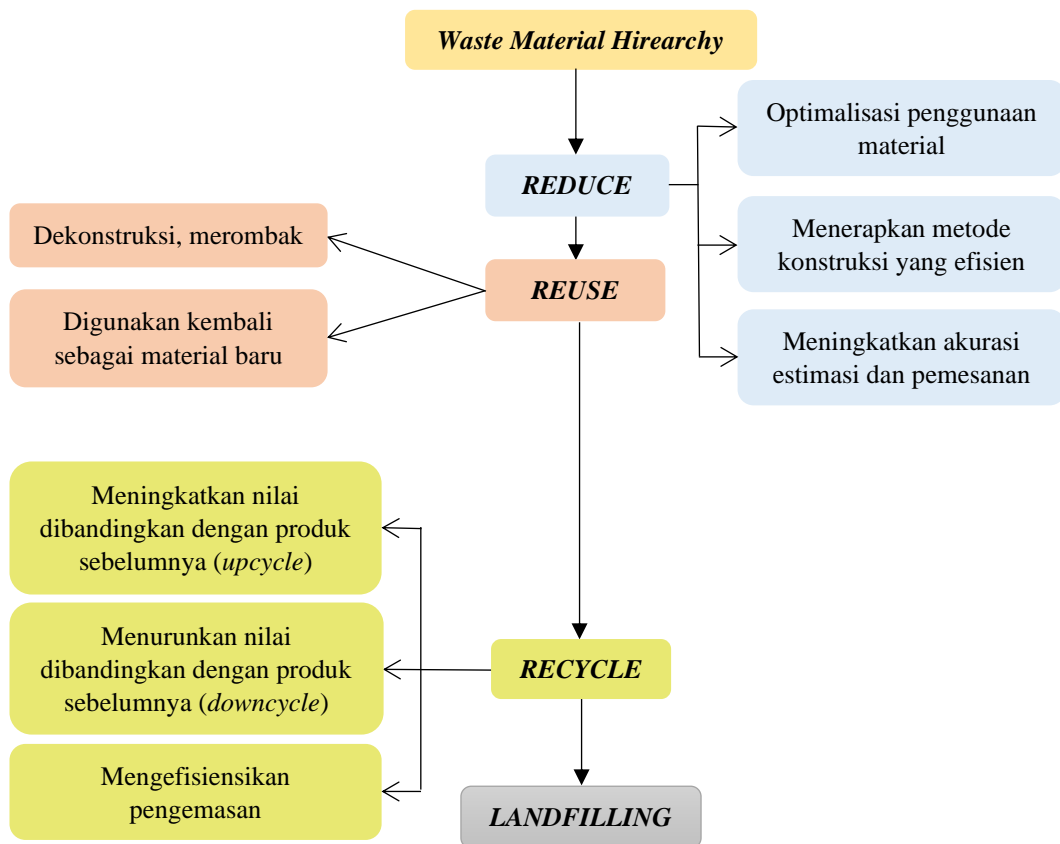
Kategori	Faktor Penyebab	Bossink dan Brouwers, (1996)	Setyanto <i>et al.</i> , (2010)	Safitri <i>et al.</i> , (2017)	Nawawi <i>et al.</i> , (2021)
Pelaksanaan	Penggunaan bahan yang salah yang membutuhkan penggantian	√	√		√
	Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi	√			√
Residual	Kesalahan pada saat memotong material	√			√
	Sisa material karena proses pemakaian	√			√
Manajemen dan Perencanaan	Penundaan penyampaian informasi dan jenis ukuran material			√	√
	Kurangnya pengontrolan di lapangan			√	
	Kurangnya pengawasan di lapangan			√	
Lain-lain	Kehilangan akibat pencurian	√	√		√
	Buruknya pengontrolan material di proyek dan perencanaan manajemen terhadap sisa material	√			√

### 2.2.2 Penanganan Sisa Material Konstruksi

Penanganan terhadap timbulan sisa material perlu dilakukan melihat besarnya sisa material konstruksi yang terjadi. Pengelolaan limbah konstruksi sebagai suatu usaha yang dilakukan dengan tujuan mengurangi penggunaan berbagai sumber penggunaan kembali dan pembuangan bahan bangunan (Ervianto, 2005). Limbah konstruksi dapat dikelola dengan melakukan 3R, yaitu *reduce* (mengurangi), *reuse* (menggunakan kembali), *recycle* (mendaur ulang), dan *salvage* (Putri *et al.*, 2021).

*Reduce* merupakan upaya yang dilakukan untuk mengurangi sisa material konstruksi yang dihasilkan selama proses konstruksi (Ahmad *et al.*, 2021).

Proses *reduce* dapat dilakukan dengan melakukan estimasi secara akurat sehingga tidak menghasilkan volume berlebih, material digunakan secara optimal dengan membuat pola pemotongan, serta menyesuaikan ukuran material yang digunakan dengan material pabrik. *Reuse* merupakan pengelolaan sisa material dengan menggunakan kembali material sisa dengan cara memisahkan material yang masih bisa digunakan supaya tidak tercecer dan rusak. *Recycle* merupakan pengelolaan sisa material yang dilakukan dengan penguraian bahan-bahan yang masih dapat didaur ulang dan kemudian didaur ulang untuk menghasilkan material baru. Berikut ini merupakan hirarki dari penanganan material konstruksi.



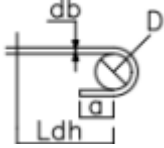
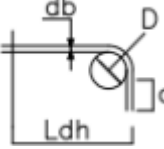
Gambar 2.2 Tahapan Penanganan Limbah Konstruksi  
 Sumber: Ahmad *et al.*, 2021

### 2.3 Bar Bending Schedule

*Bar Bending Schedule* (BBS) merupakan susunan model pembengkokan tulangan yang berisi mengenai bentuk, diameter, panjang dan jumlah tulangan sebagai acuan dalam pengadaan material besi (Jayantari et al., 2022). Masifnya kebutuhan penggunaan tulangan dan diameter yang beragam pada pembangunan suatu gedung dapat dipermudah dengan menggunakan *Bar Bending Schedule*. *Output* yang dihasilkan dari BBS berupa pola potongan tulangan dengan panjang sisa yang diketahui sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan bahan dengan menyalurkan sisa tulangan ke item pekerjaan lain (Dharmawansyah et al., 2023).

Pembuatan *Bar Bending Schedule* dapat dilakukan secara manual dengan menggunakan bantuan *Microsoft Excel* untuk perhitungannya. Namun, pengerjaan secara manual relatif membutuhkan waktu yang lama. Seiring dengan perkembangan teknologi, terdapat perangkat *Cubicost TRB* yang dapat digunakan untuk membuat *Bar Bending Schedule* yang berpedoman pada SNI-2487:2013.

Tabel 2.3 Detail Panjang Penyaluran Kait Standar

Sudut Lengkung	Gambar	Diameter Pelengkungan (D)	Panjang Ujung (a)
180°		D10 ~ D25 = 6db D29 ~ D36 = 8db D44 ~ D56 = 10db	4db Atau Min. 60 mm
90°			12 db

Panjang penyaluran ( $L_d$ ) digunakan untuk memperkuat rencana tulangan pada suatu penampang dengan panjang seperti yang tertera pada **Tabel 2.3**. Agar beton bertulang yang bersifat komposit dapat berfungsi dengan baik, maka diperlukan

kerja sama antar tulangan seutuhnya dengan beton supaya terjadi penyaluran gaya yang baik dari suatu bahan ke bahan yang lain. Kemudian terdapat detail pembengkokan tulangan untuk kebutuhan sengkang seperti pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2.4 Detail Kait Sengkang

Sudut Lengkung	Gambar	Diameter Pelengkungan (D)	Panjang Ujung (a)
135°		D10 ~ D25 = 6db D29 ~ D36 = 8db	6db
90°		D44 ~ D56 = 10db	12db

### 2.3.1 Konvensional

Pembuatan *Bar Bending Schedule* dengan cara konvensional memiliki langkah-langkah yang perlu memperhatikan diameter besi, ukuran pola, serta bentuk pembengkokannya. Pembuatan *Bar Bending Schedule* dengan metode konvensional memerlukan ketelitian yang tinggi untuk menghasilkan perhitungan yang akurat. Standar-standar yang digunakan dalam proses ini tergantung pada gambar kerja yang dikeluarkan oleh kontraktor (Abidah dan Wiguna, 2023). **Tabel 2.5** merupakan bentuk dari *Bar Bending Schedule*.

Tabel 2.5 *Bar Bending Schedule*

No	Bentuk Tulangan	D (mm)	a (m)	b (m)	c (m)	L <sub>1</sub> (m)	L <sub>2</sub> (m)	Qty
1.		10	7,2	0	0,29	7,49	4,51	120
2.		13	3,4	0,37	1,2	9,94	2,06	450

**Tabel 2.5** berisi contoh mengenai bentuk BBS yang dilakukan secara manual. Terdapat item panjang tulangan yang diperoleh dari perhitungan panjang tulangan dengan memperhatikan standar detail yang ditandai dengan kode a, b, dan c.  $L_1$  merupakan jumlah panjang tulangan yang akan dipotong yang kemudian akan menghasilkan panjang sisa material ( $L_2$ ) dari pengurangan panjang tulangan utuh 12 meter.

### **2.3.2 *Cubicost Take Off for Rebar (TRB)***

*Cubicost* merupakan salah satu perangkat lunak untuk pekerjaan *quantity take off* yang menjadi bagian dari *Building Information Modelling (BIM)* (Anindya dan Gondokusumo, 2020). Perangkat *Cubicost TRB* merupakan perangkat yang digunakan untuk perhitungan kebutuhan besi tulangan dalam satuan berat (Permatasari et al., 2023). Pemodelan pada *Cubicost TRB* dimulai dengan memasukkan gambar yang berasal dari gambar kerja CAD. Identifikasi dilakukan dengan memasukkan data dan deteksi detail tulangan.

Kalkulasi pada *Cubicost TRB* menghasilkan *output* kebutuhan berat baja tulangan yang telah memperhitungkan standar detail tulangan berupa kait standar, diameter bengkokan, penempatan tulangan dan selimut beton (Permatasari et al., 2023). Perhitungan volume material besi dengan menggunakan *Cubicost TRB* membutuhkan waktu yang lebih cepat 58% dari pemodelan metode konvensional. Pada pemodelan *Cubicost TRB* membutuhkan waktu selama 2 jam 29 menit, sedangkan pada pemodelan konvensional membutuhkan waktu selama 5 jam 54 menit (Anindya dan Gondokusumo, 2020). Berikut ini merupakan langkah-langkah untuk melakukan pemodelan dalam *Cubicost TRB*.



1. Penyesuaian standar pekerjaan pembesian antara *Cubicost* TRB dengan standar detail proyek.
2. Pengaturan jumlah dan elevasi lantai bangunan.
3. Menginput gambar denah lantai ke dalam TRB dari gambar CAD.
4. Membuat as grid bangunan dengan menggunakan *auto identify*.
5. Membuat detail penulangan kolom, balok, pelat.
6. Menginput kolom, balok, dan pelat sesuai dengan denah.
7. Kalkulasi untuk mendapat hasil jumlah setiap item penulangan.
8. *View quantity* pada setiap kategori kemudian export ke dalam bentuk *Excel*.

#### **2.4 Subjek Penelitian**

Subjek penelitian merupakan suatu hal yang berkaitan dengan permasalahan yang diteliti serta untuk memperoleh data untuk menunjang tercapainya tujuan penelitian. Subjek dalam penelitian kuantitatif disebut sebagai responden yang jumlahnya berkaitan erat dengan tiga hal, yaitu populasi, sampel, dan teknik sampling (Nasrullah et al., 2023).

##### **a. Populasi**

Populasi merupakan kumpulan aspek penelitian berupa objek dan subjek yang terkumpul dalam suatu tempat yang memiliki karakteristik. Besarnya suatu populasi untuk digunakan dalam suatu penelitian memiliki nilai minimum, yaitu terdapat 30 individu (Amin et al., 2023). Penelitian ini mengambil populasi berupa pekerja Proyek Pembangunan Gudang XYZ Cakung dengan karakteristik individu yang memiliki jabatan sebagai Manajer, *Engineer*, *BBS*, Logistik, Pelaksana, Pengawas, dan *Quantity Surveyor*. Jumlah populasi yang memenuhi karakteristik tersebut sebesar 29 orang.

## b. Sampel

Sampel merupakan sebagian dari total individu yang menjadi objek untuk memperoleh data penelitian yang mewakili populasi penelitian (Amin et al., 2023). Jumlah populasi dengan karakteristik yang telah disebutkan kurang dari 30 orang membuat penentuan jumlah sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik sampling jenuh. Teknik tersebut menetapkan seluruh populasi menjadi sampel penelitian (Sugiyono, 2013). Sampel jenuh digunakan pada penelitian yang memiliki populasi relatif kecil yang sudah maksimum dimana jika ditambah tidak merubah keterwakilan (Sugiyono, 2013).

## 2.5 Pengujian Kuesioner

Pengukuran tanggapan dan pandangan para responden penelitian terhadap indikator kriteria penelitian dengan Skala *Likert* dapat dinyatakan dalam skor 1 sampai dengan 5 (Sugiyono, 2013). Setiap skor memiliki menyatakan tanggapan dari sangat positif hingga tanggapan sangat negatif atau sebaliknya. **Tabel 2.6** berikut merupakan rentang jawaban kuesioner dengan menggunakan Skala *Likert*.

Tabel 2.6 Skala Penilaian

Keterangan Penilaian	Skor Penilaian
Sangat berpengaruh	5
Berpengaruh	4
Cukup berpengaruh	3
Kurang berpengaruh	2
Sangat kurang berpengaruh	1

Sumber: Sugiyono, 2013

Pengujian data primer yang diperoleh dari hasil kuesioner dilakukan untuk memastikan item-item yang digunakan sebagai kriteria penelitian relevan dengan

penelitian dan keadaan saat penelitian dilakukan. Pengujian yang dilakukan berupa pengujian validitas dan reliabilitas seperti berikut.

a. Validitas

Pengujian validitas yang dilakukan pada data perolehan kuesioner dilakukan untuk memastikan kriteria yang digunakan berupa faktor penyebab dan penanganan sisa material konstruksi dapat menyatakan keadaan sesuai yang terjadi di lapangan (Sugiyono, 2013). Penilaian pada suatu alat ukur yang memiliki nilai validitas yang rendah dianggap kurang valid untuk digunakan. Kriteria penelitian dapat dinyatakan valid apabila menghasilkan nilai R hitung > R tabel. Nilai R Tabel terlampir pada **Lampiran 4**. Pengukuran nilai tabel dapat dilakukan dengan persamaan berikut.

$$R \text{ hitung} = \frac{n \times \Sigma(XY) - ((\Sigma X) \times (\Sigma Y))}{\sqrt{(n \times \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2) \times (n \times \Sigma Y^2 - (\Sigma Y)^2)}} \dots\dots\dots(2-5)$$

Keterangan:

- R hitung = koefisien korelasi
- $\Sigma X$  = jumlah skor item
- $\Sigma Y$  = jumlah skor total
- $\Sigma XY$  = jumlah (skor item x skor total)
- $\Sigma X^2$  = skor item kuadrat lalu dijumlahkan
- $\Sigma Y^2$  = skor total kuadrat lalu dijumlahkan
- n = jumlah responden

b. Reliabilitas

Kriteria yang digunakan dalam penyusunan kuesioner berasal dari penelitian terdahulu sehingga perlu dilakukan pengujian untuk memeriksa kriteria masih bisa digunakan berulang. Uji Reliabilitas ini dilakukan menggunakan bantuan program

IBM SPSS (*Statistical Product and Service Solutions*) dengan menggunakan *Metode Cronbach's Alpha* yang mana kriteria penelitian dapat dikatakan reliabel apabila nilai *alpha* lebih besar dari 0,7. Perhitungan uji reliabilitas dapat dilakukan dengan persamaan.

$$R11 = \frac{2 \times rb}{1 + rb} \dots\dots\dots(2-6)$$

Keterangan:

r11 = koefisien reliabilitas internal seluruh item

rb = koefisien product moment (dari r hitung)

c. Analisis *Relative Importance Index*

*Relative Importance Index* (RII) merupakan perhitungan yang menghasilkan indeks kepentingan pada setiap kriteria yang diperoleh berdasarkan penilaian responden (Noviyarsi et al., 2023). Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menentukan tingkat kepentingan faktor-faktor yang digunakan. Nilai indeks kepentingan diperoleh dengan persamaan berikut.

$$RII = \frac{5 \times (N_5) + 4 \times (N_4) + 3 \times (N_3) + 2 \times (N_2) + 1 \times (N_1)}{W \times (N_5 + N_4 + N_3 + N_2 + N_1)} \dots\dots\dots(2-7)$$

Keterangan:

N5 = total atau banyaknya responden yang mengisi skala 5

N4 = total atau banyaknya responden yang mengisi skala 4

N3 = total atau banyaknya responden yang mengisi skala 3

N2 = total atau banyaknya responden yang mengisi skala 2

N1 = total atau banyaknya responden yang mengisi skala 1

W = skala likert paling besar yang dipakai.

Besarnya indeks kepentingan relatif berada pada rentang 0-1 dimana semakin besar nilai indeksnya menunjukkan semakin penting faktor tersebut. **Tabel 2.7** merupakan level kepentingan indeks RII.

Tabel 2.7 Level Kepentingan RII

Rentang Nilai RII	Level Kepentingan
$0,81 \leq RII \leq 1$	<i>High (H)</i>
$0,61 \leq RII \leq 0,80$	<i>Medium-High (M-H)</i>
$0,41 \leq RII \leq 0,60$	<i>Medium (M)</i>
$0,21 \leq RII \leq 0,40$	<i>Medium-Low (M-L)</i>
$0 \leq RII \leq 0,20$	<i>Low (L)</i>

Sumber: Faustine dan Waty, 2022

Level kepentingan dalam *Relative Importance Index* memiliki rentang nilai 0 hingga 1 diperoleh berdasarkan Persamaan 2-7. Terdapat lima tingkatan level kepentingan sesuai dengan **Tabel 2.7** dari tingkat rendah hingga tinggi. Rentang nilai tersebut dapat membantu untuk menentukan prioritas pemeringkatan pada faktor-faktor yang digunakan, dalam hal ini pemeringkatan pada faktor-faktor penyebab sisa material konstruksi pada.

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai sisa material konstruksi telah dilakukan pada penelitian sebelumnya pada jenis bangunan, material, alat ukur dan menggunakan metode yang berbeda. **Tabel 2.8** merupakan hasil dari penelitian mengenai sisa material konstruksi yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya yang dijadikan sebagai acuan dan juga untuk menemukan *novelty* atau kebaruan dari penelitian yang sedang dilakukan.

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian, Peneliti	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Kajian Penggunaan <i>Cubicost</i> untuk Pekerjaan <i>Quantity Take Off</i> Pada Proses Tender (Anindya dan Gondokusumo, 2020).	Metode kuantitatif dengan melakukan simulasi <i>quantity take off</i> dengan menggunakan <i>Cubicost</i> TRB dan metode konvensional.	Penggunaan <i>Cubicost</i> dapat mempercepat waktu pengerjaan hingga 58% dengan langkah pengerjaan yang lebih singkat, yaitu 10 langkah. Hasil volume material besi dengan <i>Cubicost</i> lebih besar jika dibandingkan dengan metode konvensional. Kendala terbesar yang dihadapi adalah tidak semua standar detail konsultan struktur dapat diserap <i>Cubicost</i> .
2	Analisis Sisa Besi Tulangan Menggunakan <i>Software Cutting Optimization Pro</i> pada Konstruksi Gedung (Partama et al., 2023).	Metode kuantifikasi digunakan dalam penelitian ini dengan melakukan pengamatan dan instrumen kuesioner dengan skala likert. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa RAB, gambar kerja, data logistik, dan data pembelian material berasal dari Proyek Pembangunan Villa Stilo.	Kebutuhan penulangan untuk pekerjaan struktur dengan diameter tulangan 8, 10, D10, D13, M7, dan M10 sebesar 1.205 batang, 103 batang, 75 batang, 882 batang, 21 lembar, dan 18 lembar. Biaya yang dikeluarkan untuk kebutuhan tersebut sebesar Rp 225.937.460,00. Metode konvensional menghasilkan sisa material dan biaya sebesar 9,43% dan Rp 19.937.700,00. SCOP menghasilkan sisa material sebesar 4,36% dengan biaya Rp 9.693.760,00.

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Judul Penelitian, Peneliti	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
3	Studi Analisis Persentase <i>Waste</i> Besi Beton dan Faktor Penyebabnya pada Bangunan Bertingkat Rendah di Jakarta (Geraldi dan Sulistio, 2020).	Metode kuantifikasi dengan pengamatan dan wawancara dengan bantuan instrumen kuesioner. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini berupa RAB, gambar kerja, data logistik, dan data pembelian material.	Persentase <i>waste</i> besi pada 10 proyek gedung bertingkat rendah di daerah Jakarta diperoleh sebesar 4,384%. Dengan nilai persentase <i>waste</i> besi terkecil dan tertinggi sebesar 2,01% dan 6,96%. <i>Waste</i> material besi terjadi akibat dua faktor tertinggi, yaitu disebabkan oleh manusia dan manajemen pelaksanaan konstruksi.
4	Analisis Faktor Penyebab <i>Construction Waste</i> dan Pengelolaannya serta Dampaknya terhadap Biaya (Henong dan Naikofe, 2021).	Metode kuantifikasi dengan pengamatan di lapangan dan wawancara kepada kepala kontraktor, pengawas, dan mandor untuk memperoleh penyebab terjadinya <i>waste construction</i> . Data terkait RAB, gambar kerja, dan standar digunakan untuk memperoleh besarnya sisa material pada proyek.	Diperoleh hasil sisa material terjadi akibat tiga faktor, yaitu lokasi material dipesan di luar Pulau Jawa, kualitas material kurang baik, dan perilaku pekerja yang enggan menggunakan potongan sisa material. Total biaya akibat timbulnya sisa material konstruksi sebesar Rp 530.378.485,00 dengan biaya sisa material besi yang tidak terpakai sebesar Rp 118.674.000,00 atau sekitar 22,38% dari keseluruhan <i>waste</i> .

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu (Lanjutan)

No	Judul Penelitian, Peneliti	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
5	Evaluasi dan Analisa Material Konstruksi (Fajar et al., 2019)	Metode Pareto digunakan menganalisis material dengan sisa material yang besar. Penyebaran kuesioner dan wawancara kepada pelaksana proyek pembangunan Gedung PERKIM dan Gedung BPMPT di Kota Palangka Raya.	Persentase total biaya sisa material terhadap total biaya proyek Gedung dinas PERKIM <i>consumable material</i> sebesar 3,063% atau senilai Rp. 153.867.005 dan jenis material <i>non consumable</i> sebesar 6,412% atau senilai Rp. 322.048.567. Faktor penyebab utama adalah kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja dan sisa pemotongan material tidak dapat digunakan lagi.

Kebaruan dari penelitian yang dilakukan terdapat pada perangkat pemodelan dalam analisis sisa material konstruksi. Pada penelitian terdahulu nomor 1, *Cubicost* TRB hanya digunakan untuk memperhitungkan kebutuhan volume pembesian melalui kegunaan *Take off Rebar* pada perangkat. Pada penelitian yang akan dilakukan, perangkat *Cubicost* TRB digunakan untuk menghitung sisa material konstruksi besi tulangan melalui hasil BBS yang dihasilkan pada bangunan gudang. Kemudian faktor penyebab sisa material pada material dengan *waste level* tertinggi, dianalisis dengan Metode *Relative Importance Index*. Pendekatan ini memungkinkan analisis mendalam mengenai penyebab utama pemborosan, memberikan wawasan baru dalam upaya pengurangan *waste level* dan peningkatan efisiensi dalam proyek konstruksi.



## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Umum

Penelitian ini menggunakan Metode Kuantitatif dengan melakukan pengamatan pada Proyek Pembangunan Gudang XYZ Cakung. Proyek yang diamati merupakan pembangunan gudang logistik terletak pada daerah industri yang berlokasi di Jalan Raya Cakung Cilincing, Jakarta Timur, DKI Jakarta. Peta lokasi penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.

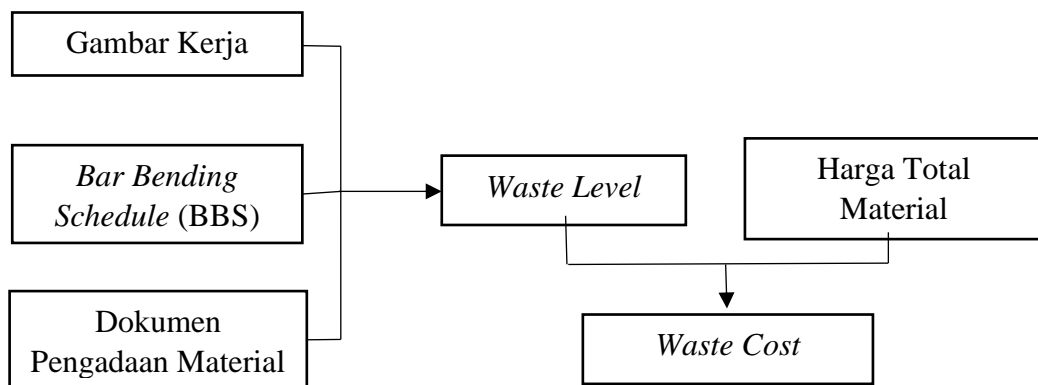


Gambar 3.1 Lokasi Pembangunan Gudang XYZ Cakung

Waktu pelaksanaan pembangunan gudang ini direncanakan berlangsung selama 20 bulan. Gudang ini memiliki luas bangunan sebesar 111.590 m<sup>2</sup> dengan ketinggian 32,69 m dan terdiri atas 2 lantai, 2 mezzanine, dan atap baja. Pekerjaan yang diamati merupakan pekerjaan struktur atas bangunan yang telah terlaksana. Pengamatan di

lapangan dilakukan untuk memahami permasalahan yang terjadi. Selain itu, penggunaan kuesioner juga digunakan untuk memperoleh faktor yang menjadi penyebab utama dalam timbulnya sisa material pada material dengan perolehan nilai *waste level* tertinggi dari analisis *waste level* pada material besi dan beton.

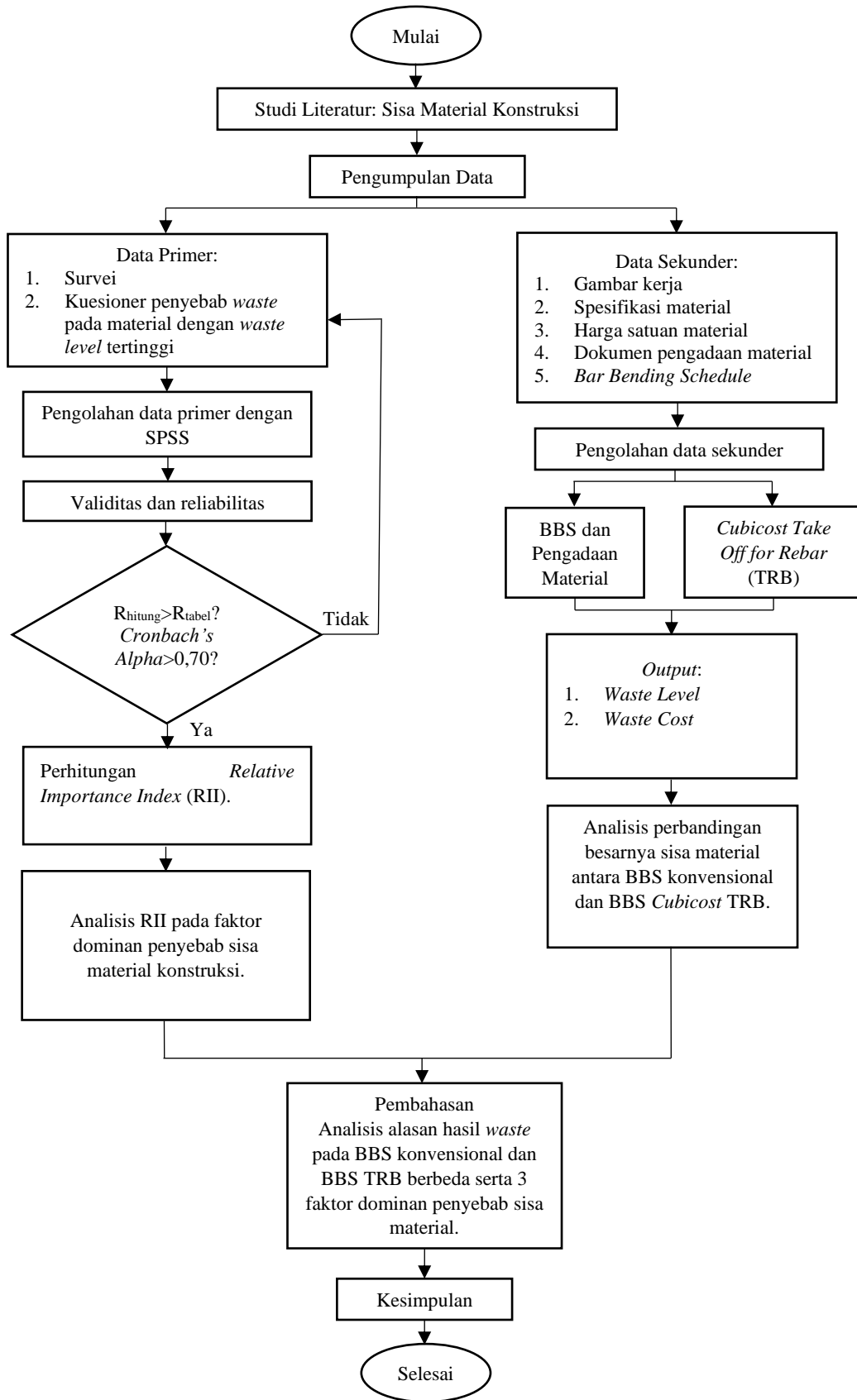
Data yang telah diperoleh kemudian diolah menggunakan aplikasi *Statistical Product and Service Solutions* (SPSS). Perhitungan *waste level* dan *waste cost* material diperoleh dari data perusahaan seperti harga satuan material, gambar kontrak, gambar kerja, dan data pengadaan material. Berikut ini merupakan hubungan antar kriteria dalam penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 3.2** berikut.



Gambar 3.2 Kriteria *Waste Level* dan *Waste Cost*

### 3.2 Kerangka Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilakukan penelitian disusun secara sistematis untuk memudahkan pelaksanaan penelitian. Dalam kerangka penelitian terdapat sejumlah langkah berupa persiapan, perolehan data, proses pengolahan data dan analisis terhadap hasil yang diperoleh. Berikut ini merupakan rangkaian tahapan penelitian ditunjukkan pada **Gambar 3.3** berikut.



Gambar 3.3 Kerangka Penelitian

### **3.3 Metode Pengumpulan Data**

Penyusunan metode pengumpulan data dalam suatu penelitian perlu dilakukan secara sistematis dan sebaik mungkin untuk memperoleh data yang relevan sehingga dapat menunjang tercapainya tujuan penelitian. Data penelitian yang digunakan berupa data primer dan data sekunder.

#### **3.3.1 Data Primer**

Pengumpulan data primer dilakukan dengan melakukan penyebaran kuesioner kepada pihak kontraktor pelaksana sebagai responden penelitian. Penetapan responden dalam penelitian ini terdiri dari *Project Manager (PM)*, *Deputy Project Manager (DPM)*, *Engineering Manager*, *Quantity Surveyor Manager*, *Bar Bending Scheduler (BBS)*, *Site Manager (SM)*, *Supervisor*, *Logistic*, *Quality Control (QC)* dan Pengawas. Kuesioner dalam penelitian ini digunakan untuk memperoleh faktor penyebab terjadinya sisa material konstruksi dengan kategori sebanyak 9 kategori.

Responden penelitian merupakan para pekerja pada Proyek Pembangunan Gudang XYZ Cakung. Jumlah sampel ditentukan dengan menggunakan *sampling* jenuh karena keterbatasan jumlah populasi yang tersedia pada lokasi penelitian. Dengan menggunakan teknik *sampling* jenuh, sampel penelitian telah merepresentasikan keseluruhan populasi karena seluruh populasi dinyatakan sebagai sampel penelitian.

Validasi oleh para pakar dalam bidang konstruksi terhadap daftar kriteria dalam kuesioner yang telah tersusun terlebih dahulu dilakukan sebelum kuesioner disebar. Hal tersebut dilakukan untuk memperkuat dasar pengambilan dan relevansi kriteria faktor penyebab dan cara penanganan sisa material konstruksi dalam kuesioner dengan kondisi di lapangan. Penilaian terkait dengan kuesioner

penyebab dominan sisa material konstruksi didasari oleh pengalaman dan keadaan di lapangan. Jadi, penentuan jumlah kriteria responden dalam penelitian ini didasarkan kepada jabatan dan pengalaman kerja.

### 3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder penelitian diperoleh dari kontraktor pelaksana Pembangunan Proyek Gudang XYZ Cakung, yaitu PT. Pulauintan Bajaperkasa. Data-data yang dikumpulkan merupakan data yang akan digunakan dalam perhitungan sisa material konstruksi seperti gambar kerja, gambar kontrak, harga satuan material, BBS, data pengadaan material, dan dokumentasi penggunaan material. Data gambar digunakan untuk menghitung kebutuhan volume material besi dan beton. Jumlah material rencana serta biaya termuat dalam dokumen pengadaan material serta untuk mengetahui material yang telah terpasang dapat melihat pada dokumen BBS dan pengontrolan.

#### a. Gambar Kerja

Gambar kerja digunakan sebagai acuan yang digunakan untuk melakukan pemodelan pekerjaan struktur pada perangkat *Cubicost* TRB. Pemodelan tersebut akan menghasilkan volume tulangan dan *scheduling* tulangan. Penggunaan gambar kerja ditujukan untuk memperoleh standar-standar yang digunakan dalam suatu perhitungan struktur. Gambar kerja denah peletakan item kolom, balok, dan pelat serta detail gambarnya terdapat pada **Lampiran 6**. Denah yang akan dimodelkan difokuskan kepada As A0-F/7-17 karena telah terealisasi di lapangan.

#### b. BBS

BBS atau *Bar Bending Schedule* merupakan dokumen penting yang berisi rincian data pemotongan dan penjadwalan besi tulangan yang digunakan dalam suatu

pekerjaan struktur. Dokumen ini digunakan untuk mengendalikan penggunaan besi tulangan secara efisien, dengan mencantumkan panjang tulangan yang dibutuhkan untuk berbagai kebutuhan penulangan, seperti penulangan utama, sengkang, *ties*, dan tulangan ekstra. Pembuatan BBS bergantung pada standar detail penulangan yang digunakan oleh kontraktor pelaksana.

Biasanya, besi tulangan tersedia dalam bentuk batangan dengan panjang standar 12 meter. Setelah pemotongan sesuai dengan kebutuhan, sisa potongan besi tersebut seringkali masih dapat dimanfaatkan untuk penulangan elemen struktur lain di area yang berbeda, asalkan panjang sisa potongan tersebut masih memenuhi persyaratan teknis. Dengan demikian, BBS tidak hanya membantu dalam mengoptimalkan penggunaan material tetapi juga mengurangi *waste level* dengan memaksimalkan pemanfaatan sisa potongan besi yang masih layak digunakan. Hal tersebut dapat berperan penting dalam efisiensi biaya dan sumber daya pada proyek konstruksi.

#### c. Data Monitoring Pengecoran

Monitoring pengecoran berisi volume rencana hingga volume realisasi pengecoran beton pada setiap pekerjaan struktur di lapangan. Terdapat data jumlah benda uji dari setiap *truck mixer* yang masuk untuk melakukan pengecoran. Benda uji tersebut terdiri dari benda uji untuk 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Selain itu, monitoring juga digunakan untuk mengawasi jumlah pemakaian material beton pada setiap elemen struktur agar sesuai dengan perencanaan.

#### d. Volume Material

Kebutuhan volume material merupakan kebutuhan material untuk dapat menjalankan suatu pekerjaan konstruksi. besarnya kebutuhan material konstruksi diperoleh melalui perhitungan yang didasarkan kepada gambar kerja. Dalam hal ini,

jumlah volume yang diperoleh untuk pekerjaan besi dan beton diperoleh dari hasil monitoring beton dan *Bar Bending Schedule* proyek.

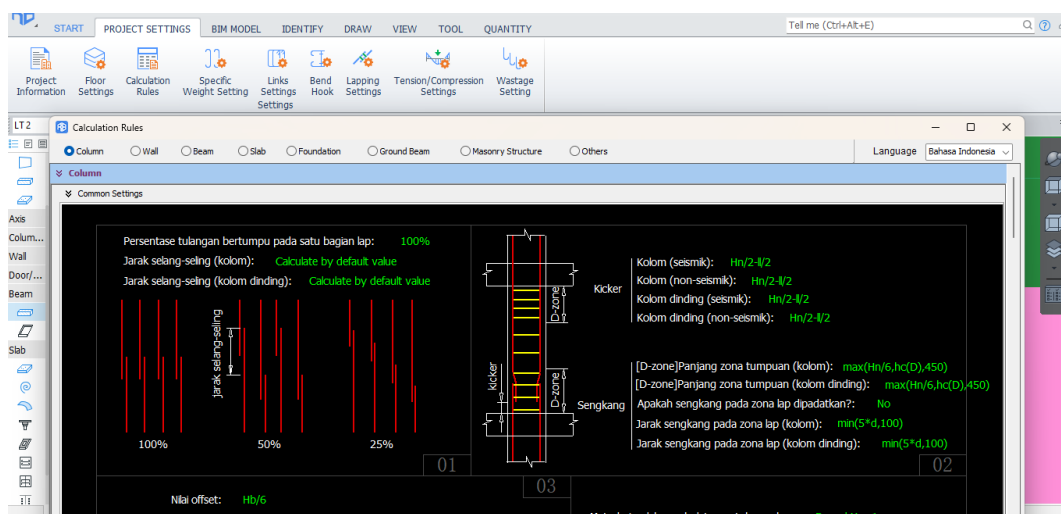
#### e. Harga Satuan Material

Harga Satuan Material merupakan harga yang diperoleh dengan menghitung harga material yang dikalikan dengan konstanta pada setiap material. Nilai dari harga satuan material beton dan besi pada proyek ini terlampir pada **Lampiran 6**.

### 3.3.3 Pemodelan *Cubicost Take Off for Rebar (TRB)*

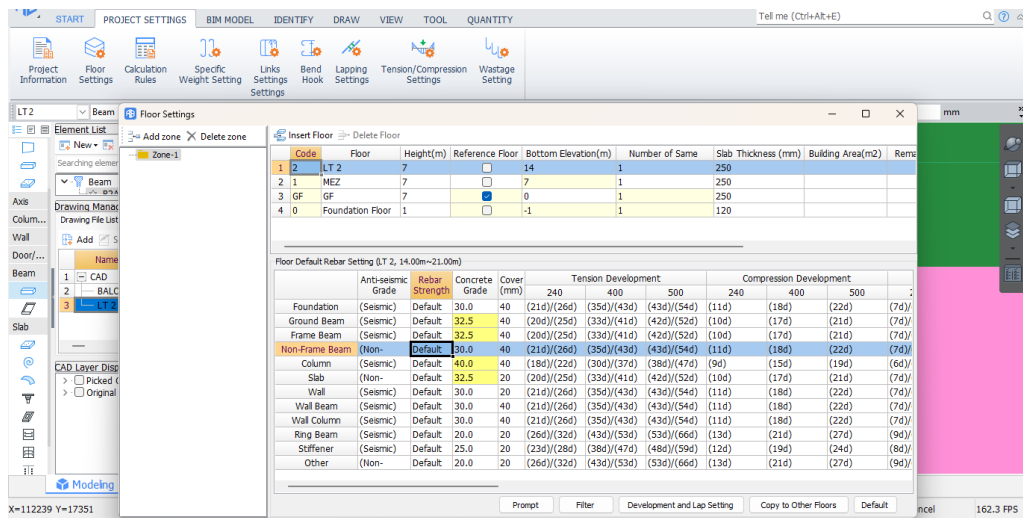
Pembuatan pola pemotongan keperluan besi tulangan dengan menggunakan *Cubicost Take Off for Rebar* membutuhkan gambar kerja berupa denah yang diinput ke dalam perangkat untuk membantu pemodelan. Setelah menginput gambar kemudian memasukkan detail penulangan berdasarkan standar detail yang digunakan. Berikut ini merupakan langkah-langkah perhitungan sisa material dengan menggunakan *Cubicost Take Off for Rebar* TRB.

- a. Pengaturan persyaratan kalkulasi pada perangkat *Cubicost* TRB dengan standar detail pada gambar kerja dilakukan untuk menyamakan persepsi perhitungan karena akan mempengaruhi *output* panjang tulangan.



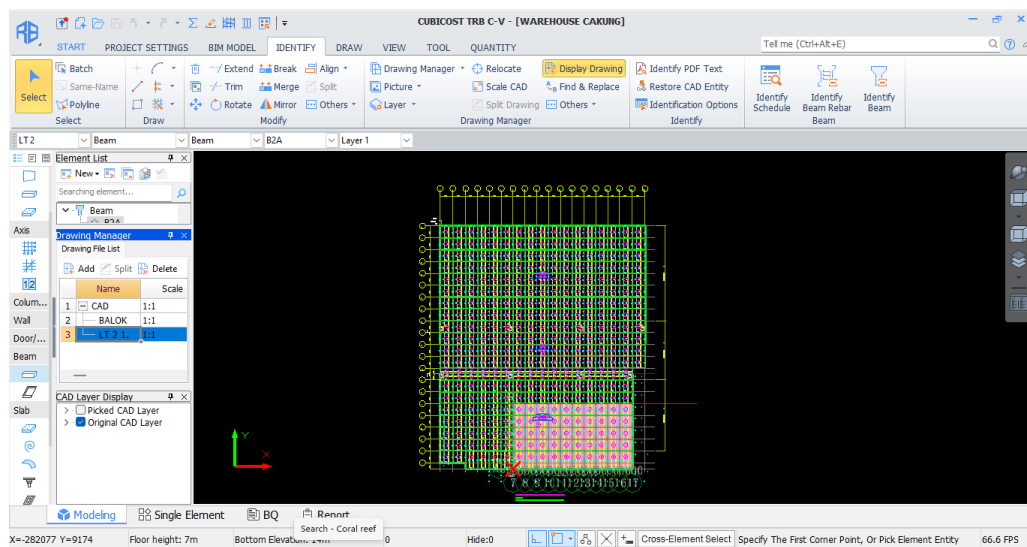
Gambar 3.4 Mengatur Peraturan Kalkulasi

- b. Pembuatan elevasi tiap lantai bangunan digunakan untuk menghasilkan suatu pemodelan.



Gambar 3.5 Membuat Elevasi Lantai Bangunan

- c. Memasukkan denah gambar kerja digunakan sebagai acuan untuk meletakkan setiap elemen kolom, balok, dan pelat sesuai dengan letak dan tipenya.



Gambar 3.6 Input Gambar Kerja

- d. Pembuatan *as-grid* dengan cara *auto-identify* dapat dilakukan secara langsung dengan mengklik *pick sideline* kemudian pilih garis grid, *pick label* lalu klik pada nama dan dimensi grid, kemudian klik *auto identify* untuk membuat denah.



- e. Memasukkan tulangan kolom pada tulangan utama, sengkang dan ties dengan jumlah dan jarak sesuai dengan standar detail gambar kerja. Setelah melakukan penulangan, selanjutnya memasukkan pada denah kolom sesuai tipenya.
- f. Proses memasukkan elemen balok dan pelat sesuai tipenya ke dalam pemodelan.
- g. Penulangan balok dilakukan pada tulangan sengkang, tulangan pinggang, tulangan utama atas dan tulangan bawah yang jumlahnya berbeda pada lokasi tumpuan dan lapangan.
- h. Setelah menginput data-data yang diperlukan, kemudian dapat dilakukan kalkulasi untuk memperoleh besarnya volume kebutuhan material besi dan *Bar Bending Schedule* pada elemen kolom, balok, dan pelat. Hasilnya dapat terlihat pada **Lampiran 8**.

### 3.4 Analisis Sisa Material

Perhitungan sisa material konstruksi diperoleh dari volume rencana material yang dibandingkan dengan keadaan material terpasang di lapangan. Perhitungan tersebut dapat dilakukan secara konvensional maupun dengan menggunakan *software*. Penelitian ini akan menggunakan *Cubicost Take Off Rebar (TRB)* untuk memaksimalkan pemotongan material. Metode analisis dalam menganalisis sisa material konstruksi dalam penelitian ini akan menggunakan analisis komparatif untuk membandingkan besarnya sisa material yang terjadi menggunakan metode konvensional dan menggunakan *Cubicost TRB*. Terdapat dua *output* yang akan dihasilkan dalam tahapan ini, yaitu *waste level* dan *waste cost*. Perhitungan nilai *waste level* dan *waste cost* dapat menggunakan persamaan 2-3 dan persamaan 2-4.

### 3.5 Analisis Data Kuesioner

Data penelitian yang diperoleh dari hasil penyebaran kuesioner diolah dengan menggunakan *Software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS)* versi 26.

Berikut ini adalah analisis yang dilakukan terhadap perolehan data kuesioner.

#### a. Validitas

Pengujian validitas pada setiap kriteria penelitian bertujuan untuk menguji data yang diperoleh dari kuesioner. Kriteria penelitian yang tidak memenuhi nilai persyaratan dinilai tidak valid dan dapat dihapuskan dari kriteria penelitian. Proses *Analyze* pengujian validitas dilakukan dengan menghitung nilai korelasi pearson.

#### b. Reliabilitas

Pengujian reliabilitas dilakukan dengan memasukkan data hasil kuesioner ke dalam SPSS, kemudian lakukan *analyze* lalu pilih *scale* dan *reliability analysis*. Kriteria yang digunakan dianggap handal apabila memperoleh nilai  $>0,6$ . Hasil perhitungan uji validitas dan reliabilitas terdapat pada **Lampiran 4**.

#### c. Analisis *Relative Importance Index* (RII)

Nilai *Relative Importance Index* digunakan untuk menentukan faktor dominan yang menyebabkan sisa material konstruksi pada Proyek Gudang XYZ Cakung berdasarkan level kepentingan. Perhitungan nilai indeks dilakukan dengan mencari nilai bobot pada setiap penilaian yang diberikan pada setiap kriteria kemudian membaginya dengan bobot tertinggi. Perhitungan nilai indeks kepentingan dapat menggunakan persamaan 2-7. Kemudian nilai level kepentingan yang diperoleh pada setiap kriteria diberi urutan dari nilai terbesar menuju nilai terkecil. Setelah itu, berdasarkan **Tabel 2.7** setiap kriteria diberi label terkait dengan tingkat level kepentingan dari perolehan nilai RII.

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Analisis Waste Level dan Waste Cost**

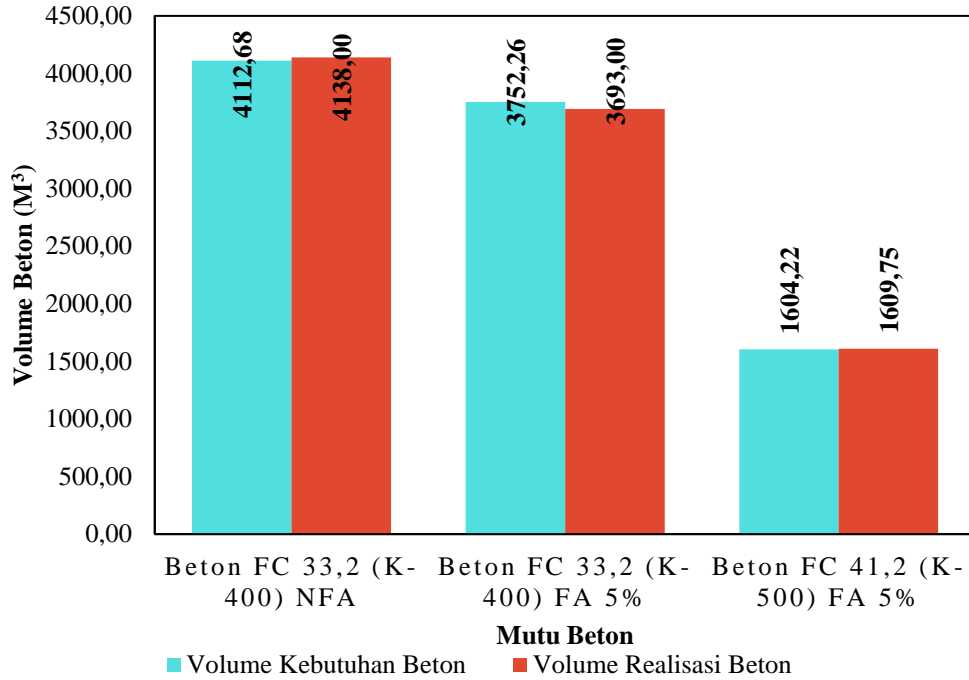
Analisis *waste level* material konstruksi dilakukan untuk memperoleh seberapa besar sisa material yang terjadi pada suatu pekerjaan konstruksi. Perhitungan dilakukan dengan data-data yang diperoleh dari kontraktor pelaksana. Nilai *waste level* suatu material diperoleh dengan mencari selisih dari volume rencana dan volume realisasi di lapangan. Sisa material konstruksi tersebut memiliki nilai ekonomi yang dapat mempengaruhi biaya konstruksi. *Waste cost* diperoleh dengan mengalikan *waste level* dengan biaya total atau dengan mengalikan banyaknya sisa material dengan harga material.

##### **4.1.1 Material Beton**

Volume rencana material beton diperoleh dengan mengalikan dimensi yang dimiliki (panjang×lebar×tinggi). Mutu material beton pada pekerjaan struktur proyek ini memiliki mutu yang tinggi, yaitu beton K-400 atau Fc 33,2 MPa NFA untuk pelat, K-400 atau Fc 33,2 MPa FA 5% untuk balok, dan K-500 Fc 41,50 MPa untuk kolom. Perbedaan mutu pada material beton menghasilkan harga material yang juga berbeda. Pada material beton dengan tambahan FA (*fly ash*), harganya dapat lebih rendah karena material *fly ash* digunakan untuk pengganti material semen yang tergolong cukup mahal dalam material penyusun beton.

Berdasarkan data monitoring pengecoran beton yang diperoleh dari kontraktor pelaksana terdapat perbedaan antara volume kebutuhan beton dan volume

realisasinya. **Gambar 4.1** merepresentasikan perbedaan volume material beton berdasarkan volume kebutuhan dan volume realisasi.



Gambar 4.1 Perbandingan Volume Material Beton

**Gambar 4.1** menunjukkan bahwa volume kebutuhan dan realisasi material beton tidak menghasilkan nilai yang besar. dari data volume tersebut kemudian dilakukan perhitungan pada nilai *waste level* material beton pada setiap mutunya yang kemudian tersaji pada **Tabel 4.1**.

Tabel 4.1 *Waste Level* Material Beton

Mutu Beton	Rencana (m <sup>3</sup> )	Realisasi (m <sup>3</sup> )	Selisih (m <sup>3</sup> )	% Waste
Pelat FC 33,2 (K-400) NFA	4.112,68	4.138,00	-25,32	-0,62%
Balok FC 33,2 (K-400) FA 5%	3.752,26	3.693,00	59,26	1,58%
Kolom FC 41,2 (K-500) FA 5%	1.604,22	1.609,75	-5,53	-0,34%
Total	9469,16	9440,75	28,41	0,30%

Berdasarkan **Tabel 4.1**, pekerjaan pelat dan kolom bernilai negatif karena realisasi material di lapangan melebihi dari volume yang direncanakan sehingga memerlukan tambahan pemesanan material beton yang bisa dianggap sebagai pemborosan material. Pada material beton untuk balok, terdapat *waste level* sebesar 1,58% yang terjadi karena volume realisasi beton di lapangan lebih kecil dari nilai rencana. Perbedaan volume tersebut dapat terjadi karena kondisi di lapangan yang tidak menentu, perubahan desain di lapangan, dan elevasi lantai kerja yang tidak sesuai dengan spesifikasi.

Berdasarkan SNI-7395-2013, nilai *waste* yang dihasilkan oleh material beton berada di bawah batasan persyaratan yang ditetapkan. Koefisien material beton dalam analisis harga dicantumkan sebesar 5%. Dari hasil perolehan nilai *waste level* material beton yang nilainya di bawah 5% menyatakan bahwa tidak terjadi pemborosan material. Selanjutnya dari data tersebut, dapat diperoleh nilai *waste cost* dari material beton dengan mengalikan sisa material dengan harga satuan.

**Tabel 4.2** berikut menyajikan data nilai *waste cost*.

Tabel 4.2 *Waste Cost* Material Beton

Mutu	Sisa Beton (m <sup>3</sup> )	Harga Satuan	<i>Waste Cost</i>
Beton FC 33,2 (K-400) NFA	-25,32	Rp 1.009.100	-Rp 25.550.412
Beton FC 33,2 (K-400) FA 5%	59,26	Rp 870.700	Rp 51.597.682
Beton FC 41,2 (K-500) FA 5%	-5,53	Rp 1.043.700	-Rp 5.771.661
Total			Rp 20.275.609

Berdasarkan **Tabel 4.2**, kerugian akibat timbulnya sisa material beton mutu FC 33,2 MPa dengan tambahan FA 5% mencapai Rp 51.597.682. Biaya kerugian akibat sisa material beton mencapai 1,58, masuk ke dalam kategori sisa material rendah. Selain untuk pekerjaan balok, hasil pengujian slump dan tes kuat tekan beton juga menjadi sisa material. Sebagai pelaku pelaksanaan proyek, pengambilan keputusan terkait sisa material konstruksi perlu dilakukan. Oleh karena itu, sisa material beton dimanfaatkan dalam pembuatan kanstin yang kemudian akan digunakan dalam pekerjaan infrastruktur. Berikut ini merupakan rekapitulasi material kanstin dan material tes beton tertera pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Nilai Manfaat Sisa Material Beton

Material	Jumlah (buah)	Volume (m <sup>3</sup> )	Harga Material	Harga Total
Kanstin	2.195	59,27	Rp 59.300	Rp 130.163.500
Sisa tes beton (untuk hamparan jalan)	752	3,99	-	-
Total				Rp 130.163.500

Berdasarkan **Tabel 4.3**, diperoleh bahwa nilai ekonomis dari memanfaatkan limbah beton untuk membuat kanstin dapat menghemat pengeluaran sebesar Rp 130.163.500. Nilai kerugian dari sisa material beton sebesar Rp 20.275.609, dimana dengan nilai manfaat yang diperoleh maka masih mendapatkan keuntungan sebesar Rp 109.887.891. Keuntungan tersebut diperoleh dari pemanfaatan material sisa beton untuk pembuatan material kanstin sehingga tidak perlu melakukan pengadaan pembelian kanstin untuk keperluan pekerjaan infrastruktur yang setiap buahnya berharga Rp 59.300.

#### 4.1.2 Material Besi

Kebutuhan tulangan pada komponen pekerjaan struktur diperoleh dengan mencari panjang setiap item sesuai dengan spesifikasi sengkang, kait, panjang penyaluran, dan *overlap* yang telah ditentukan. Dapat terjadi perbedaan volume kebutuhan tulangan dan realisasi di lapangan, hal tersebut dapat dipengaruhi oleh pola pemotongan material tulangan. Pada penelitian ini, item pekerjaan struktur yang diamati adalah pekerjaan kolom, balok, dan pelat pada area yang telah selesai dibangun.

Proses pembuatan *schedule* atau pola pemotongan tulangan dilakukan untuk meminimalisir sisa potongan besi yang tak terpakai. Pembuatan BBS dapat dilakukan dengan cara manual atau dengan bantuan perangkat BIM. Pemodelan dengan BIM untuk memperoleh kebutuhan tulangan salah satunya dapat dilakukan dengan perangkat *Cubicost* TRB. Hasil dari pemodelan tersebut berupa besaran kebutuhan tulangan pada elemen balok, kolom dan pelat dalam satuan berat seperti pada **Tabel 4.4**, **Tabel 4.5**, dan **Tabel 4.6**.

Tabel 4.4 Hasil Pembesian Balok *Cubicost* TRB

Tipe	Ukuran (mm)	Berat(kg)		Total Berat Tulangan (kg)
		Diameter Tulangan (mm)		
		13	25	
B1D	850×1650	5.334,89	9.666,84	15.001,74
B1I	850×1650	21.980,81	29.459,70	51.440,51
B1J	850×1650	21.980,81	30.194,10	52.174,91
B2A	1100×2000	2.424,42	2.210,04	4.634,47
B2B	1100×2000	13.510,93	14.286,62	27.797,56
B2C	1100×2000	2.424,42	8.966,06	11.390,49
B2D	1100×2000	13.510,93	19.211,06	32.721,99

Tabel 4.4 Hasil Pembesian Balok *Cubicost* TRB (Lanjutan)

Tipe	Ukuran (mm)	Berat (kg)		Total Berat Tulangan (kg)
		Diameter Tulangan (mm)		
		13	25	
B3F	750×1450	19.076,35	28.571,05	47.647,40
B3I	750×1450	825,17	12.307,45	13.132,62
B4B	750×1600	1.910,97	2.278,65	4.189,62
B4C	750×1600	34.744,91	49.589,49	84.334,39
B5A	750×1600	94.973,78	87.375,39	182.349,17
Total		232.698,39	294.116,46	526.814,85

Berdasarkan **Tabel 4.4**, diperoleh jumlah kebutuhan tulangan dari elemen struktur balok pada setiap tipenya dimulai dari tipe B1D hingga B5A dengan penggunaan tulangan yang beragam. Penulangan pada balok menggunakan tulangan berdiameter 13 mm sebagai tulangan sengkang dan peminggang dan tulangan 25 mm sebagai tulangan utama. Dari hasil tersebut diperoleh kebutuhan penulangan untuk elemen balok sebesar 526,8 ton tulangan. Selanjutnya juga terdapat hasil pembesian pada elemen kolom dan pelat lantai.

Tabel 4.5 Hasil Pembesian Kolom *Cubicost* TRB

Tipe	Ukuran (mm)	Berat (kg)		Total Berat Tulangan (kg)
		Diameter Tulangan (mm)		
		D10	D22	
K1	1100/1100 32D22	9.477,40	31.384,91	40.861,30
K2	1100/1100 40D22	317,45	627,33	944,78
Total		9.704,85	32.011,23	41.806,08

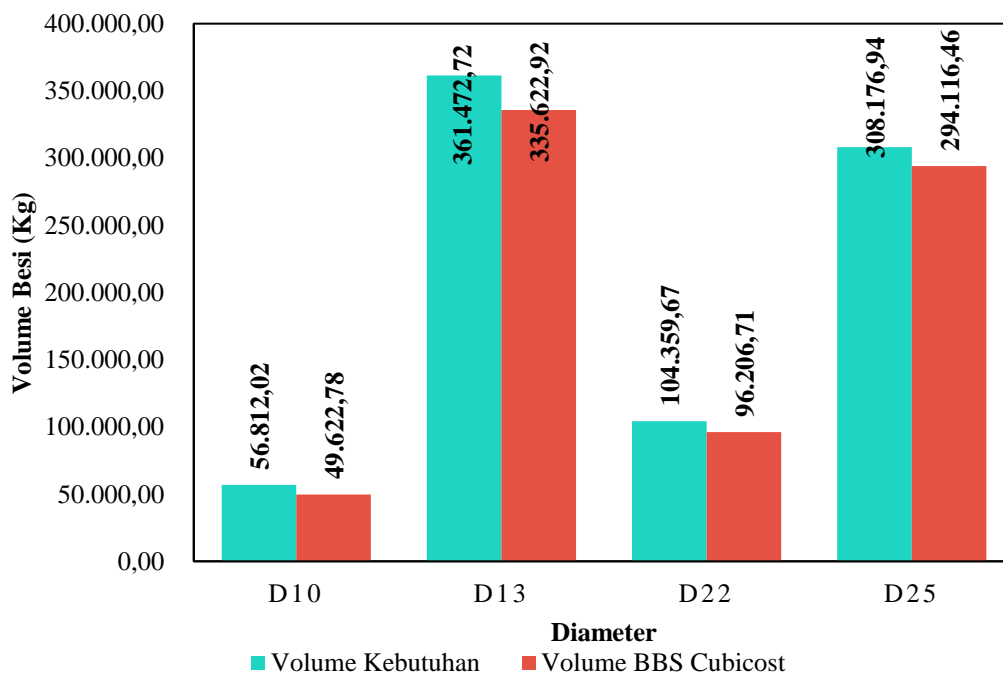
Pada area pembangunan gudang yang dimodelkan, terdapat 2 tipe kolom yaitu kolom K1 dan kolom K2 yang memiliki dimensi sama namun jumlah penulangan yang berbeda. Kebutuhan penulangan untuk elemen kolom sebesar 41,8 ton.



Tabel 4.6 Hasil Pembesian Pelat *Cubicost* TRB

Pelat S1		Satuan
D13		
Panjang	98.786,84	m
Berat	102.924,53	kg

Jenis pelat pada area yang dimodelkan sama yang memiliki kebutuhan material besi sebesar 102,9 ton. Perhitungan nilai *waste level* dan *waste cost* dilakukan pada setiap elemen struktur untuk dapat melihat elemen mana yang menghasilkan sisa material terbesar. Data volume kebutuhan dan realisasi material besi menggunakan perangkat *Cubicost* TRB kemudian direpresentasikan pada **Gambar 4.2**.



Gambar 4.2 Perbandingan Volume Pembesian dengan Volume *Cubicost*

**Gambar 4.2** menunjukkan bahwa diameter tulangan 13 mm dan 25 mm merupakan diameter tulangan yang memiliki volume besar. Terdapat perbedaan volume pembesian pada perhitungan kebutuhan dengan volume *Cubicost* TRB. Dengan membandingkan besarnya volume kebutuhan material besi dengan hasil volume

dari *Cubicost* TRB dapat diperoleh banyaknya sisa material konstruksi besi. Berikut pada **Tabel 4.7** merupakan besarnya *waste level* yang dihasilkan pada setiap elemen kolom, balok, dan pelat.

Tabel 4.7 *Waste Level* Elemen dengan BBS *Cubicost* TRB

Elemen	Diameter	Kebutuhan (kg)	Realisasi (kg)	Sisa Besi (kg)	<i>Waste Level</i> (%)
Kolom	D10	56.812,02	49.622,78	7.189,24	12,65%
	D22	104.359,67	96.206,71	8.152,96	7,81%
Pelat	D13	129.658,34	102.924,5	26.733,81	20,62%
Balok	D13	231.814,38	232.698,3	-884,01	-0,38%
	D25	308.176,94	294.116,4	14.060,48	4,56%
<b>Total</b>		830.821,35	775.568,87	55.252,48	6,65%

Berdasarkan **Tabel 4.7**, nilai sisa material dari hasil *Bar Bending Schedule* dengan *Cubicost* TRB pada elemen struktur terjadi *waste level* berkisar antara -0,38% hingga 20,62%. Nilai sisa material tersebut jika dibandingkan dengan persentase yang disyaratkan oleh SNI-7393-2013 maka masih berada dalam batasan yang ditetapkan. Namun, nilai batasan sisa material besi yang biasanya digunakan oleh kontraktor sebesar adalah sebesar 4%. Dengan menggunakan batasan yang ditetapkan, maka *waste level* material konstruksi pada setiap elemen telah melebihi batasan tersebut yang dapat berpengaruh pada biaya proyek.

*Waste level* elemen balok pada diameter 13 mm memiliki nilai negatif karena penggunaannya melebihi volume tulangan hasil perencanaan. Hal tersebut juga termasuk dalam pemborosan material konstruksi. Namun, bukan terjadi karena material yang ada di lapangan mengalami sisa akibat pemakaian. Elemen pelat memiliki nilai *waste level* tertinggi, yaitu 20,62%. Hal tersebut dapat terjadi karena area penulangan elemen pelat luas dan memiliki pola yang kompleks sehingga

menghasilkan sisa pemotongan yang tidak bisa dimanfaatkan untuk penulangan pada area lain.

*Waste level* material tersebut merupakan hasil dari pemodelan pada pekerjaan struktur yang telah terjadi. Pekerjaan yang telah selesai pada saat pengumpulan data dimana baru mencapai 8,16% dari keseluruhan area gudang. Oleh karena itu, hasil tersebut bukan merupakan hasil akhir dari sisa material konstruksi pada proyek ini karena sisa material yang ada dapat dimanfaatkan untuk penulangan pada elemen di area lain. Namun, perolehan *waste level* tersebut dapat digunakan sebagai dasar audit pemakaian material besi dalam proyek konstruksi sehingga terdapat dokumentasi dari penggunaan besi.

Tabel 4.8 *Waste Level* Material Besi dengan BBS *Cubicost* TRB

Mutu	Diameter	Rencana (kg)	Realisasi (kg)	Sisa Besi (kg)	<i>Waste level</i> (%)
U-42 (BJTS 420B)	10	56.812,02	49.622,78	7.189,24	12,65%
	13	361.472,72	335.622,92	25.849,80	7,15%
	22	104.359,67	96.206,71	8.152,96	7,81%
	25	308.176,94	294.116,46	14.060,48	4,56%
	Total	830.821,35	775.568,87	55.252,48	6,65%

**Tabel 4.8** merupakan hasil sisa material besi yang telah disatukan berdasarkan ukuran diameternya. Diameter yang digunakan pada penulangan elemen kolom, balok, dan pelat terdiri dari diameter 10 mm, diameter 13 mm, diameter 22 mm, dan diameter 25 mm. Besarnya *waste level* yang terjadi pada material besi berkisar antara 4,56%-12,65%. Diameter material yang memperoleh *waste level* terbesar pada material diameter 10 mm, yaitu sebesar 12,65%. Hal tersebut dapat terjadi

karena pengoptimalan sisa material sulit dilakukan karena tidak dapat dilarikan pada elemen lain.

Berdasarkan kategori sisa material pada **Tabel 2.1**, besi tulangan diameter 25 mm termasuk pada kategori sangat rendah dengan nilai 4,56%. Pada tulangan diameter 13 mm dan 22 mm dengan sisa material sebesar 7,15% dan 7,81% termasuk kedalam kategori sisa material rendah. Pada material tulangan dengan hasil *waste level* terbesar masuk pada kategori sisa material sedang.

Total nilai *waste level* material besi dengan menggunakan *Cubicost* TRB sebesar 6,65% yang termasuk dalam kategori sisa material rendah. Apabila nilai tersebut dibandingkan dengan nilai *waste* yang dicantumkan dalam analisis harga, maka terjadi pemborosan material sebesar 2,65%. **Tabek 4.9** berikut merupakan total biaya untuk pengadaan material besi pada zona yang dimodelkan.

Tabel 4.9 Total Biaya Material Besi

Elemen	Diameter	Kebutuhan (kg)	Harga Material	Total Biaya
Kolom	D10	56.812,02	Rp11.500	Rp 653.338.187
	D22	104.359,67	Rp11.700	Rp 1.221.008.116
Pelat	D13	129.658,34	Rp11.500	Rp 1.491.070.910
Balok	D13	231.814,38	Rp11.500	Rp 2.665.865.372
	D25	308.176,94	Rp11.700	Rp 3.605.670.254
Total				Rp 9.636.952.839

**Tabel 4.9** berisi mengenai harga material yang dapat dilakukan untuk perhitungan besarnya biaya material besi pada area yang dimodelkan. Harga satuan material besi diperoleh dari kontraktor pelaksana. Total biaya yang digunakan untuk pengadaan material besi tulangan pada area pemodelan sebesar Rp 9.636.952.839. Nilai

tersebut cukup besar karena telah mencapai nilai 24,092% dari nilai proyek. Kemudian, dilakukan perhitungan pada *waste cost* material tulangan seperti pada **Tabel 4.10** dan **Tabel 4.11**.

Tabel 4.10 *Waste Cost* Elemen dengan BBS *Cubicost* TRB

Elemen	Diameter	Sisa Besi (kg)	Harga Satuan	<i>Waste Cost</i>
Kolom	D10	7.189,24	Rp11.500	Rp 82.676.240
	D22	8.152,96	Rp11.700	Rp 95.389.585
Pelat	D13	26.733,81	Rp11.500	Rp 307.438.838
Balok	D13	-884,01	Rp11.500	-Rp 10.166.101
	D25	14.060,48	Rp11.700	Rp 164.507.648
Total		55.252,48	-	Rp 639.846.210

Berdasarkan **Tabel 4.10** perolehan total kerugian yang terjadi pada elemen struktur atas sebesar Rp 639.846.210 dimana biaya terbesar terjadi pada material pelat dengan harga Rp 207.704.110. pada penggunaan besi diameter 13 mm pada elemen balok terjadi minus akibat penggunaan di lapangan lebih besar dibanding dengan perencanaan. Oleh karena itu, material tulangan diameter 13 mm pada elemen balok dapat memanfaatkan kembali sisa material tulangan diameter 13 mm dari elemen pelat.

Tabel 4.11 *Waste Cost* Material Besi dengan BBS *Cubicost* TRB

Mutu	Diameter	Sisa Besi (kg)	Harga Material	<i>Waste Cost</i>
U-42 (BJTS 420B)	10	7.189,24	Rp11.500	Rp 82.676.240
	13	25.849,80	Rp11.500	Rp 297.272.737
	22	8.152,96	Rp11.700	Rp 95.389.585
	25	14.060,48	Rp11.700	Rp 164.507.648
Total		50.669	-	Rp 639.846.210

**Tabel 4.11** merupakan rekapitulasi sisa material pada setiap diameter yang digunakan. Terlihat pada tabel bahwa diameter besi yang memiliki biaya sisa material tertinggi pada elemen struktur terdapat pada besi diameter 13 mm. Hal tersebut dapat terjadi karena dari diameter tersebut memperoleh nilai *waste level* terbesar. Meskipun material besi diameter 25 mm menghasilkan *waste level* terkecil, namun menempati posisi biaya sisa material terbanyak kedua karena harga satuan yang lebih mahal dibanding diameter lain.

Proses pemanfaatan sisa material besi dapat dilakukan untuk mengurangi kerugian biaya yang ditanggung. Material besi yang masih layak dan cukup panjang dapat digunakan kembali sebagai material tulangan. Namun, pemanfaatan material besi diameter 22 mm dan 25 mm hanya bisa dilakukan untuk penulangan pada kolom dan balok saja. Oleh karena itu, terdapat skema untuk melelang sisa material besi yang sudah tidak digunakan. Namun, dalam penjualan kembali ini besi hanya dihargai 25% dari harga pembelian. Berikut ini merupakan potensi nilai ekonomi dari hasil sisa material besi.

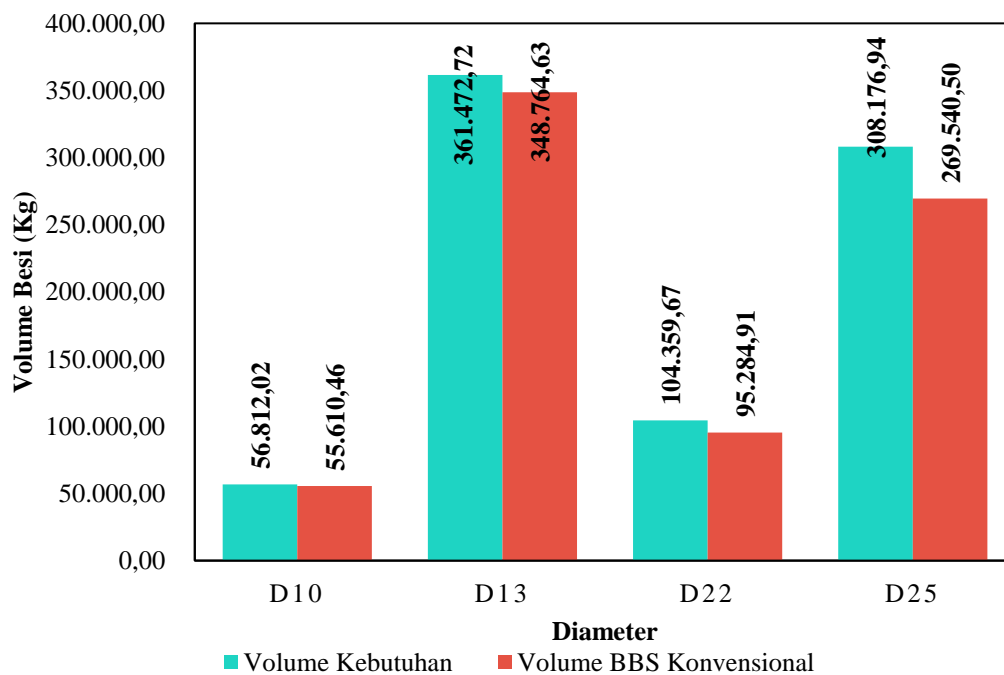
Tabel 4.12 Nilai Manfaat Sisa Material Besi *Cubicost* TRB

Diameter	Sisa Besi (kg)	Waste Cost	Hasil Penjualan	Waste Cost setelah Penjualan
10	7.189,24	Rp 82.676.239,88	Rp 20.669.060	Rp 62.007.180
13	25.850	Rp 297.272.736,90	Rp 74.318.184	Rp 222.954.553
22	8.152,96	Rp 95.389.585,23	Rp 23.847.396	Rp 71.542.189
25	14.060,48	Rp 164.507.648,21	Rp 41.126.912	Rp 123.380.736
Total		Rp 639.846.210	Rp 159.961.553	Rp 479.884.658

Berdasarkan **Tabel 4.12**, nilai *waste cost* material besi menunjukkan penurunan yang cukup dari skema penjualan sisa material besi. Namun, hal tersebut tetap tidak dapat menutup biaya kerugian yang diakibatkan oleh sisa material besi. Hal tersebut

karena nilai jual material besi sisa yang turun lebih dari setengah harga beli material baru.

Proses *Bar Bending Schedule* pada lokasi penelitian dilakukan dengan metode konvensional. Proses ini dilakukan dengan mengidentifikasi diameter tulangan dan panjang tulangan pada setiap elemen beserta dengan jumlah batang tulangan sesuai dengan kebutuhan. Dari pemotongan material besi terdapat sisa yang kemudian panjang material yang masih dapat digunakan dapat disalurkan untuk penulangan elemen pada area lain. Volume kebutuhan material pembesian kemudian tersaji pada **Gambar 4.3** berikut.



Gambar 4.3 Perbandingan Volume Pembesian dengan BBS Konvensional

**Gambar 4.3** menunjukkan bahwa diameter tulangan 13 mm dan 25 mm merupakan diameter tulangan yang memiliki volume besar. Terdapat perbedaan volume pembesian pada perhitungan kebutuhan dengan volume BBS konvensional. Dengan membandingkan besarnya volume kebutuhan material besi dengan hasil

volume dari BBS konvensional dapat diperoleh banyaknya sisa material konstruksi besi. Hasil perencanaan kebutuhan tulangan dan realisasi hasil BBS tersaji pada

**Tabel 4.13.**

Tabel 4.13 *Waste Level* Elemen dengan BBS Konvensional

Elemen	Diameter	Kebutuhan (kg)	Realisasi (kg)	Sisa Besi (kg)	<i>Waste Level (%)</i>
Kolom	D10	56.812,02	55.610,46	1.201,56	2,1%
	D22	104.359,67	95.284,91	9.074,75	8,7%
Pelat	D13	129.658,34	127.580,29	2.078,05	5,1%
Balok	D13	231.814,38	221.184,34	10.630,04	4,6%
	D25	308.176,94	269.540,50	38.636,44	12,5%

Berdasarkan **Tabel 4.13**, nilai sisa material dari hasil *Bar Bending Schedule* secara manual pada elemen struktur terjadi *waste level* berkisar antara 2,1% hingga 12,5%. Nilai sisa material tersebut jika dibandingkan dengan persentase yang disyaratkan oleh SNI-7393-2013 maka masih berada dalam batasan yang ditetapkan. Namun, nilai batasan sisa material besi yang biasanya digunakan oleh kontraktor sebesar adalah sebesar 4%. Dengan menggunakan batasan yang ditetapkan, maka *waste level* material konstruksi pada setiap elemen telah melebihi batasan tersebut yang dapat berpengaruh pada biaya proyek.

Tabel 4.14 *Waste Level* Material Besi dengan BBS Konvensional

Mutu	Diameter	Rencana (kg)	Realisasi (kg)	Sisa Besi (kg)	<i>Waste Level (%)</i>
U-42 (BJTS 420B)	10	56.812,02	55.610,46	1.201,56	2,1%
	13	361.472,72	348.764,63	12.708,09	3,5%
	22	104.359,67	95.284,91	9.074,75	8,7%
	25	308.176,94	269.540,50	38.636,44	12,5%
Total		830.821,35	769.200,51	61.620,84	7,42%



**Tabel 4.14** merupakan hasil sisa material besi yang telah disatukan berdasarkan ukuran diameternya. Diameter yang digunakan pada penulangan elemen kolom, balok, dan pelat terdiri dari diameter 10 mm, diameter 13 mm, diameter 22 mm, dan diameter 25 mm. Besarnya *waste level* yang terjadi pada material besi berkisar antara 2,1%-12,5%. Diameter material yang memperoleh *waste level* terbesar pada material diameter 25 mm, yaitu sebesar 12,5%. Hal tersebut dapat terjadi karena pengoptimalan sisa material sulit dilakukan karena elemen yang menggunakan besi diameter 25 mm hanya pada balok, sehingga tidak dapat dilarikan pada elemen lain, Berdasarkan kategori sisa material pada **Tabel 2.1**, besi tulangan diameter 10 mm dan 13 mm termasuk pada kategori sangat rendah dengan nilai 2,1% dan 3,5%. Pada tulangan diameter 22 mm dengan sisa material sebesar 8,7% termasuk kedalam kategori sisa material rendah. Material tulangan diameter 25 mm termasuk dalam kategori sisa material sedang.

Total nilai *waste level* material besi dengan menggunakan BBS Konvensional sebesar 7,42% yang termasuk dalam kategori sisa material rendah. Apabila nilai tersebut dibandingkan dengan nilai *waste* yang dicantumkan dalam analisis harga, maka terjadi pemborosan material sebesar 3,42%. Berikut ini merupakan kerugian biaya akibat sisa material tulangan dengan menggunakan BBS konvensional.

Tabel 4.15 *Waste Cost* Elemen dengan BBS Konvensional

Elemen	Diameter	Sisa Besi (kg)	Harga Satuan	<i>Waste Cost</i>	Total
Kolom	D10	1.201,56	Rp11.500	Rp 13.817.923	Rp 119.992.542
	D22	9.074,75	Rp11.700	Rp 106.174.619	
Pelat	D13	2.078,05	Rp11.500	Rp 23.897.575	Rp 23.897.575

Tabel 4.15 *Waste Cost* Elemen dengan BBS Konvensional (Lanjutan)

Elemen	Diameter	Sisa Besi (kg)	Harga Satuan	<i>Waste Cost</i>	Total
Balok	D13	10.630,04	Rp11.500	Rp 122.245.461	Rp 574.291.813
	D25	38.636,44	Rp11.700	Rp 452.046.352	
Total					Rp 718.181.929

Berdasarkan **Tabel 4.15** perolehan total kerugian dengan menggunakan BBS konvensional pada elemen struktur atas sebesar Rp 718.181.929 dimana biaya terbesar terjadi pada material pelat dengan harga Rp 574.291.813. Hal tersebut diakibatkan nilai *waste level* pada material tulangan untuk elemen balok menempati nilai terbesar dari elemen lain.

Tabel 4.16 *Waste Cost* Material Besi dengan BBS Konvensional

Mutu	Diameter	Sisa Besi (kg)	Harga Material	<i>Waste Cost</i>
U-42 (BJTS 420B)	10	1.201,56	Rp11.500	Rp 13.817.940,00
	13	12.708,09	Rp11.500	Rp 146.143.035,00
	22	9.074,75	Rp11.700	Rp 106.174.575,00
	25	38.636,44	Rp11.700	Rp 452.046.348,00
Total		61.621	-	Rp 718.181.898,00

Berdasarkan **Tabel 4.16**, kerugian akibat timbulnya sisa material besi tulangan mutu U42 BJTS 420B mencapai Rp 718.181.898,00. Biaya kerugian akibat sisa material beton mencapai 5,14% dari total biaya material besi tulangan. Sisa material pada material besi dapat terjadi akibat potongan besi sudah tidak bisa digunakan lagi karena panjangnya kurang. Material besi sisa yang masih cukup panjang, dapat digunakan untuk membuat patok, pagar *safety*, cakar ayam, stek kolom, dan sebagainya.

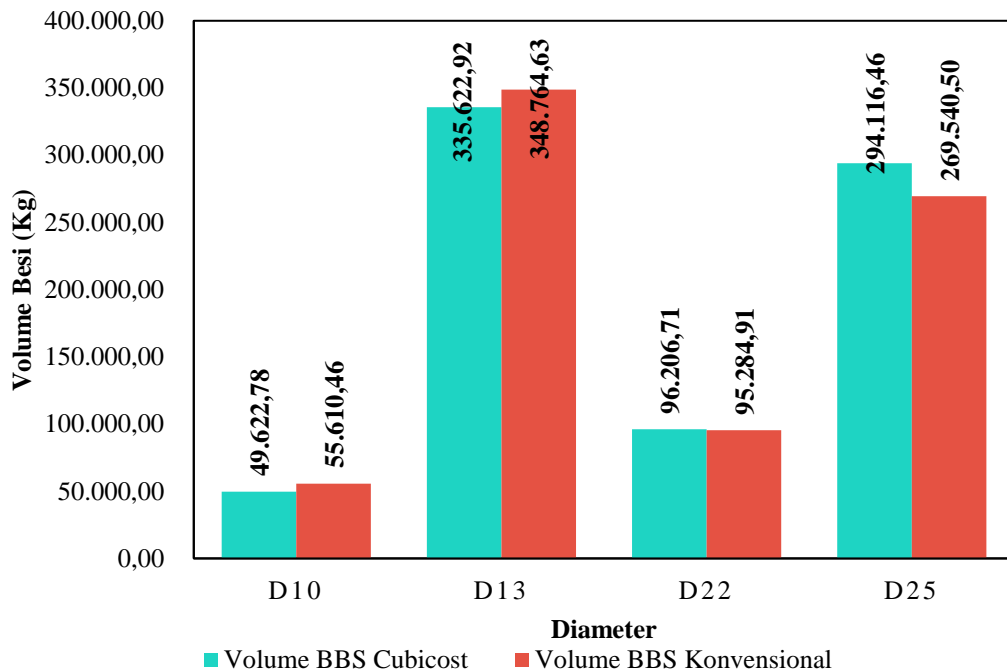
Besi dengan diameter besar seperti D22 dan D25 sulit untuk dimanfaatkan kembali. Biasanya, besi dengan diameter ini dapat digunakan sebagai material bekisting. Untuk memperoleh keuntungan dari sisa material besi, dapat dilakukan dengan melelang atau menjual besi ke proyek lain setelah material sisa dikumpulkan. **Tabel 4.17** berikut merupakan potensi nilai ekonomi dari sisa material besi.

Tabel 4.17 Nilai Manfaat Sisa Material Besi BBS

Diameter	Sisa Besi (kg)	Waste Cost	Hasil Penjualan	Waste Cost setelah Penjualan
10	1.201,56	Rp 13.817.940	Rp 3.454.485	Rp 10.363.455
13	12.708,09	Rp 146.143.035	Rp 36.535.759	Rp 109.607.276
22	9.074,75	Rp 106.174.575	Rp 26.543.644	Rp 79.630.931
25	38.636,44	Rp 452.046.348	Rp 113.011.587	Rp 339.034.761
Total		Rp 718.181.898	Rp 179.545.475	Rp 538.636.424

Berdasarkan **Tabel 4.17**, nilai *waste cost* material besi menunjukkan penurunan yang cukup dari hasil penjualan sisa material besi. Namun, hal tersebut tetap tidak dapat menutup biaya kerugian yang diakibatkan oleh sisa material besi. Hal tersebut karena nilai jual material besi sisa yang turun sebesar menjadi 25% dari harga beli. Proses pelelangan atau penjualan material besi ini juga terjadi pada masa akhir proyek. Selama proyek berlangsung, sisa material besi dikumpulkan pada satu tempat untuk kemudian menunggu proses pelelangan.

Volume material besi yang diperoleh dengan menggunakan *Cubicost* TRB dan BBS Konvensional dapat memiliki nilai yang berbeda karena perbedaan dari tingkat akurasi pada saat proses perhitungan. **Gambar 4.4** berikut memaparkan perbedaan volume pembesian tersebut.



Gambar 4.4 Perbandingan Volume *Cubicost* dan BBS Konvensional

Berdasarkan Gambar 4.4 diperoleh bahwa terdapat perbedaan yang beragam pada besarnya volume pembesian pada setiap diameter pada hasil BBS *Cubicost* TRB dan BBS Konvensional. Pada diameter 10 mm dan 13 mm, volume pada BBS *Cubicost* TRB memiliki nilai yang lebih sedikit. Kemudian hasil pembesian BBS Konvensional pada diameter 22 mm dan 25 mm memiliki nilai lebih besar dari BBS *Cubicost* TRB.

Dari hasil pemaparan besarnya sisa material yang diperoleh dari *Bar Bending Schedule* Konvensional dan dengan perangkat BIM *Cubicost* TRB, menghasilkan nilai *waste cost* dan *waste level* yang berbeda pula. Perbedaan nilai tersebut dapat terjadi karena berbagai alasan. Selisih perolehan *waste level* dan *waste cost* pada penulangan elemen struktur atas proyek Pembangunan Gudang tersaji pada **Tabel 4.18**.

Tabel 4.18 Perbandingan Hasil *Cubicost* TRB dengan BBS Konvensional

Diameter	<i>Waste Level Cubicost</i>	<i>Waste Level BBS</i>	<i>Waste Cost TRB</i>	<i>Waste Cost BBS</i>
D10	12,65%	2,11%	Rp 82.676.240	Rp 13.817.923
D22	7,81%	8,70%	Rp 95.389.585	Rp 106.174.619
D13	20,62%	5,12%	Rp 307.438.838	Rp 23.897.575
D13	-0,38%	4,59%	-Rp 10.166.101	Rp 122.245.461
D25	4,56%	12,54%	Rp 164.507.648	Rp 452.046.352
Total	6,65%	7,42%	Rp 639.846.210	Rp 718.181.929
Selisih		0,77%		Rp 78.335.719

Berdasarkan **Tabel 4.18**, terdapat perbedaan dari material tulangan yang dilakukan dengan BBS konvensional dan BBS dengan perangkat *Cubicost* TRB. Selisih dari nilai *waste level* yang dihasilkan memiliki perbedaan sebesar 0,77%, dimana pada pemodelan dengan *Cubicost* TRB menghasilkan nilai *waste level* lebih kecil, yaitu 6,65%. Dari nilai tersebut dapat diperoleh bahwa penggunaan *Cubicost* TRB dapat memaksimalkan pembuatan BBS sehingga menghasilkan nilai *waste level* yang lebih rendah.

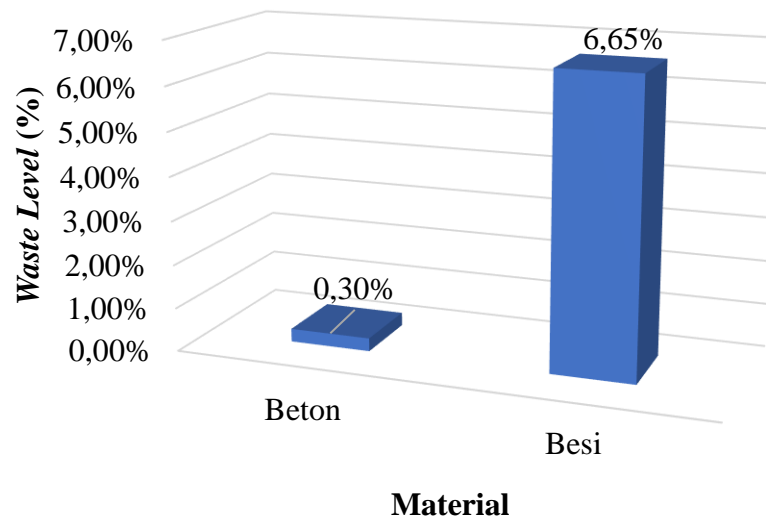
Besarnya nilai *waste level* yang lebih rendah tersebut akan meminimalkan pemborosan biaya akibat dari sisa material besi. Nilai *waste level* tersebut lebih rendah karena volume yang dihasilkan dari pemodelan *Cubicost* TRB lebih besar dibanding BBS Konvensional. Penggunaan perangkat *Cubicost* TRB menghasilkan nilai *waste cost* sebesar Rp 639.846.210, dimana nilai tersebut menghemat pemborosan material sebesar Rp 78.335.719 dari BBS Konvensional.

Perhitungan dengan menggunakan *Cubicost* TRB dilakukan lebih detail dan menyesuaikan dengan standar detail perhitungan. Volume hasil pemodelan

*Cubicost* TRB lebih besar karena memperhitungkan setiap lekukan, serta elemen-elemen kecil yang mungkin terlewat pada perhitungan dengan metode konvensional. Simplifikasi pada metode konvensional dapat melewatkan atau mengabaikan elemen potongan kecil sehingga volume yang dihasilkan lebih kecil nilainya. Perbedaan pengaturan pemotongan, pembulatan, dan standar penyusunan BBS juga dapat menjadi alasan perbedaan volume tersebut.

#### 4.2 Analisis Faktor Penyebab Sisa Material

Permasalahan timbulnya sisa material pada suatu proyek konstruksi tidak bisa dihindari. Hal tersebut membutuhkan penanganan secara tepat sesuai dengan penyebabnya. Oleh karena itu, perlu diketahui terlebih dahulu penyebab permasalahan pada material yang memiliki sisa material konstruksi tertinggi pada proyek ini. **Gambar 4.5** berikut merupakan representasi dari besarnya *waste level* material beton dan besi.



Gambar 4.5 Perbandingan Nilai *Waste Level*

Berdasarkan **Gambar 4.5** sisa material pada elemen besi memiliki nilai *waste level* tertinggi dibanding dengan nilai *waste level* pada material beton sehingga dilakukan

analisis terkait faktor penyebab sisa material besi. Sifat industri konstruksi yang unik menjadikan penyebab pada satu proyek dengan proyek yang lain bisa berbeda. Oleh karena itu, dilakukan validasi oleh pakar pada pekerja Proyek Pembangunan Gudang XYZ Cakung pada 37 kriteria faktor penyebab sisa material seperti yang tercantum pada **Lampiran 2**.

Pakar-pakar yang menjadi validator pada penelitian ini merupakan *Project Manager, Logistic Manager, Supervisor* dan *Bar Bending Scheduler*. Proses wawancara dilakukan untuk validasi kriteria faktor penyebab sisa material konstruksi besi. Validasi setiap kriteria dilakukan dengan persetujuan atau ketidaksetujuan terhadap kriteria yang ada. Selanjutnya, penghapusan kriteria faktor penyebab sisa material yang tidak mendapat persetujuan dari dua pakar akan dihapus dari kuesioner.

Dari validasi yang dilakukan oleh para pakar, terjadi pengurangan kriteria yang digunakan karena tidak relevan dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Kriteria yang awalnya sebanyak 37 berkurang menjadi 20 kriteria saja yang dianggap sesuai dengan keadaan pada lokasi penelitian **Tabel 4.19** berikut merupakan hasil dari validasi para pakar.

Tabel 4.19 Hasil Validasi Pakar

Kriteria	Kode	Faktor Penyebab
Desain	X1.1	Spesifikasi yang kurang jelas
	X1.2	Pengerjaan dan distribusi gambar yang lambat
	X1.3	Informasi gambar yang kurang jelas
Pengadaan	X2.1	Pengadaan material melebihi kebutuhan lapangan
	X2.2	Pesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil
	X2.3	Supplier mengirim material yang tidak sesuai spesifikasi

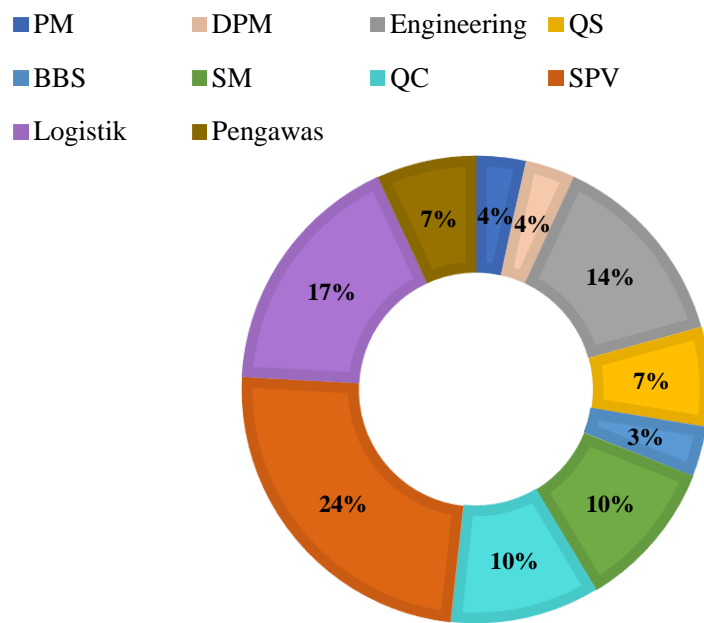
Tabel 4.19 Hasil Validasi Pakar (Lanjutan)

Kriteria	Kode	Faktor Penyebab
PenangananMaterial	X <sub>3.1</sub>	Material rusak selama pengiriman atau saat sampai di lokasi
	X <sub>3.2</sub>	Tempat penyimpanan yang tidak layak
	X <sub>3.3</sub>	Pengemasan material kurang baik
	X <sub>3.4</sub>	Material dilempar atau dibuang
	X <sub>3.5</sub>	Material terkirim dalam keadaan tidak padat
Pelaksanaan	X <sub>4.1</sub>	Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja
	X <sub>4.2</sub>	Cuaca buruk
	X <sub>4.3</sub>	Penggunaan bahan yang salah yang membutuhkan penggantian
Residual	X <sub>5.1</sub>	Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi
	X <sub>5.2</sub>	Kesalahan pada saat memotong material
	X <sub>5.3</sub>	Sisa material karena proses pemakaian
Manajemen dan Perencanaan	X <sub>6.1</sub>	Kurangnya pengontrolan di lapangan
	X <sub>6.2</sub>	Kurangnya pengawasan di lapangan
Lain-lain	X <sub>7.1</sub>	Kehilangan akibat pencurian
	X <sub>7.2</sub>	Buruknya pengontrolan material di proyek dan perencanaan manajemen terhadap sisa material

Kriteria pada **Tabel 4.19** kemudian digunakan pada kuesioner untuk memperoleh faktor penyebab sisa material besi tulangan. Kuesioner penelitian disebarakan pada 29 pekerja pada kontraktor pelaksana Proyek Pembangunan Gudang XYZ Cakung. Penetapan responden sebesar 29 orang didasari oleh keterbatasan pada populasi yang memenuhi persyaratan pada lokasi penelitian. Salah satu persyaratannya adalah *jobdesk* pekerjaan yang bertanggung jawab dan bersinggungan dengan material konstruksi.



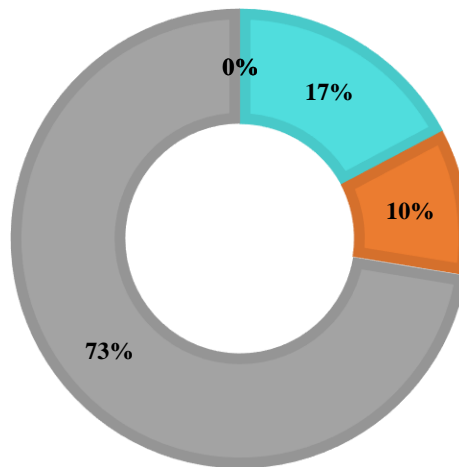
Setelah membuat kuesioner, kemudian penyebaran terkait kuesioner penyebab sisa material dilakukan kepada para staf kontraktor pelaksana. Berdasarkan perolehan data dari penyebaran kuesioner pada **Lampiran 4**, diperoleh data-data para responden yang terdiri dari pendidikan terakhir, jabatan, dan lama pengalaman kerja di bidang konstruksi.



Gambar 4.6 Jabatan Responen

**Gambar 4.6** berisi data responden mengenai jabatan atau *job desk* yang menjadi tanggung jawabnya. Responden penelitian ini memiliki tanggung jawab dan juga berkaitan dengan metode pelaksanaan, waktu, mutu, dan biaya proyek. Dari total 29 responden, divisi *supervisor* merupakan divisi dengan jumlah anggota terbanyak, yaitu sebanyak 7 orang atau 24% dari keseluruhan responden. Divisi ini merupakan divisi yang banyak melakukan kegiatan di lapangan untuk mengawasi jalannya proses kegiatan konstruksi, termasuk pada pekerjaan pembesian.

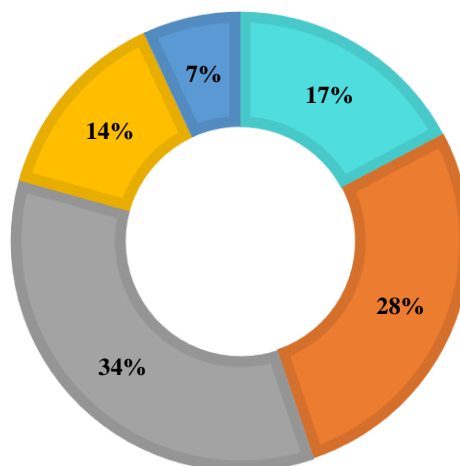
■ SMA atau Sederajat ■ D3 atau Sederajat ■ S1 atau Sederajat  
 ■ S2 atau Sederajat ■ S3 atau Sederajat



Gambar 4.7 Pendidikan Terakhir Responden

Berdasarkan data responden pada **Gambar 4.7**, mayoritas responden memiliki jenjang pendidikan S1 atau sederajat, yaitu sebesar 73% atau 21 orang. Kemudian selanjutnya sebesar 17% mengenyam pendidikan terakhir SMA atau sederajat, dan 10% pada pendidikan D3 atau sederajat.

■ 1-5 Tahun ■ 6-10 Tahun ■ 11-15 Tahun ■ 16-20 Tahun ■ >20 Tahun



Gambar 4.8 Pengalaman Bekerja Responden

Lama pengalaman kerja responden dikategorikan menjadi 5, yaitu pengalaman 1-5 tahun, 6-10 tahun, 11-15 tahun, 16-20 tahun, dan >20 tahun. Mayoritas responden

telah bekerja di bidang konstruksi selama 11-15 tahun sehingga responden pada penelitian ini merupakan orang yang ahli dan berpengalaman di bidang konstruksi. Lama pengalaman kerja yang menjadi persyaratan dalam penelitian ini adalah responden telah bekerja di bidang konstruksi minimal selama 3 tahun. Penyebaran kuesioner telah tepat sasaran karena responden penelitian paling minimal memiliki pengalaman selama 4 tahun.

#### **4.2.1 Uji Validitas**

Pengujian ini dilakukan setelah memperoleh data jawaban dari para responden terkait kuesioner yang disebarkan. Terdapat 20 kriteria penelitian yang akan diuji validitasnya. Pengujian dilakukan menggunakan perangkat SPSS, dengan responden sebanyak 29 orang dan probabilitas 5%, nilai  $r_{tabel}$  pengujian adalah 0,367. Berikut ini merupakan hasil dari pengujian validitas pada setiap kriteria. Berdasarkan hasil pengujian validitas pada **Lampiran 4**, hasil pengujian validitas pada setiap item kriteria penelitian nilai *Pearson Correlation* atau  $r_{hitung} > r_{tabel}$  sehingga dapat dinyatakan bahwa instrumen kriteria merupakan alat ukur yang tepat untuk digunakan dalam penelitian ini.

#### **4.2.2 Uji Reliabilitas**

Uji reliabilitas dilakukan untuk mengukur pertanyaan dalam kuesioner untuk selanjutnya dinyatakan handal karena menghasilkan hal yang konsisten dari waktu-ke waktu. Pengujian reliabilitas dilakukan pada 20 pertanyaan faktor penyebab sisa material konstruksi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan perangkat SPSS sehingga menghasilkan *output* seperti **Lampiran 4**. Data pengujian reliabilitas yang menghasilkan nilai *Cronbach Alpha*  $>0,80$  pada setiap kriteria penyebab sisa material konstruksi. Hal tersebut menunjukkan bahwa indikator-indikator yang

digunakan dalam kuesioner untuk memperoleh penyebab sisa material konstruksi pada pembangunan Gudang XYZ Cakung memiliki tingkat kehandalan yang tinggi.

#### 4.2.3 Analisis *Relative Importance Index*

Analisis statistik deskriptif digunakan untuk melakukan pemeringkatan faktor penyebab sisa material konstruksi berdasarkan data yang dikumpulkan melalui kuesioner. Pengolahan data untuk memperoleh nilai indeks pada masing-masing kriteria dapat menggunakan persamaan RII dimana pembobotan setiap faktor dilakukan dari hasil kuesioner kemudian dibagi dengan nilai bobot tertinggi. Berikut ini merupakan hasil dari indeks kepentingan relatif beserta dengan peringkat dan kategorinya.

Tabel 4.20 Nilai RII Faktor Penyebab Sisa Material

Kriteria	Keterangan	RII	Peringkat	Level RII
X <sub>1.1</sub>	Spesifikasi yang kurang jelas	0,84	9	<i>High</i>
X <sub>1.2</sub>	Pengerjaan dan distribusi gambar yang lambat	0,81	13	<i>High</i>
X <sub>1.3</sub>	Informasi gambar yang kurang jelas	0,86	4	<i>High</i>
X <sub>2.1</sub>	Pengadaan material melebihi kebutuhan lapangan	0,88	3	<i>High</i>
X <sub>2.2</sub>	Pesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil	0,82	12	<i>High</i>
X <sub>3.1</sub>	Material rusak selama pengiriman atau saat sampai di lokasi	0,80	17	<i>Medium</i> <i>High</i>
X <sub>3.2</sub>	Tempat penyimpanan yang tidak layak	0,85	6	<i>High</i>
X <sub>3.3</sub>	Pengemasan material kurang baik	0,81	16	<i>High</i>
X <sub>3.4</sub>	Material dilempar atau dibuang	0,71	19	<i>Medium</i> <i>High</i>

Tabel 4.20 Nilai RII Faktor Penyebab Sisa Material (Lanjutan)

Kriteria	Keterangan	RII	Peringkat	Level RII
X <sub>3.5</sub>	Material terkirim dalam keadaan tidak padat	0,69	20	<i>Medium High</i>
X <sub>4.1</sub>	Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja	0,91	1	<i>High</i>
X <sub>4.2</sub>	Cuaca buruk	0,81	14	<i>High</i>
X <sub>4.3</sub>	Penggunaan bahan yang salah yang membutuhkan penggantian	0,86	5	<i>High</i>
X <sub>5.1</sub>	Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi	0,85	8	<i>High</i>
X <sub>5.2</sub>	Kesalahan pada saat memotong material	0,89	2	<i>High</i>
X <sub>5.3</sub>	Sisa material karena proses pemakaian	0,81	15	<i>High</i>
X <sub>6.1</sub>	Kurangnya pengontrolan di lapangan	0,85	7	<i>High</i>
X <sub>6.2</sub>	Kurangnya pengawasan di lapangan	0,83	10	<i>High</i>
X <sub>7.1</sub>	Kehilangan akibat pencurian	0,72	18	<i>Medium High</i>
X <sub>7.2</sub>	Buruknya pengontrolan material di proyek dan perencanaan manajemen terhadap sisa material	0,83	11	<i>High</i>

**Tabel 4.20** berisi hasil pengujian nilai indeks kepentingan terhadap tujuh kriteria penyebab sisa material konstruksi. Nilai indeks kepentingan memiliki rentang nilai antara 0-1, dimana semakin dekat penilaian indeks kepentingan pada angka 1 maka semakin penting pengaruhnya. Berdasarkan **Tabel 2.7**, nilai indeks kepentingan yang antara 0,81 hingga 1 termasuk kepada level kepentingan *high* atau tinggi. Dimana faktor yang memiliki nilai di antara rentang nilai tersebut kemudian

menjadi faktor yang berpengaruh tinggi terhadap timbulnya sisa material konstruksi.

Perhitungan nilai indeks kepentingan relatif berdasarkan data perolehan pada **Lampiran 4** dilakukan dengan memperoleh bobot pada setiap penilaian. Berikut ini pada **Tabel 4.21** merupakan contoh perhitungan nilai RII pada kriteria X<sub>1.1</sub>.

Tabel 4.21 Perhitungan RII

Penilaian	Jumlah Responden	Bobot Penilaian
Nilai 1	0	0
Nilai 2	0	0
Nilai 3	1	3
Nilai 4	21	84
Nilai 5	7	35
Total	29	122

$$R \text{ hitung} = \frac{n \times \sum(XY) - ((\sum X) \times (\sum Y))}{\sqrt{(n \times \sum X^2 - (\sum X)^2) \times (n \times \sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

$$R \text{ hitung} = \frac{122}{5 \times 29} = 0,84$$

Berdasarkan **Tabel 4.20** dari 7 kriteria dengan total 20 sub kriteria menghasilkan tiga penyebab dengan perolehan nilai tertinggi. Berdasarkan nilai level kepentingan pada **Tabel 2.7**, dari total 20 kriteria faktor penyebab sisa material konstruksi sebanyak 16 faktor material yang termasuk pada kategori level kepentingan tinggi. 4 kriteria faktor penyebab sisa material lainnya masuk pada kriteria level kepentingan *medium high*.

Kesalahan pekerja dapat terjadi akibat pekerja yang kurang keterampilan dan kurang memperhatikan detail. Kesalahan yang dilakukan oleh pekerja dapat terjadi pada proses pemasangan besi dimana pekerja salah menggunakan material besi

yang kemudian butuh untuk diganti. Keterampilan pekerja untuk melakukan pemasangan material konstruksi sesuai dengan gambar kerja dapat mempengaruhi kesalahan yang terjadi. Apabila pekerja memiliki keterampilan yang mumpuni, maka hal tersebut dapat dihindari. Selain itu, area pembangunan yang luas membutuhkan jumlah pekerja yang banyak sehingga kesalahan pemasangan dapat terjadi akibat kegiatan penulangan dilakukan oleh banyak orang.

Penyebab sisa material konstruksi selanjutnya akibat kriteria residual yaitu, kesalahan pada saat memotong material. Dalam hal ini kesalahan pemotongan pada material besi dapat berakibat pada masifnya sisa material yang timbul lapangan. Kesalahan pada pemotongan material besi terjadi ketika panjang material besi dipotong lebih pendek atau lebih panjang dari keterangan gambar kerja. Hal tersebut membuat material besi tidak dapat dipasang atau digunakan. Oleh karena itu, para pekerja di lapangan perlu teliti dalam membaca gambar kerja bagi.

Selanjutnya pengadaan material yang melebihi kebutuhan turut menjadi faktor yang dapat menimbulkan sisa material konstruksi. Kelebihan pengadaan material dapat terjadi akibat perencanaan tidak dilakukan secara matang sehingga terdapat ketidakpastian dalam memperkirakan kebutuhan material. Sebagai contoh, kelebihan pemesanan besi untuk penggunaan selama satu minggu dapat menyebabkan material besi lebih lama menunggu untuk digunakan di lapangan. Hal tersebut dapat menyebabkan kerusakan pada material besi seperti korosi sehingga tidak bisa digunakan lagi.

Informasi yang kurang jelas pada bagian desain juga berpengaruh dalam timbulnya sisa material. Gambar yang kurang jelas menyebabkan kerancuan data di lapangan, seperti detail tulisan untuk diameter besi yang tidak terlihat jelas dapat

menyebabkan kesalahan penggunaan bahan oleh pekerja. Selain itu, distribusi gambar yang terlambat dapat memengaruhi kinerja di lapangan. Revisi gambar terbaru yang terlambat didistribusikan dapat menyebabkan orang lapangan menggunakan gambar lama yang panjang materialnya dapat berubah. Hal tersebut kemudian menyebabkan sisa material dari tulangan yang sudah terpotong namun salah akibat distribusi gambar.

Proses pengadaan tidak bisa dilakukan dalam jumlah yang kecil. Pada material beton, terdapat minimum kubikasi untuk memesan beton. Panjang material besi sepanjang 12 meter menyebabkan banyak sisa material. Terdapat solusi untuk menangani hal tersebut, yaitu dengan memesan besi dengan panjang 6 meter dan 9 meter. Namun, untuk melakukan hal tersebut memiliki jumlah minimal order yang harus dipenuhi.

Dari 20 kriteria faktor penyebab sisa material konstruksi besi, kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja memperoleh nilai RII tertinggi, yaitu sebesar 0,91. Hal tersebut menjadikan faktor ini menjadi penyebab dominan dari timbulnya sisa material besi. Penyediaan pelatihan bagi para pekerja untuk cara pembacaan gambar dan standar pemasangan besi yang baik dan benar dapat dilakukan agar kesalahan dapat dihindari. Selain itu, pengawasan di lapangan saat pembesian juga dapat meminimalisir sisa material konstruksi akibat kesalahan pekerja.

Perangkat BIM *Cubicost* TRB untuk pembuatan BBS juga bisa dimanfaatkan untuk mengurangi nilai *waste level* pada material besi karena menghasilkan volume yang lebih besar dibanding BBS Konvensional. Namun, setelah pembuatan BBS tersebut perlu koordinasi dengan pihak lapangan untuk memastikan pelaksanaan pembesian di lapangan sesuai dengan hasil BBS yang direncanakan.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pemaparan analisis mengenai sisa material konstruksi struktur atas pada proyek pembangunan Gudang XYZ, dapat ditarik kesimpulan seperti berikut.

- a. Penggunaan perangkat BIM *Cubicost* TRB dan BBS konvensional untuk membuat pola pemotongan pada material tulangan masing-masing menghasilkan sisa material sebesar 6,65% dan 7,42%. Selisih dari hasil *waste level* kedua pemodelan tersebut memiliki perbedaan sebesar 0,77%. Selisih yang terjadi dapat diakibatkan oleh perhitungan volume pembesian pada *Cubicost* TRB memperhatikan setiap detail sehingga menghasilkan volume yang lebih besar.
- b. Nilai *waste cost* pada hasil perangkat BIM *Cubicost* TRB dan BBS konvensional masing-masing sebesar Rp 639.846.210 dan Rp 718.181.929. Penghematan sebesar Rp 78.335.719 terjadi pada penggunaan perangkat *Cubicost* TRB terjadi karena volume yang dihasilkan lebih besar dan tidak berbeda jauh dari volume kebutuhan pembesian.
- c. Perolehan *waste level* material beton sebesar 0,3%, dengan nilai *waste level* terbesar pada beton mutu K-400 dengan FA 5% untuk elemen balok sebesar 1,58%. Besarnya nilai *waste cost* yang dihasilkan dari material beton sebesar Rp 25.165.112.
- d. Analisis faktor penyebab sisa material konstruksi dilakukan pada material yang menghasilkan nilai *waste level* tertinggi, dimana hal tersebut terjadi pada

material besi tulangan. Kriteria yang digunakan dalam mencari faktor dominan penyebab sisa material besi tulangan berkurang dari 37 kriteria menjadi 20 kriteria. Hal tersebut terjadi karena hasil validasi oleh pakar, yaitu pekerja proyek konstruksi Gudang XYZ Cakung.

- e. Dari 20 faktor penyebab sisa material, sebanyak 16 faktor termasuk ke dalam kategori level kepentingan *High* dan 4 faktor pada kategori *Medium High*.
- f. Perolehan nilai RII tertinggi pada ketiga faktor, yaitu kesalahan tenaga kerja di lapangan, kesalahan pemotongan material besi, dan pemesanan material yang melebihi kebutuhan.

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat beberapa saran untuk perkembangan penelitian dengan topik yang sama. Berikut adalah saran-saran yang dapat diberikan.

- a. Penambahan jumlah *Bar Bending Scheduler* pada proyek perlu dilakukan untuk dapat memaksimalkan tugasnya dalam pembuatan pola material konstruksi karena peran BBS pada proyek ini hanya dilakukan oleh satu orang saja.
- b. Pemodelan dengan BIM *Cubicost* TRB untuk memodelkan elemen penulangan sehingga memperoleh nilai *waste level* dapat dilakukan pada seluruh elemen bangunan yang telah selesai dibangun agar memperoleh hasil *waste level* yang dapat dibandingkan dengan *waste level* hasil BBS secara konvensional.
- c. Dapat menjelaskan secara lebih detail mengenai hubungan antara sisa material konstruksi dengan faktor penyebab sisa material serta menghubungkan antara faktor penyebabnya dengan penanganan yang tepat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidah, G., & Wiguna, I. P. A. (2023). Perbandingan Kombinasi Pemotongan Pembesian dengan Metode Manual *Bar Bending Schedule* dan *Tekla Structures*. *Jurnal Teknik ITS*, 2(95), 90. <https://doi.org/10.12962/j23373539.v12i2.112943>
- Ahmad, S. N., Hanafie, I. M., Sriwati, M., Kamba, C., Lapian, F. E., S, L. D. R. K., Mansyur, Mustika, W., Tumpu, M., Irianto, Mabui, D. S. S., Kusuma, A., Yafet, Wasolo, I. G., & Syam, A. (2021). Pemanfaatan Material Alternatif (Sebagai Bahan Penyusun Konstruksi) (S. Gusty, A. Raidyarto, & Masdiana, Eds.). CV. Tohar Media.
- Amin, N. F., Garancang, S., & Abunawas, K. (2023). Konsep Umum Populasi dan Sampel dalam Penelitian. *Jurnal Pilar*, 14, 15–31.
- Anindya, A. A., & Gondokusumo, O. (2020). Kajian Penggunaan *Cubicost* untuk Pekerjaan *Quantity Take Off* pada Proses Tender. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, Dan Ilmu Kesehatan*, 4(1), 83–96. <https://doi.org/https://doi.org/10.24912/jmstkik.v4i1.6718>
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 74393:2013 Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan. Badan Standardisasi Nasional.
- Bossink, B., & Brouwers, H. J. H. (1996). *Construction Waste: Quantification and Source Evaluation*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 122(1), 55–60. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1996\)122:1\(55\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1996)122:1(55))
- BPK. (2008). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah. Sekretariat Negara. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/39067/uu-no-18-tahun-2008>
- Dharmawansyah, D., Kurniati, E., & Aziz, A. K. (2023). Penggunaan Metode *Bar Bending Schedule* untuk Menganalisis Kebutuhan dan Sisa (*Waste*) Pembesian Balok pada Proyek Rumah Sakit Islam Aysha. *Jurnal Tambora*, 7(2), 67–71. <https://www.jurnal.uts.ac.id/index.php/Tambora/article/view/3058/1395>
- Ervianto, W. I. (2005). Manajemen Proyek Konstruksi Edisi Revisi. ANDI.

- Fajar, S., Puspasari, V. H., & Waluyo, R. (2019). Evaluasi dan Analisa Sisa Material Konstruksi. *Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 1(1), 125–135.
- Faustine, C., & Waty, M. (2022). Peringkat Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Tenaga Kerja pada Proyek Konstruksi. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 5, 681–692.
- Gavilan, R. M., & Bernold, L. E. (1994). *Source Evaluation of Solid Waste in Building Construction. Journal of Construction Engineering and Management*, 120(3). [https://doi.org/https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(1994\)120:3\(536](https://doi.org/https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9364(1994)120:3(536)
- Geraldi, L. A., & Sulistio, H. (2020). Studi Analisis Persentase Waste Besi Beton dan Faktor Penyebabnya pada Bangunan Bertingkat Rendah di Jakarta. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3, 167–174. <https://doi.org/https://doi.org/10.24912/jmts.v3i1.7070>
- Gregorius, K., & Waty, M. (2022). Penyebab Terjadinya Sisa Material pada Bangunan Gedung Supermarket. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 5(1), 129–140. <https://doi.org/https://doi.org/10.24912/jmts.v5i1.16648>
- Handayani, J. T., & Angreni, I. A. A. (2020). Analisis Potensi Pemborosan Material dan Solusi Penanganannya pada Proyek Pembangunan Gedung Bertingkat (Studi Kasus: Proyek Gedung Bertingkat di Tangerang Selatan). *Jurnal Teknik Sipil*, 27, 273–282. <https://doi.org/https://doi.org/10.5614/jts.2020.27.3.9>
- Henong, S. B., & Naikofe, M. R. (2021). Analisis Faktor Penyebab *Construction Waste* dan Pengelolaannya serta Dampaknya terhadap Biaya. *Jurnal Deformasi*, 6(2), 60–69. <https://doi.org/https://doi.org/10.31851/deformasi.v6i2.5990>
- Hermansyah, R., & Nuciferani, F. T. (2019). Analisis Sisa Material pada Proyek Rumah Tinggal di Surabaya. *Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Terapan*, 785–790. <https://ejurnal.itats.ac.id/sntekpan/article/view/787/0>
- Jayantari, M. W., Desi, P. S. T., & Yoga, P. G. A. (2022). Analisa Perbandingan Volume dan Biaya *Bar Bending Schedule* dengan Metode SNI-2847-2013 dan BS 8666:2005 pada Proyek Pembangunan Kantor Pacto, Denpasar.

- Reinforcement Review in Civil Engineering Studies and Management*, 1(2), 50–58. <https://doi.org/https://doi.org/10.38043/reinforcement.v1i2.4102>
- Kementerian PUPR. (2022). Buku Saku Petunjuk Umum Konstruksi. [https://ibmpkp.pu.go.id/assets/public/03.\\_Buku\\_Saku\\_Petunjuk\\_Umum\\_Konstruksi\\_2022.pdf](https://ibmpkp.pu.go.id/assets/public/03._Buku_Saku_Petunjuk_Umum_Konstruksi_2022.pdf)
- Koloay, L. J., Arsjad, T. T., & Mangare, J. B. (2021). Analisis Penggunaan Tenaga Kerja dan Material pada Rumah Tinggal (Studi Kasus Rumah Tinggal 2 Lantai di Sea II Kec. Pineleng Kabupaten Minahasa). *Jurnal Sipil Statistik*, 9(4).
- Lim, J., Bawono, A. T., Afla, M. N., Hartanto, V., & Krisninen, G. (2020). Analisis Limbah Konstruksi pada Proyek Kawasan *Real Estate*. *Jurnal Ilmiah Dan Deasin Universitas Pradita*, 2(1), 71–85. <https://doi.org/https://doi.org/10.51170/jtd.v2i1.58>
- Liman, K., & Sulistio, H. (2020). *Waste* Material Beton pada Proyek Konstruksi di Jakarta. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(1), 183–190. <https://doi.org/https://doi.org/10.24912/jmts.v3i1.7066>
- Mahapatni, I. A. P. S. (2019). Metode Perencanaan dan Pengendalian Proyek Konstruksi (M. N. Indriani, Ed.; Vol. 1). UNHI Press.
- Mahapatni, I. A. P. S., & Juliana, I. K. I. (2022). Analisis *Waste Level* dan *Waste Cost* Bekisting dan Pembesian pada Pekerjaan Struktur Proyek Konstruksi (Studi Kasus: Pembangunan Gedung SMPN 4 Sukawati). *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 17(1), 74–82. <https://doi.org/https://doi.org/10.32795/widyateknik.v17i01.2977>
- Nasautama, S. S., & Sitompul, M. (2022). Analisis Kebutuhan Tulangan dan Tulangan Sisa (*Waste*) Pekerjaan Struktur Kolom, Balok dan Pelat Lantai Proyek Pembangunan Pasar Baru Kabupaten Mandailing Natal. *Jurnal Teknik Sipil*, 14(2), 75–82. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30811/portal.v14i2.2316>
- Nasrullah, M., Maharani, O., Rohman, A., Fahyuni, E. F., Nurdyansyah, & Untari, R. S. (2023). *Metofologi Penelitian Pendidikan (Prosedur Penelitian, Subyek Penelitian, dan Pengembangan Teknik Pengumpulan Data)* (M. T. Multazam & W. W. Wijayanti, Eds.). UMSIDA Press.

- Nawawi, M., Muttaqin, & Afifudin, M. (2021). Faktor-Faktor Penyebab Timbulnya *Waste Materials* dalam Pelaksanaan Proyek Konstruksi Gedung di Kota Banda Aceh. *Teras Jurnal*, 11(2), 295–306. <https://teras.unimal.ac.id/teras/article/view/479/PDF>
- Noviyarsi, Yulius, M. N., Bakar, Y., & Suryani, E. (2023). Analisis Pengaruh Faktor-Faktor Produktivitas Kerja Proyek Konstruksi dengan Relative Importance Index (RII) dan Regresi Linear Berganda. *Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 10. <https://doi.org/Doi.org/10.24853/jisi.10.1.27-38>
- Partama, I. G. N. E., Sudika, I. G. M., & Saputra, E. L. B. (2023). Analisis Sisa Besi Tulangan menggunakan *Software Cutting Optimization Pro* pada Konstruksi Gedung (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Villa Stilo, Tibubeneng, Kec. Kuta Utara, Kab. Badung-Bali). *Jurnal Teknik Gradien*, 15, 30–38. [https://doi.org/https://doi.org/10.47329/teknik\\_gradien.v15i02.1075](https://doi.org/https://doi.org/10.47329/teknik_gradien.v15i02.1075)
- Permatasari, S. N., Nugroho, A. S. B., & Supriyadi, B. (2023). Model Persamaan Kebutuhan Material Baja Tulangan dan Beton Struktur Bangunan Gedung Berdasarkan Hasil Analisis *Software Cubicost*. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 21, 161–170. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.12962/j2579-891X.v21i2.14875>
- Putra, I. G. P. A. S., Dharmayanti, G. A. P. C., & Dewi, A. A. D. P. (2018). Penanganan Waste Material pada Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat. *Jurnal Spektran*, 6, 176–185.
- Putri, L. D., Soehardi, F., & Dinata, M. (2021). Identifikasi Material Sisa dan Penanganan pada Pekerjaan Konstruksi Jalan. *Jurnal Saintek STT Pekanbaru*, 9(2), 69–76. <https://doi.org/https://doi.org/10.35583/js.v9i2.186>
- Ren, K., Jia, L., Huang, J., & Wu, M. (2023). *Research on Cutting Stock Optimization of Rebar Engineering Based on Building Information Modeling and an Improved Particle Swarm Optimization Algorithm*. *Developments in the Built Environment*, 13, 1–15. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100121>












- Skoyles, E. R. (1976). *Materials Wastage-a Misuse of Resources*. *Batiment International, Building Research and Practice*, 4(4).  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1080/09613217608550498>
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitattif dan R&D* (19th ed.). Alfabeta.
- Suhariato, D. A., & Prasetyono, P. N. (2023). Perhitungan Volume Pekerjaan Struktur Proyek Rumah Cluster Bukit Golf Menggunakan Autodesk Revit. *Jurnal Vokasi Teknik Sipil*, 1(2), 130–139. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/viteks/article/view/55992>
- Sulistio, H., & Waty, M. (2021a). Analisis Faktor Kerugian *Waste* Material Besi Beton Gedung Bertingkat. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran, Dan Ilmu Kesehatan*, 5, 235–242. <https://doi.org/https://doi.org/10.24912/jmstkik.v5i1.10120>
- Sulistio, H., & Waty, M. (2021b). Kerugian Kontraktor akibat *Waste* Material Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat. *Jurnal Paduraksa*, 10(1). <https://doi.org/DOI:10.22225/pd.10.1.2385.84-98>
- Susilowati, F., Syafrudin, & Nugroho, A. (2022). Studi Sisa Material Konstruksi berdasarkan Kepemilikan Proyek di Indonesia. *Journal Reviews in Civil Engineering*, 6(2), 67–77.
- Thoengsal, J., & Tumpu, M. (2022). Model Manajemen Sisa Material Konstruksi dalam Upaya Efisiensi Proyek Konstruksi (A. S. Khairunisa, Ed.). CV. Tohar Media.
- Triandini, A., Waluyo, R., & Nuswantoro, W. (2019). Konsep dan Penerapan *Waste* Management pada Kontraktor di Kota Palangka Raya. *Jurnal Teoritis Dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 2(2), 90–100.
- Yuni, N. K. S. E., Yuliana, N. P. I., & Sudiarta, I. K. (2023). Analisis *Waste* Material Besi dalam Upaya Pengendalian Sisa Material Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 5, 22–29. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.47600/jtst.v5i1.561>
- Zalaya, Y., Handayani, P., & Lestari, I. W. (2019). Pengelolaan Limbah Hasil Konstruksi pada Proyek Pembangunan Gedung. *Forum Ilmiah*, 16, 63–72. <https://ejournal.esaunggul.ac.id/index.php/Formil/article/view/2594>


## **LAMPIRAN**



**LAMPIRAN 1**  
**LEMBAR ASISTENSI**



No	Tanggal	Catatan Bimbingan	Paraf Dosen
4	Jumat, 22 Maret 2024	Material yang ditinjau adalah material besi dan beton saja. Tambahkan jadwal penelitian.	
5.	Selasa, 2 April 2024	Perubahan mengenai perangkat yang digunakan, yaitu menjadi Glodon <i>Cubicost</i> TRB	
6.	Rabu, 25 April 2024	Revisi setelah seminar menghapus satu pertanyaan penelitian mengenai penanganan sisa amterial konstruksi.	
7.	Kamis, 2 Mei 2024	Penambahan tahun publikasi pada tabel penelitian terdahulu.	
8.	Kamis, 16 Mei 2024	Perubahan pada keterangan skala likert kuesioner.	
9.	Kamis, 30 Mei 2024	Penambahan teori mengenai sisa material konstruksi: batasan dari SNI.	
10.	Kamis/4 Juni 2024	Pemodelan penulangan pada BIM <i>Cubicost</i> TRB.	
11.	Senin/8 Juli 2024	Data sisa material ditampilkan per elemen, per material seperti:  -Kolom: D10, D22	
12.	Selasa/16 Juli 2024	Bab 4 langsung mulai analisis pembahasan mengenai sisa material konstruksi serta pelampiran hasil kuesioner.	
13.	Rabu/17 Juli 2024	Perubahan metode analisis perangkan sisa material dari <i>mean</i> menjadi RII.	
14.	Jumat/19 Juli 2024	Perbaikan pada saran, pembuatan abstrak 3-4 kata kunci, dan perbaikan pada pertanyaan penelitian	

No	Tanggal	Catatan Bimbingan	Paraf Dosen
15.	Jumat/2 Juli 2024	-Pengececekan kembali hitungan nilai <i>waste level</i> dan <i>waste cost</i>  -Gambar pemodelan dimasukkan pada lampiran	
16.			
17.			
18.			
19.			
20.			

Tangerang, 19 Juli 2024

Disetujui Untuk Sidang Tugas Akhir



Ir. Jason Lim, M.Eng., M.Sc

Dosen Pembimbing

**Untuk dapat mendaftar sidang tugas akhir minimal bimbingan adalah 8 (Delapan) kali.**

**LAMPIRAN 2**  
**VALIDITAS KUESIONER PENELITIAN**

## VALIDITAS KUESIONER PENELITIAN

**Kepada Yth.**

**Tim Proyek Pembangunan Gudang**

**PT. Pulauintan Bajaperkasa**

Perkenalkan, nama saya Wike Andaresta Elsa Putri mahasiswi Program Studi Teknik Sipil Universitas Pradita yang saat ini sedang menyusun Tugas Akhir guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Sehubungan dengan hal tersebut, saya memohon kepada Bapak/Ibu untuk membantu memberikan penilaian terhadap indikator dan pertanyaan yang tersedia dalam kuesioner ini mengenai “Analisis *Waste Level* dan *Waste Cost* Pekerjaan Struktur Atas Proyek Pembangunan Gudang XYZ Cakung”. Pengumpulan data melalui kuesioner ini ditujukan untuk memperoleh faktor penyebab sisa material konstruksi berupa material besi pada proyek yang sedang berlangsung. Kesediaan dan kerja sama yang Bapak/Ibu berikan dalam bentuk persetujuan dan perbaikan akan sangat mendukung keberhasilan penelitian ini. Selain itu, komentar, tanggapan, dan perbaikan yang Bapak/Ibu berikan sangat berharga bagi saya. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan dan kesediaan Bapak/Ibu yang telah meluangkan waktunya dalam validasi kuesioner ini.

Hormat Saya,

Wike Andaresta Elsa Putri

NIM. 2010107014

**A. IDENTITAS RESPONDEN**

Nama : .....  
Jenis Kelamin : .....  
Usia : .....  
Jabatan dan Bidang : .....  
Pendidikan Terakhir : SMA/SMK/D3/D4/S1/S2/S3\*  
Lama Pengalaman Kerja : .....

**B. PETUNJUK PENGISIAN KUESIONER**

1. Jawaban adalah persepsi Bapak/Ibu terhadap penyebab waste material.
2. Pengisian validasi kuesioner dilakukan dengan memberi tanda ✓ atau X pada kolom yang telah disediakan.
3. Jika Bapak/Ibu tidak memahami pertanyaan agar melingkari nomor pertanyaan.
4. Bapak/Ibu dapat memberikan masukan, komentar, tanggapan, dan perbaikan atas pernyataan kuesioner ini.

**C. KUESIONER PENELITIAN**

No	Kode	Faktor Penyebab	Penilaian		
			Setuju	Tidak Setuju	Perbaikan
<b>Kontrak</b>					
1.	X <sub>1.1</sub>	Kesalahan dalam dokumen kontrak			
2.	X <sub>1.2</sub>	Dokumen kontrak yang tidak lengkap			
<b>Desain</b>					
3.	X <sub>2.1</sub>	Adanya perubahan desain			

No	Kode	Faktor Penyebab	Penilaian		
			Setuju	Tidak Setuju	Perbaikan
		<b>Desain</b>			
4.	X <sub>2.2</sub>	Memilih spesifikasi produk yang kurang tepat			
5.	X <sub>2.3</sub>	Produk yang dipilih berkualitas rendah			
6.	X <sub>2.4</sub>	Dimensi produk yang digunakan kurang diperhatikan			
7.	X <sub>2.5</sub>	Perancang tidak mengenal baik jenis-jenis produk			
8.	X <sub>2.6</sub>	Perubahan desain dan detail yang kompleks			
9.	X <sub>2.7</sub>	Kesalahan desain pada saat konstruksi			
10.	X <sub>2.8</sub>	Spesifikasi yang kurang jelas			
11.	X <sub>2.9</sub>	Pengerjaan dan distribusi gambar yang lambat			
12.	X <sub>2.10</sub>	Informasi gambar yang kurang jelas			
13.	X <sub>2.11</sub>	Pendetailan gambar yang rumit			
		<b>Pengadaan</b>			
			<b>Setuju</b>	<b>Tidak Setuju</b>	<b>Perbaikan</b>
14.	X <sub>3.1</sub>	Kurangnya koordinasi dengan kontraktor dan kurangnya pengetahuan konstruksi			
15.	X <sub>3.2</sub>	Pesanan material tidak sesuai spesifikasi			
16.	X <sub>3.3</sub>	Pengadaan material melebihi kebutuhan lapangan			
17.	X <sub>3.4</sub>	Pesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil			



No	Kode	Faktor Penyebab	Penilaian		
			Setuju	Tidak Setuju	Perbaikan
		<b>Pengadaan</b>			
18.	X <sub>3.5</sub>	Supplier mengirim material yang tidak sesuai spesifikasi			
		<b>Penanganan Material</b>			
19.	X <sub>4.1</sub>	Material rusak selama pengiriman atau saat sampai di lokasi			
20.	X <sub>4.2</sub>	Tempat penyimpanan yang tidak layak			
21.	X <sub>4.3</sub>	Pengemasan material kurang baik			
22.	X <sub>4.4</sub>	Material dilempar atau dibuang			
23.	X <sub>4.5</sub>	Material terkirim dalam keadaan tidak padat			
24.	X <sub>4.6</sub>	Pembongkaran material tidak dilakukan dengan hati-hati			
		<b>Pelaksanaan</b>			
25.	X <sub>5.1</sub>	Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja			
26.	X <sub>5.2</sub>	Peralatan tidak berfungsi dengan baik			
27.	X <sub>5.3</sub>	Cuaca buruk			
28.	X <sub>5.4</sub>	Kecelakaan pekerja di lapangan			
29.	X <sub>5.5</sub>	Penggunaan bahan yang salah yang membutuhkan penggantian			
		<b>Residual</b>			
30.	X <sub>6.1</sub>	Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi			
31.	X <sub>6.2</sub>	Kesalahan pada saat memotong material			

No	Kode	Faktor Penyebab	Penilaian		
			Setuju	Tidak Setuju	Perbaikan
		<b>Pengadaan</b>	<b>Setuju</b>	<b>Tidak Setuju</b>	<b>Perbaikan</b>
32.	X <sub>6.3</sub>	Sisa material karena proses pemakaian			
		<b>Manajemen dan Perencanaan</b>	<b>Setuju</b>	<b>Tidak Setuju</b>	<b>Perbaikan</b>
33.	X <sub>7.1</sub>	Penundaan penyampaian informasi dan jenis ukuran material			
34.	X <sub>7.2</sub>	Kurangnya pengontrolan di lapangan			
35.	X <sub>7.3</sub>	Kurangnya pengawasan di lapangan			
		<b>Lain-lain</b>			
36.	X <sub>8.1</sub>	Kehilangan akibat pencurian			
37.	X <sub>8.2</sub>	Buruknya pengontrolan material di proyek dan perencanaan manajemen terhadap sisa material			

**LAMPIRAN 3**  
**KUESIONER PENELITIAN**

## KUESIONER PENELITIAN

**Kepada Yth.**

**Tim Proyek Pembangunan Gudang**

**PT. Pulauintan Bajaperkasa**

Perkenalkan, nama saya Wike Andaresta Elsa Putri mahasiswi Program Studi Teknik Sipil Universitas Pradita yang saat ini sedang menyusun Tugas Akhir guna memenuhi persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik. Adapun judul dari penelitian yang sedang dilakukan adalah “Analisis *Waste level* dan *Waste cost* Pekerjaan Struktur Atas Proyek Pembangunan Gudang XYZ Cakung”. Pengumpulan data melalui kuesioner ini ditujukan untuk memperoleh faktor penyebab sisa material konstruksi berupa material beton dan besi pada proyek yang sedang berlangsung. Untuk menunjang penelitian ini, saya berharap kesediaan Bapak/Ibu untuk menjadi responden dan turut serta mengisi kuesioner penelitian ini.

Semua informasi yang Bapak/Ibu berikan terkait dengan kuesioner ini bersifat rahasia dan hasil kuesioner ini semata-mata hanya akan digunakan untuk kepentingan penelitian. Akhir kata saya ucapkan terima kasih atas ketersediaan Bapak/Ibu mengisi kuesioner penelitian ini.

Hormat Saya,

Wike Andaresta Elsa Putri  
NIM. 2010107014

**A. IDENTITAS RESPONDEN**

Nama : .....  
Jenis Kelamin : .....  
Usia : .....  
Jabatan dan Bidang : .....  
Pendidikan Terakhir : SMA/SMK/D3/D4/S1/S2/S3\*  
Lama Pengalaman Kerja : .....

**B. PETUNJUK PENGISIAN KUESIONER**

Berilah tanda centang (✓) pada jawaban yang Bapak/Ibu pilih mengenai faktor penyebab sisa material konstruksi yang terjadi pada Proyek Pembangunan Gudang XYZ Cakung sesuai dengan penilaian di proyek ini. Terdapat lima (5) kategori penilaian yang dapat diberikan seperti berikut ini.

<b>Kategori</b>	<b>Skor</b>
Sangat kurang berpengaruh	1
Kurang berpengaruh	2
Cukup berpengaruh	3
Berpengaruh	4
Sangat berpengaruh	5

\*Beri tanda ceklis pada jawaban anda

### C. KUESIONER PENELITIAN

No	Kode	Faktor Penyebab	Penilaian				
			1	2	3	4	5
<b>Desain</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1.	X <sub>1.1</sub>	Spesifikasi yang kurang jelas					
2.	X <sub>1.2</sub>	Pengerjaan dan distribusi gambar yang lambat					
3.	X <sub>1.3</sub>	Informasi gambar yang kurang jelas					
<b>Pengadaan</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
4.	X <sub>2.1</sub>	Pengadaan material melebihi kebutuhan lapangan					
5.	X <sub>2.2</sub>	Pesanan tidak dapat dilakukan dalam jumlah kecil					
<b>Penanganan Material</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
6.	X <sub>3.1</sub>	Material rusak selama pengiriman atau saat sampai di lokasi					
7.	X <sub>3.2</sub>	Tempat penyimpanan yang tidak layak					
8.	X <sub>3.3</sub>	Pengemasan material kurang baik					
9.	X <sub>3.4</sub>	Material dilempar atau dibuang					
10.	X <sub>3.5</sub>	Material terkirim dalam keadaan tidak padat					
<b>Pelaksanaan</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
11.	X <sub>4.1</sub>	Kesalahan yang diakibatkan oleh tenaga kerja					
12.	X <sub>4.3</sub>	Cuaca buruk					
13.	X <sub>4.3</sub>	Penggunaan bahan yang salah yang membutuhkan penggantian					
<b>Residual</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
14.	X <sub>5.1</sub>	Sisa pemotongan material tidak dapat dipakai lagi					
15.	X <sub>5.2</sub>	Kesalahan pada saat memotong material					
16.	X <sub>5.3</sub>	Sisa material karena proses pemakaian					
<b>Manajemen dan Perencanaan</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
17.	X <sub>6.1</sub>	Kurangnya pengontrolan di lapangan					
18.	X <sub>6.2</sub>	Kurangnya pengawasan di lapangan					
<b>Lain-lain</b>			<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
19.	X <sub>7.1</sub>	Kehilangan akibat pencurian					
20.	X <sub>7.2</sub>	Buruknya pengontrolan material di proyek dan perencanaan manajemen terhadap sisa material					

**LAMPIRAN 4**  
**TABULASI HASIL KUESIONER**

**Tabulasi Hasil Kuesioner**

R	Desain			Pengadaan		Penanganan Material					Pelaksanaan			Residual			Manajemen dan Perencanaan		Lain-lain	
	X1.1	X1.2	X1.3	X2.1	X2.2	X3.1	X3.2	X3.3	X3.4	X3.5	X4.1	X4.2	X4.3	X5.1	X5.2	X5.3	X6.1	X6.2	X7.1	X7.2
1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	2.0	2.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	3.0	3.0
2	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	3.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	2.0	5.0
3	4.0	5.0	4.0	5.0	3.0	4.0	4.0	3.0	5.0	3.0	5.0	3.0	4.0	4.0	5.0	3.0	5.0	5.0	4.0	5.0
4	4.0	4.0	5.0	5.0	2.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0
5	5.0	3.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	2.0	5.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
6	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
7	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	1.0	5.0
8	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
9	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.0	1.0	1.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	2.0	4.0
10	4.0	3.0	4.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0
11	4.0	3.0	3.0	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	3.0	3.0
12	4.0	5.0	5.0	4.0	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0
13	4.0	3.0	3.0	3.0	3.0	1.0	3.0	3.0	3.0	2.0	2.0	3.0	3.0	2.0	2.0	2.0	3.0	3.0	2.0	3.0
14	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
15	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	3.0	3.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0
16	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0
17	5.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	2.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	3.0	5.0
18	4.0	5.0	4.0	3.0	4.0	3.0	3.0	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0
19	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	5.0	3.0	4.0	3.0



**Tabulasi Hasil Kuesioner**

R	Desain			Pengadaan		Penanganan Material					Pelaksanaan			Residual			Manajemen dan Perencanaan		Lain-lain	
	X1.1	X1.2	X1.3	X2.1	X2.2	X3.1	X3.2	X3.3	X3.4	X3.5	X4.1	X4.2	X4.3	X5.1	X5.2	X5.3	X6.1	X6.2	X7.1	X7.2
20	4.0	4.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	3.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.0	3.0	4.0	3.0	4.0
21	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.0	2.0	3.0	5.0	3.0	5.0	4.0	5.0	5.0	3.0	3.0	5.0	3.0
22	4.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	3.0	4.0
23	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	4.0	3.0	4.0	5.0	4.0	3.0	5.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
24	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	5.0	3.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0	5.0	3.0	5.0	5.0	3.0	5.0
25	5.0	4.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0	3.0	2.0	5.0	5.0	5.0	4.0	4.0	5.0	3.0	4.0	3.0	4.0
26	4.0	3.0	3.0	4.0	5.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	4.0	5.0
27	3.0	4.0	5.0	4.0	4.0	3.0	4.0	5.0	4.0	3.0	5.0	4.0	4.0	4.0	5.0	3.0	4.0	4.0	4.0	4.0
28	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	3.0	4.0	5.0	4.0	5.0	5.0	4.0	3.0	5.0	4.0	5.0	4.0	3.0	5.0	3.0
29	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	3.0	4.0	3.0	4.0	4.0	5.0	4.0	4.0	5.0	5.0	4.0	5.0	4.0	4.0	4.0

### Hasil Uji Validitas

<b>Kriteria</b>	<b>Kode</b>	<b>R tabel</b>	<b>Pearson Correlation</b>	<b>Hasil</b>
Desain	X1.1	0.367	0.391	Valid
	X1.2	0.367	0.542	Valid
	X1.3	0.367	0.448	Valid
Pengadaan	X2.1	0.367	0.621	Valid
	X2.2	0.367	0.406	Valid
Pengadaan Material	X3.1	0.367	0.651	Valid
	X3.2	0.367	0.727	Valid
	X3.3	0.367	0.605	Valid
Pengadaan Material	X3.4	0.367	0.588	Valid
	X3.5	0.367	0.518	Valid
Pelaksanaan	X4.1	0.367	0.589	Valid
	X4.2	0.367	0.519	Valid
	X4.3	0.367	0.549	Valid
Residual	X5.1	0.367	0.637	Valid
	X5.2	0.367	0.611	Valid
	X5.3	0.367	0.602	Valid
Manajemen dan Perencanaan	X6.1	0.367	0.531	Valid
	X6.2	0.367	0.455	Valid
Lain-lain	X7.1	0.367	0.627	Valid
	X7.2	0.367	0.606	Valid

### Hasil Pengujian Reliabilitas

<b>Kriteria</b>	<b>Cronbach Alpha</b>	<b>Keterangan</b>
Desain	0.879	Reliabilitas Tinggi
Pengadaan	0.879	Reliabilitas Tinggi
Pengadaan Material	0.876	Reliabilitas Tinggi
Pelaksanaan	0.877	Reliabilitas Tinggi
Residual	0.875	Reliabilitas Tinggi
Manajemen dan Perencanaan	0.879	Reliabilitas Tinggi
Lain-lain	0.876	Reliabilitas Tinggi

**LAMPIRAN 5**

**R TABEL**

**Distribusi nilai  $R_{\text{tabel}}$  Signifikansi 5% dan 1%**

N	The Level of Significance		N	The Level of Significance	
	5%	1%		5%	1%
3	0,997	0,999	38	0,320	0,413
4	0,950	0,990	39	0,316	0,408
5	0,878	0,959	40	0,312	0,403
6	0,811	0,917	41	0,308	0,398
7	0,754	0,874	42	0,304	0,393
8	0,707	0,834	43	0,301	0,389
9	0,666	0,798	44	0,297	0,384
10	0,632	0,765	45	0,294	0,380
11	0,602	0,735	46	0,291	0,376
12	0,576	0,708	47	0,288	0,372
13	0,553	0,684	48	0,284	0,368
14	0,532	0,661	49	0,281	0,364
15	0,514	0,641	50	0,279	0,361
16	0,497	0,623	55	0,266	0,345
17	0,482	0,606	60	0,254	0,330
18	0,468	0,590	65	0,244	0,317
19	0,456	0,575	70	0,235	0,306
20	0,444	0,561	75	0,227	0,296
21	0,433	0,549	80	0,220	0,286
22	0,432	0,537	85	0,213	0,278
23	0,413	0,526	90	0,207	0,267
24	0,404	0,515	95	0,202	0,263
25	0,396	0,505	100	0,195	0,256
26	0,388	0,496	125	0,176	0,230
27	0,381	0,487	150	0,159	0,210
28	0,374	0,478	175	0,148	0,194
29	<b>0,367</b>	0,470	200	0,138	0,181
30	0,361	0,463	300	0,113	0,148
31	0,355	0,456	400	0,098	0,128
32	0,349	0,449	500	0,088	0,115
33	0,344	0,442	600	0,080	0,105
34	0,339	0,436	700	0,074	0,097
35	0,334	0,430	800	0,070	0,091
36	0,329	0,424	900	0,065	0,086
37	0,325	0,418	1000	0,062	0,081

**LAMPIRAN 6**  
**VOLUME MATERIAL, HARGA MATERIAL DAN GAMBAR KERJA**

### Volume Material Pekerjaan Struktur Atas

No	Uraian Pekerjaan	Unit	Volume
1.	Beton FC 33,2 (K-400) NFA	m <sup>3</sup>	4112,68
2.	Beton FC 33,2 (K-400) FA 5%	m <sup>3</sup>	3752,26
3.	Beton FC 41,2 (K-500) FA 5%	m <sup>3</sup>	1604,22
4.	D 10 U-42 (BJTS 420B)	kg	56.812,02
5.	D 13 U-42 (BJTS 420B)	kg	361.472,72
8.	D 22 U-42 (BJTS 420B)	kg	104.359,67
9	D 2 5U-42 (BJTS 420B)	kg	308.176,94
10	Kanstin	bh	2.195

Sumber: PT. Pulauintan Bajaperkasa, 2023

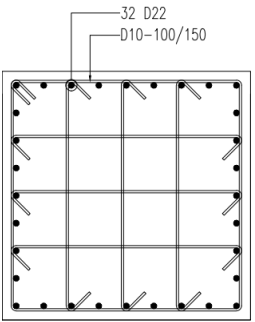
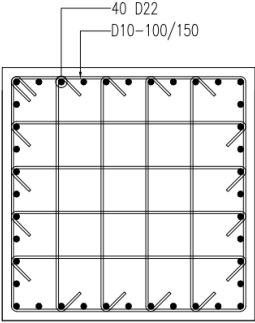
### Harga Material Struktur Atas

No	Uraian Pekerjaan	Unit	Harga
1.	Beton FC 33,2 (K-400) NFA	m <sup>3</sup>	Rp1.009.100
2.	Beton FC 33,2 (K-400) FA 5%	m <sup>3</sup>	Rp870.700
3.	Beton FC 41,2 (K-500) FA 5%	m <sup>3</sup>	Rp1.043.700
4.	D 10 U-42 (BJTS 420B)	kg	Rp 11.500
5.	D 13 U-42 (BJTS 420B)	kg	Rp 11.500
6.	D 22 U-42 (BJTS 420B)	kg	Rp 11.700
7	D 25 U-42 (BJTS 420B)	kg	Rp 11.700
8.	Kanstin	bh	Rp 59.300

Sumber: PT. Pulauintan Bajaperkasa, 2023

## Lampiran 6. Volume Material, Harga Material Dan Gambar Kerja

### Detail Penulangan Kolom

Tipe	Ukuran (mm)	Gambar	Tulangan Utama	Tulangan Sengkang	
				Tumpuan	Lapangan
K1	1100/1100		32 D22	D10-100	D10-150
K2	1100/1100		40 D22	D10-100	D10-150

Sumber: PT. Pulauintan Bajaperkasa, 2023

### Detail Penulangan Balok

B1C (850×1650)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	36 D25	14 D25
Tul. Bawah	23 D25	35 D25
Tul. Sengkang	3 D13-100	3 D13-100
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13
B1D (850×1650)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	34 D25	11 D25
Tul. Bawah	21 D25	32 D25
Tul. Sengkang	2,5 D13-100	2,5 D13-100
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13

Sumber: PT. Pulauintan Bajaperkasa, 2023

## Lampiran 6. Volume Material, Harga Material Dan Gambar Kerja

### Detail Penulangan Balok

B1I (850×1650)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	25 D25	11 D25
Tul. Bawah	18 D25	27 D25
Tul. Sengkang	2 D13-100	2 D13-100
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13
B1J (850×1650)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	24 D25	11 D25
Tul. Bawah	17 D25	26 D25
Tul. Sengkang	2 D13-100	2 D13-100
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13
B1K (850×1650)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	28 D25	13 D25
Tul. Bawah	19 D25	29 D25
Tul. Sengkang	2,5 D13-100	2,5 D13-100
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13
B2A (1100×2000)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	29 D25	21 D25
Tul. Bawah	15 D25	34 D25
Tul. Sengkang	3,5 D13-100	3,5 D13-100
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13
B2B (1100×2000)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	27 D25	18 D25
Tul. Bawah	19 D25	23 D25
Tul. Sengkang	2,5 D13-100	2,5 D13-100
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13
B2C (1100×2000)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	43 D25	19 D25
Tul. Bawah	27 D25	37 D25
Tul. Sengkang	3,5 D13-100	3,5 D13-100
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13

Sumber: PT. Pulauintan Bajaperkasa, 2023



## Lampiran 6. Volume Material, Harga Material Dan Gambar Kerja

### Detail Penulangan Balok

B2D (1100×2000)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	34 D25	11 D25
Tul. Bawah	21 D25	32 D25
Tul. Sengkang	2,5 D13-100	2,5 D13-100
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13
B3A (750×1450)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	11 D25	8 D25
Tul. Bawah	8 D25	8 D25
Tul. Sengkang	D13-100	D13-150
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13
B3A (750×1450)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	11 D25	8 D25
Tul. Bawah	8 D25	8 D25
Tul. Sengkang	D13-100	D13-150
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13
B3F (750×1450)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	13 D25	8 D25
Tul. Bawah	8 D25	8 D25
Tul. Sengkang	D13-100	D13-150
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13
B3I (750×1450)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	22 D25	8 D25
Tul. Bawah	9 D25	10 D25
Tul. Sengkang	D13-100	D13-150
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13
B4B (750×1600)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	15 D25	9 D25
Tul. Bawah	9 D25	15 D25
Tul. Sengkang	D13-100	D13-150
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13

Sumber: PT. Pulauintan Bajaperkasa, 2023

## Lampiran 6. Volume Material, Harga Material Dan Gambar Kerja

### Detail Penulangan Balok

B4B (750×1600)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	15 D25	9 D25
Tul. Bawah	9 D25	15 D25
Tul. Sengkang	D13-100	D13-150
Tul. Pinggang	6 D13	6 D13
B6I (500×800)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	20 D25	11 D25
Tul. Bawah	15 D25	25 D25
Tul. Sengkang	2 D10-100	2 D10-150
Tul. Pinggang	-	-
B6J (500×800)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	25 D25	8 D25
Tul. Bawah	12 D25	20 D25
Tul. Sengkang	2,5 D10-100	2,5 D10-150
Tul. Pinggang	-	-
B6K (500×800)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	13 D25	6 D25
Tul. Bawah	9 D25	12 D25
Tul. Sengkang	2,5 D10-100	2,5 D10-150
Tul. Pinggang	-	-
B7B (400×800)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	9 D25	3 D25
Tul. Bawah	5 D25	4 D25
Tul. Sengkang	D10-100	D10-150
Tul. Pinggang	-	-
B7C (400×800)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	17 D25	4 D25
Tul. Bawah	13 D25	20 D25
Tul. Sengkang	D10-100	D10-150
Tul. Pinggang	-	-

Sumber: PT. Pulauintan Bajaperkasa, 2023

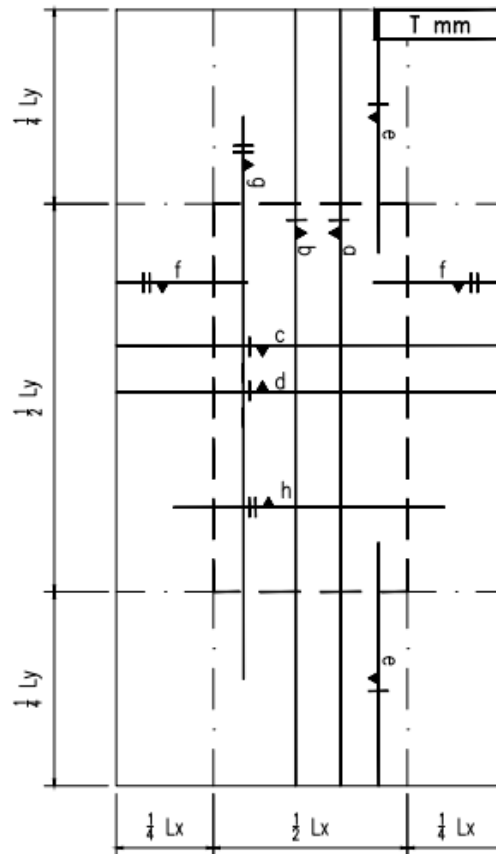
## Lampiran 6. Volume Material, Harga Material Dan Gambar Kerja

### Detail Penulangan Balok

B8 (350×700)		
Keterangan	Tumpuan	Lapangan
Tul. Atas	7 D25	4 D25
Tul. Bawah	5 D25	4 D25
Tul. Sengkang	D10-100	D10-150
Tul. Pinggang	-	-

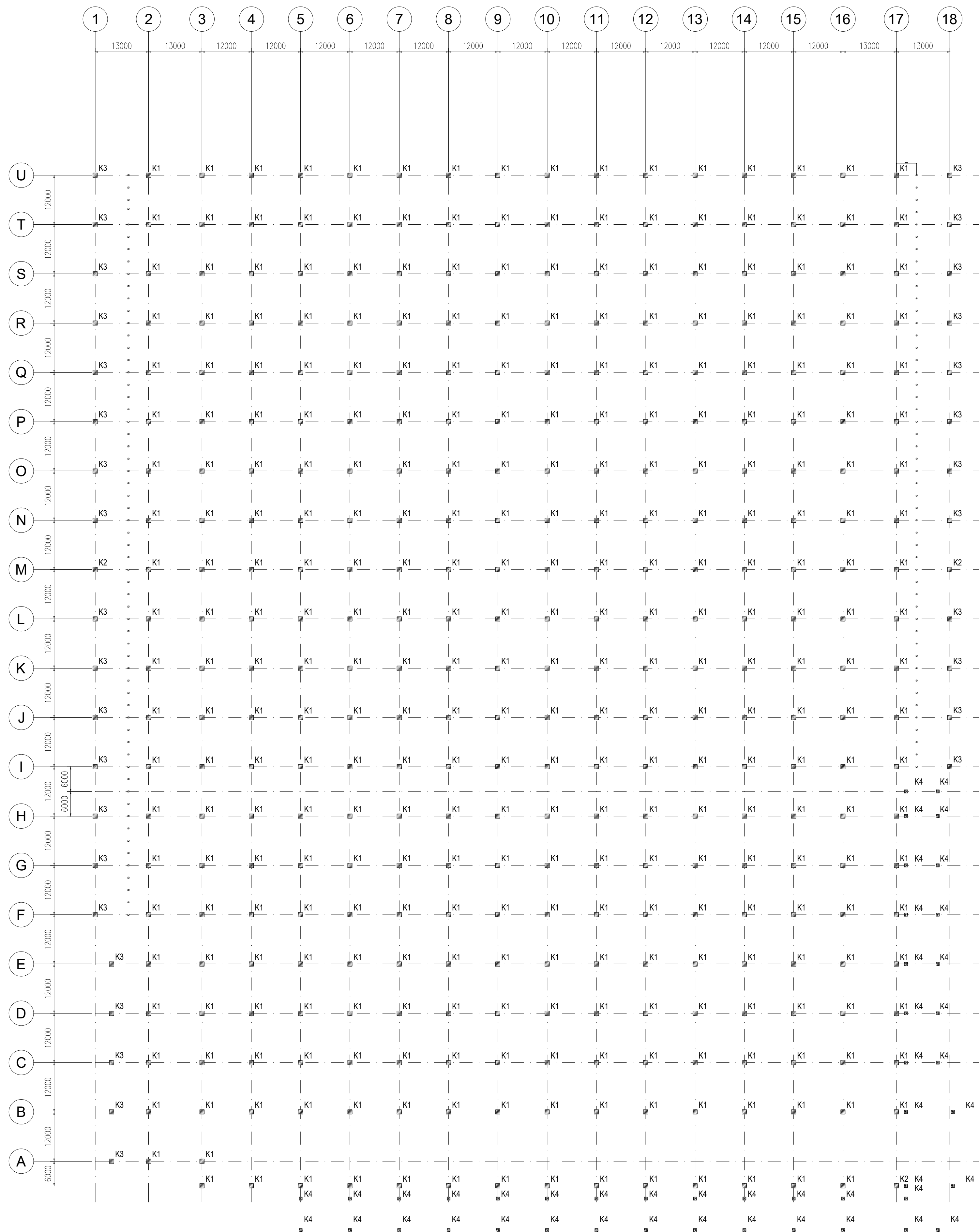
Sumber: PT. Pulauintan Bajaperkasa, 2023

### Detail Penulangan Pelat



Type	Tebal (mm)	a	b	c	d	e	f	g	h
S1	250	D13-400	D13-325	D13-300	D13-400	D13-400	D13-300	-	D13-400
S1A	250	D13-300	D13-450	D13-400	D13-450	-	D13-400	-	D13-450
S2	130	D13-400	D13-325	D13-300	D13-400	D13-400	D13-300	-	D13-400

Sumber: PT. Pulauintan Bajaperkasa, 2023



**COLUMN PLAN EL. ±0.000**

SCALE 1 : 600  
 NOTES : - STEEL COLUMN :  
 \* SC60 = HB 400x400x13x21  
 \* SC3 = WF 350x175x7x11  
 - CONCRETE COLUMN  
 \* K1 = 1100 x 1100  
 \* K2 = 1100 x 1100  
 \* K3 = 1100 x 1100  
 \* K4 = 600 x 600

**KEY PLAN :**

**LEGEND :**

- STRUCTURE**
- CONCRETE GRADE :
    - SLAB : K-400 ( $f'c = 33,2 \text{ MPa}$ )
    - BEAM/TIEBEAM : K-400 ( $f'c = 33,2 \text{ MPa}$ )
    - COLUMN : K-500 ( $f'c = 41,5 \text{ MPa}$ )
    - PILECAP : K-400 ( $f'c = 33,2 \text{ MPa}$ )
  - REBAR GRADE :
    - SLAB : U-52 (BJTS 520) FOR  $D \geq 10 \text{ mm}$ .
    - BEAM/TIEBEAM : U-42 (BJTS 420B) FOR  $D \geq 13 \text{ mm}$ .
    - COLUMN : U-42 (BJTS 420B) FOR  $D \geq 13 \text{ mm}$ .
    - PILECAP : U-52 (BJTS 520) FOR  $D \geq 10 \text{ mm}$ .
  - STEEL GRADE B337 ( $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ )
  - WELDED GRADE AWS-E70XX
  - ANCHOR BOLT GRADE ASTM A307
  - BOLT GRADE HTB A-325
- SQUARE PILE**
- CONCRETE GRADE K-500 (41,5 MPa)
  - REBAR GRADE :
    - U-42 (BJTS 420B) FOR  $D \geq 10 \text{ mm}$ .
    - P-28 (BJTP 280) FOR  $D \leq 10 \text{ mm}$
  - WELD GRADE : AWS-E 70XX
  - BEARING CAPACITY PILE
    - SQUARE PILE 250x250 MM = 45 T
    - SQUARE PILE 450x450 MM = 150 T
  - PIILING LENGTH = 16 M OR UNTIL HARD LAYER OR FINAL SET AS EVALUATED FROM INDICATOR PILES.
  - FOR ELEVATION WAREHOUSE = EL. ±0.000  
 FOR ELEVATION ROAD = EL. -1.200

- COLUMN**
- KOLOM MENERUS
  - KOLOM TUMBUH
  - KOLOM BERHENTI

NO.	DATE	ISSUED BY	ISSUED TO	REV	DESCRIPTION

PROJECT  
**MULTIPORPOSED WAREHOUSE CAKUNG**

OWNER

DESIGN CONSULTANTS

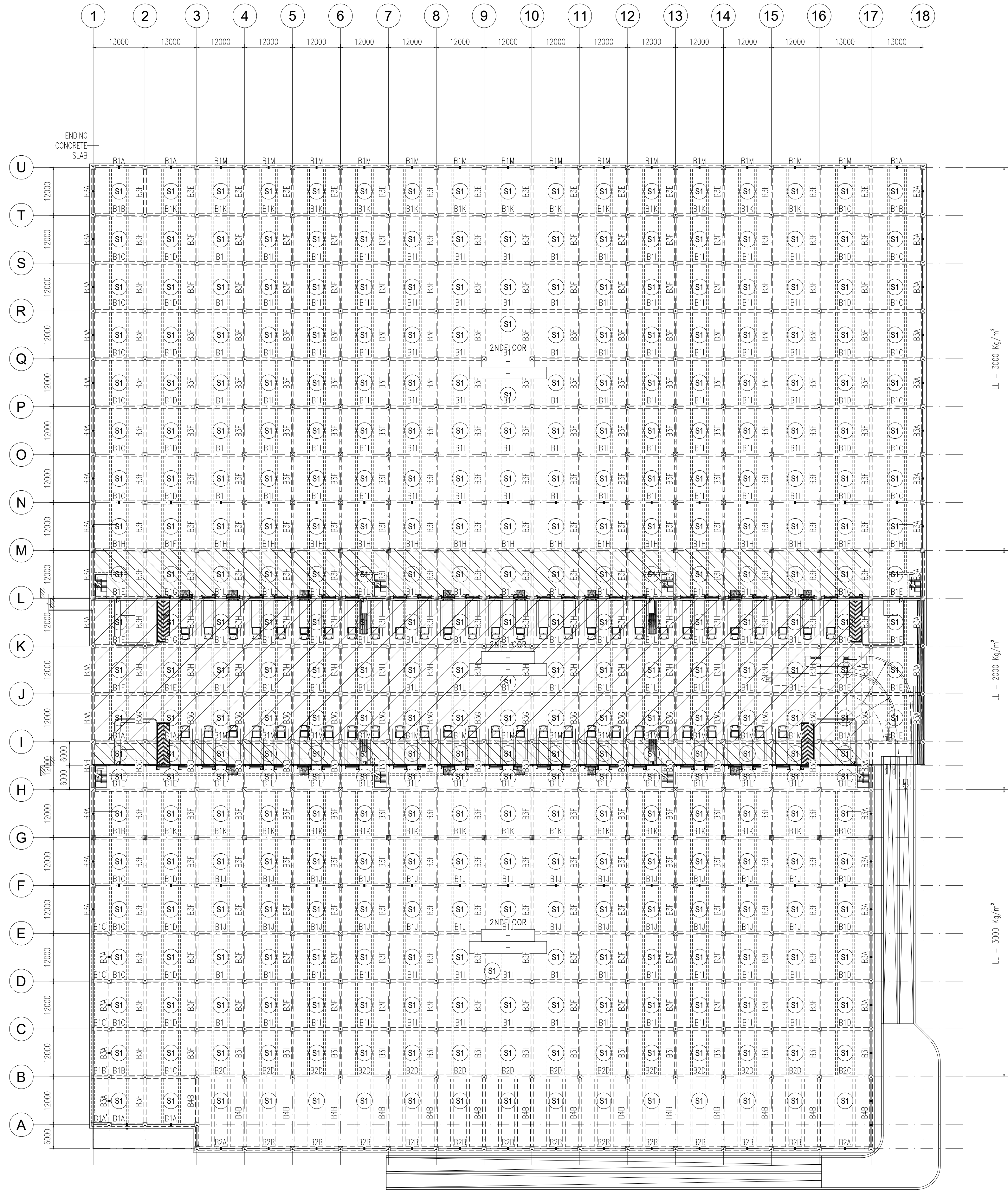
SCALE	1 : 600	sign	date
DRAWN BY		paraf	tanggal
DESIGN BY			
CHECKED BY			
APPROVED BY			
APPROVED BY OWNER			

PLANNING  
**STRUKTUR**

DRAWING TITLE  
**PERGUDANGAN CAKUNG #2  
 COLUMN PLAN (1/5)**

DRAWING NO.  
**ST-CML-WH-003**

SHEET



**MAIN BEAM PLAN EL. +12.800 AND EL. +14.000**

SCALE 1 : 600  
 NOTES : NOTASI AKSEN (') MENUNJUKAN BALOK MENGGUNAKAN DETAIL TUMPUAN SECARA TYPICAL

**KEY PLAN :**

**LEGEND :**

- STRUCTURE**
- CONCRETE GRADE :
    - a. SLAB : K-400 ( $F'c = 33,2 \text{ MPa}$ )
    - b. BEAM/TIEBEAM : K-400 ( $F'c = 33,2 \text{ MPa}$ )
    - c. COLUMN : K-500 ( $F'c = 41,5 \text{ MPa}$ )
    - d. PILECAP : K-400 ( $F'c = 33,2 \text{ MPa}$ )
  - REBAR GRADE :
    - a. SLAB : U-52 (BUTS 520) FOR  $D \geq 10 \text{ mm}$ .
    - b. BEAM/TIEBEAM : U-42 (BUTS 420B) FOR  $D \geq 13 \text{ mm}$ .
    - c. COLUMN : U-42 (BUTS 420B) FOR  $D \geq 13 \text{ mm}$ .
    - d. PILECAP : U-52 (BUTS 520) FOR  $D \geq 10 \text{ mm}$ .
  - STEEL GRADE BJ37 ( $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ )
  - WELDED GRADE AWS-E70XX
  - ANCHOR BOLT GRADE ASTM A307
  - BOLT GRADE HTB A-325
- SQUARE PILE**
- CONCRETE GRADE K-500 (41,5 MPa)
  - REBAR GRADE :
    - U-42 (BUTS 420B) FOR  $D > 10 \text{ mm}$ .
    - P-28 (BUTP 280) FOR  $D \leq 10 \text{ mm}$ .
  - WELD GRADE : AWS-E 70XX
  - BEARING CAPACITY PILE
    - A. SQUARE PILE 250X250 MM = 45 T
    - B. SQUARE PILE 450X450 MM = 150 T
  - PIILING LENGTH = 16 M OR UNTIL HARD LAYER  
 OR FINAL SET AS EVALUATED FROM INDICATOR PILES.
  - FOR ELEVATION WAREHOUSE = EL.  $\pm 0,000$   
 FOR ELEVATION ROAD = EL.  $-1,200$
- COLUMN**
- KOLOM MENERUS
  - KOLOM TUMBUH
  - KOLOM BERHENTI

NO.	DATE	ISSUED BY	ISSUED TO	REV	DESCRIPTION
23.04.12					FOR TENDER

PROJECT  
**MULTIPORPOSED WAREHOUSE CAKUNG**

OWNER

DESIGN CONSULTANTS

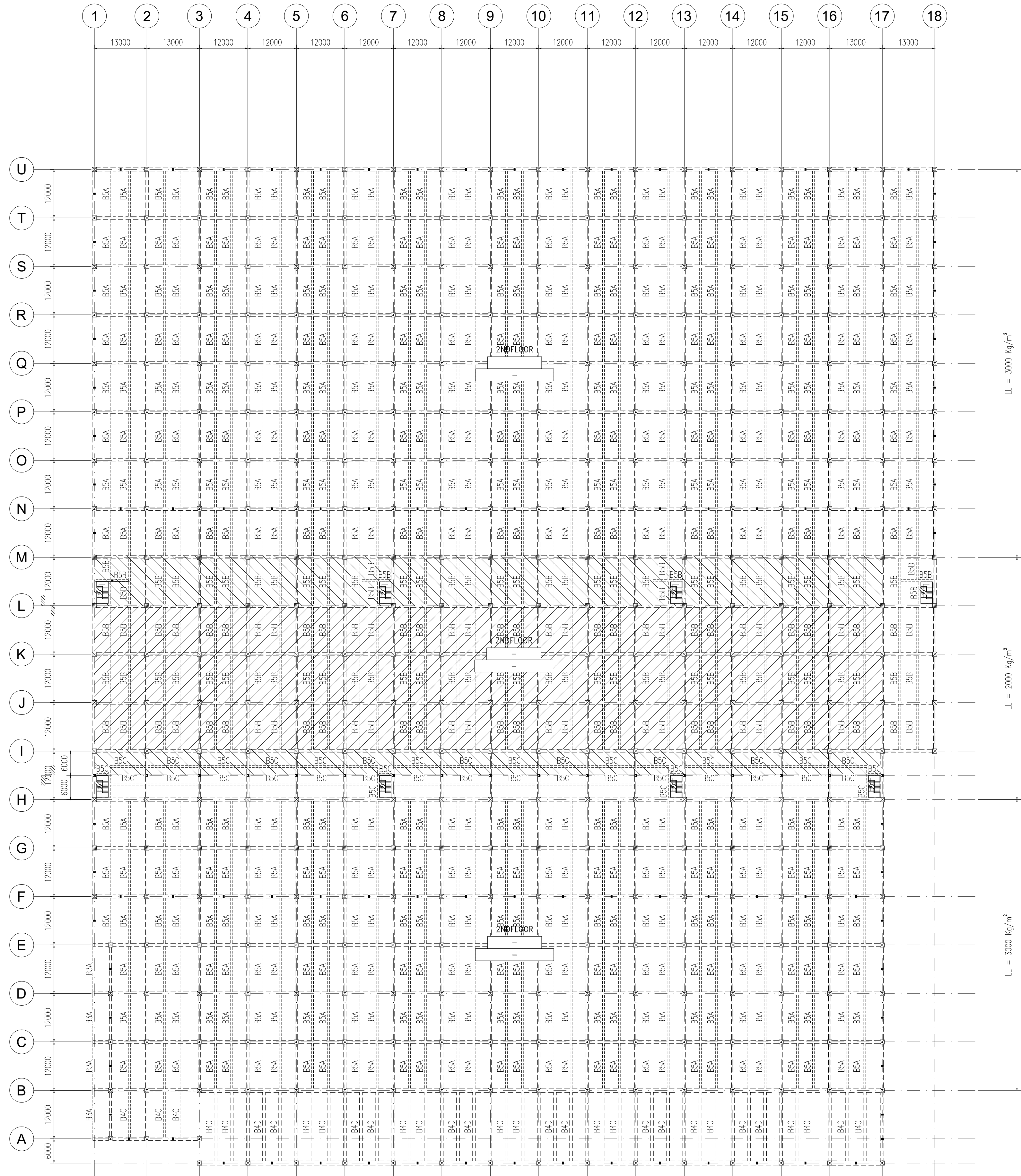
MEP

SCALE	1 : 600	sgn	date
DRAWN BY			
DESIGN BY			
CHECKED BY			
APPROVED BY			
APPROVED BY OWNER			

PLANNING  
**STRUKTUR**

DRAWING TITLE  
**PERGUDANGAN CAKUNG #2  
 PLAN ELEVATION  
 +12.800 & +14.000 (1/2)**

DRAWING NO.	SHEET
ST-CML-WH-005	



SECONDARY BEAM PLAN EL. +12.500 AND EL. +14.000  
SCALE 1 : 600

KEY PLAN :

LEGEND :

- STRUCTURE
- CONCRETE GRADE :
    - SLAB : K-400 ( $F'c = 33,2 \text{ MPa}$ )
    - BEAM/TIEBEAM : K-400 ( $F'c = 33,2 \text{ MPa}$ )
    - COLUMN : K-500 ( $F'c = 41,5 \text{ MPa}$ )
    - PILECAP : K-400 ( $F'c = 33,2 \text{ MPa}$ )
  - REBAR GRADE :
    - SLAB : U-52 (BUTS 520) FOR  $D \geq 10 \text{ mm}$ .
    - BEAM/TIEBEAM : U-42 (BUTS 420B) FOR  $D \geq 13 \text{ mm}$ .
    - COLUMN : U-42 (BUTS 420B) FOR  $D \geq 13 \text{ mm}$ .
    - PILECAP : U-52 (BUTS 520) FOR  $D \geq 10 \text{ mm}$ .
  - STEEL GRADE BJ37 ( $f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$ )
  - WELDED GRADE AWS-E70XX
  - ANCHOR BOLT GRADE ASTM A307
  - BOLT GRADE HTB A-325
- SQUARE PILE
- CONCRETE GRADE K-500 (41,5 MPa)
  - REBAR GRADE :
    - U-42 (BUTS 420B) FOR  $D > 10 \text{ mm}$ .
    - P-28 (BUTP 280) FOR  $D \leq 10 \text{ mm}$ .
  - WELD GRADE : AWS-E 70XX
  - BEARING CAPACITY PILE
    - SQUARE PILE 250X250 MM = 45 T
    - SQUARE PILE 450X450 MM = 150 T
  - PIILING LENGTH = 16 M OR UNTIL HARD LAYER  
OR FINAL SET AS EVALUATED FROM INDICATOR PILES.
  - FOR ELEVATION WAREHOUSE = EL.  $\pm 0.000$   
FOR ELEVATION ROAD = EL.  $-1.200$
- COLUMN
- KOLOM MENERUS
  - KOLOM TUMBUH
  - KOLOM BERHENTI

NO.	DATE	ISSUED BY	ISSUED TO	REV	DESCRIPTION
23.04.12					FOR TENDER

PROJECT  
**MULTIPORPOSED WAREHOUSE CAKUNG**

OWNER

DESIGN CONSULTANTS

MEP

SCALE	1 : 600	sign panel	date tanggal
DRAWN BY			
DESIGN BY			
CHECKED BY			
APPROVED BY			
APPROVED BY OWNER			

PLANNING  
**STRUKTUR**

DRAWING TITLE  
**PERGUDANGAN CAKUNG #2  
PLAN ELEVATION  
+12.800 & +14.000 (2/2)**

DRAWING NO.  
**ST-CML-WH-005A**

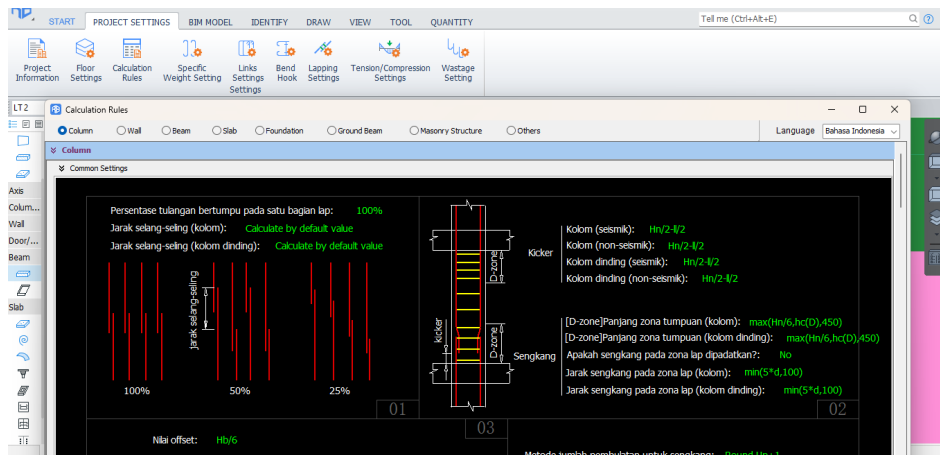
SHEET

**LAMPIRAN 7**  
**LANGKAH PEMODELAN *CUBICOST* TRB**

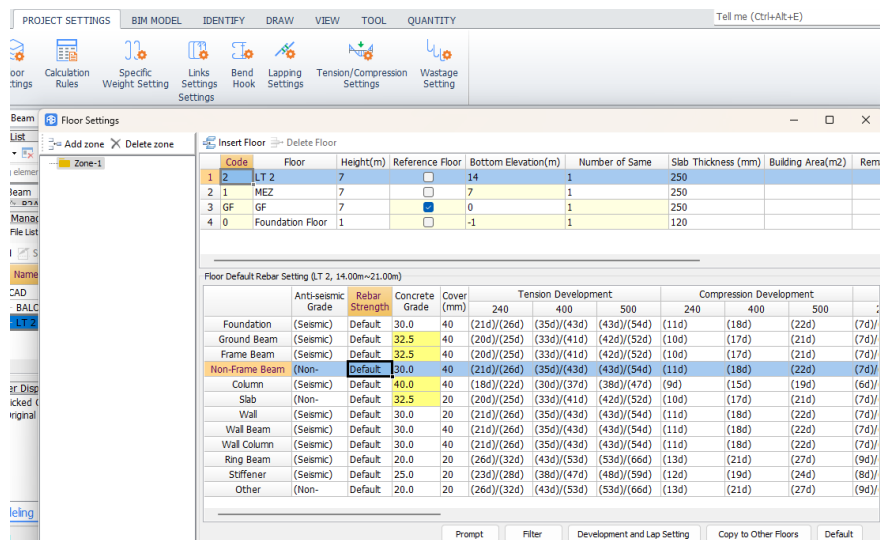


## Lampiran 7. Langkah Pemodelan *Cubicost* TRB

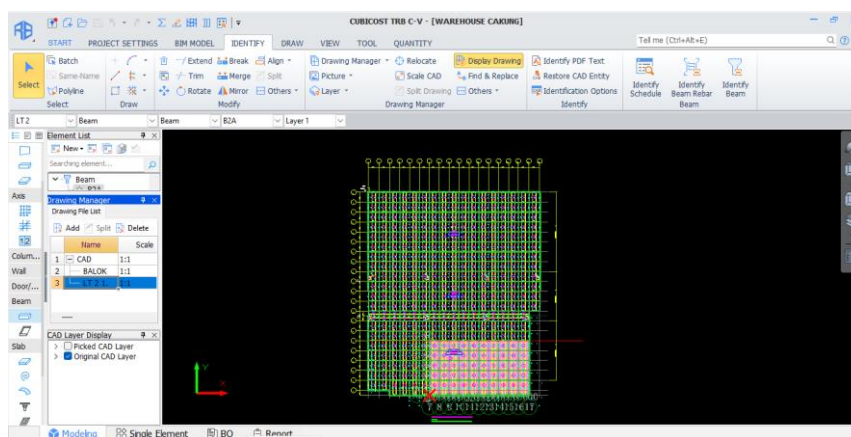
### a. Mengatur standar detail untuk kalkulasi volume pembedian



### b. Pembuatan elevasi tiap lantai bangunan digunakan untuk menghasilkan suatu pemodelan.



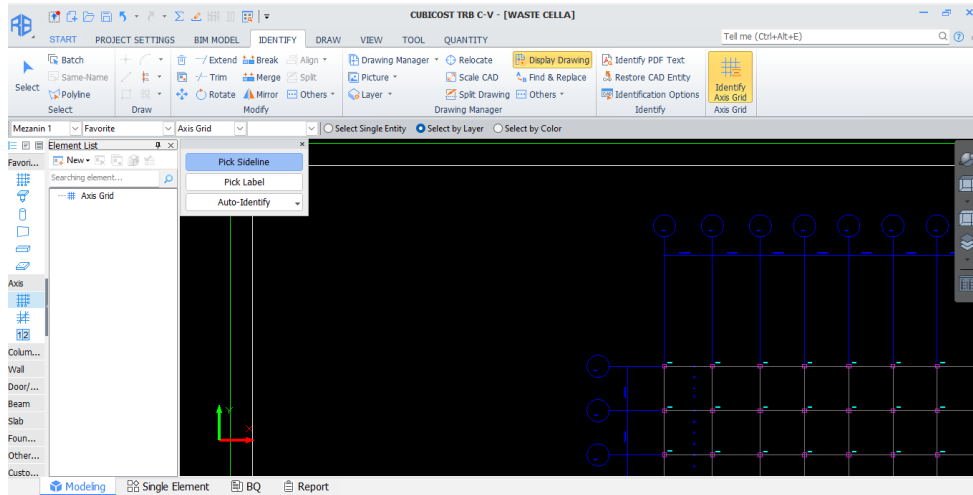
### c. Memasukkan denah gambar kerja digunakan sebagai acuan untuk meletakkan setiap elemen kolom, balok, dan pelat sesuai dengan letak dan tipenya.



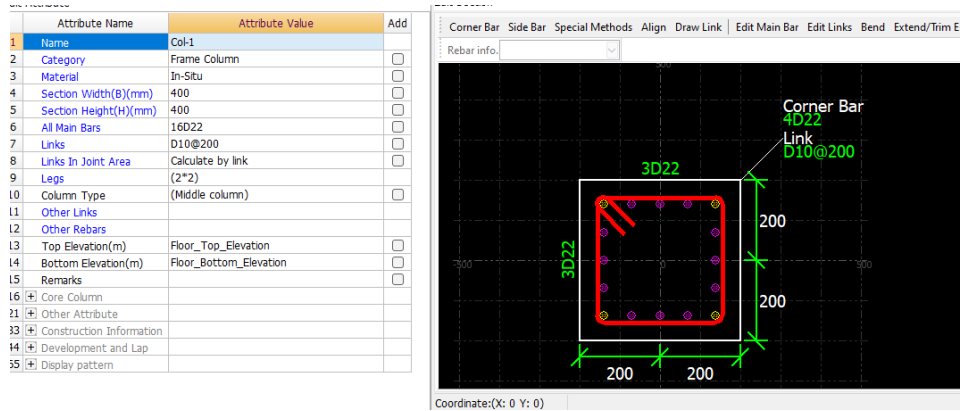


## Lampiran 7. Langkah Pemodelan *Cubicost* TRB

- d. Pembuatan *as-grid* dengan cara *auto-identify* dapat dilakukan secara langsung dengan mengklik *pick sideline* kemudian pilih garis grid, *pick label* lalu klik pada nama dan dimensi grid, kemudian klik *auto identify* untuk membuat denah.

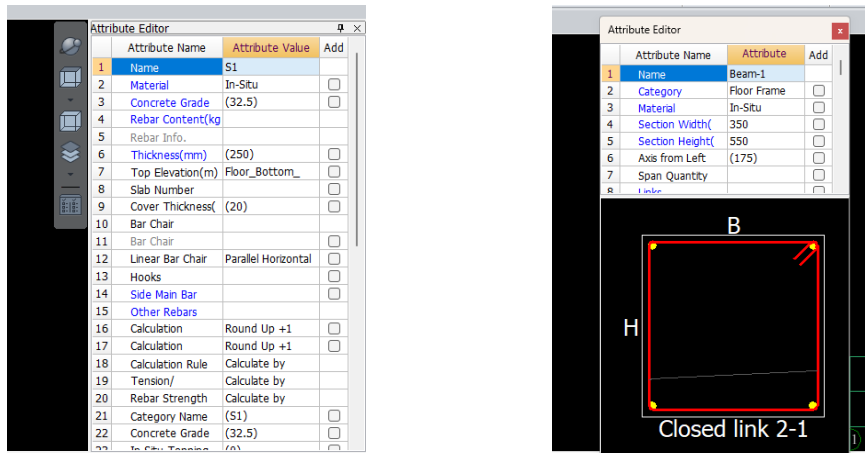


- e. Memasukkan tulangan kolom pada tulangan utama, sengkang dan ties dengan jumlah dan jarak sesuai dengan standar detail gambar kerja. Setelah melakukan penulangan, selanjutnya memasukkan pada denah kolom sesuai tipenya.

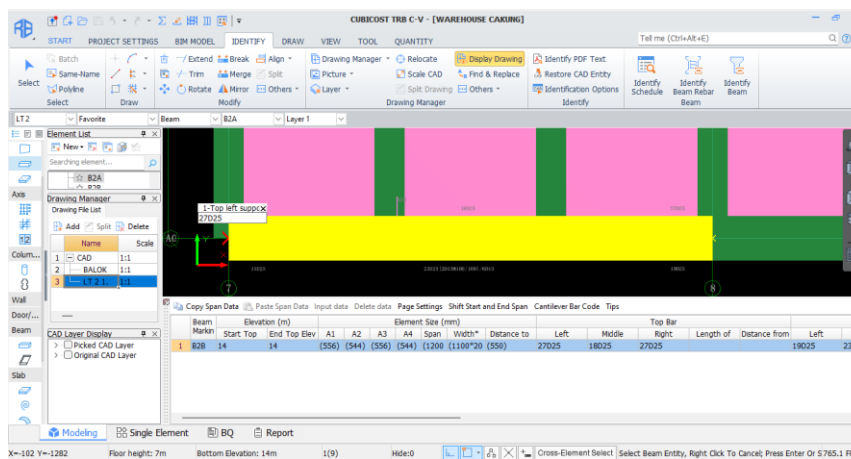


- f. Proses memasukkan elemen balok dan pelat sesuai tipenya ke dalam pemodelan.

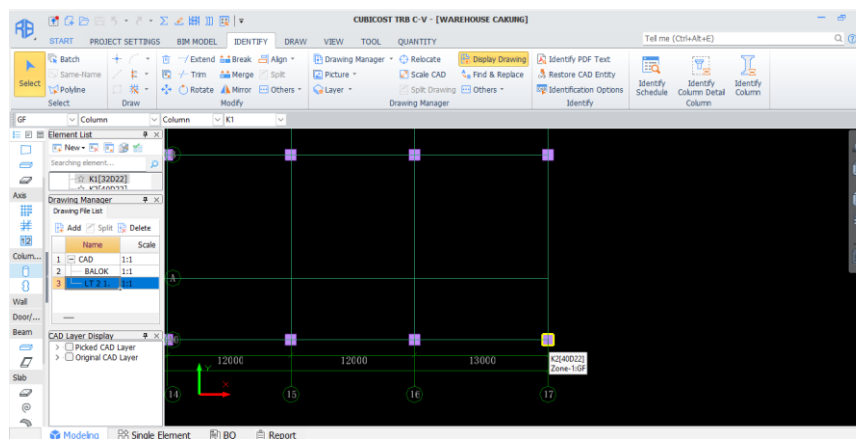
## Lampiran 7. Langkah Pemodelan *Cubicost* TRB



- g. Penulangan balok dilakukan pada tulangan sengkang, tulangan pinggang, tulangan utama atas dan tulangan bawah yang jumlahnya berbeda pada lokasi tumpuan dan lapangan.

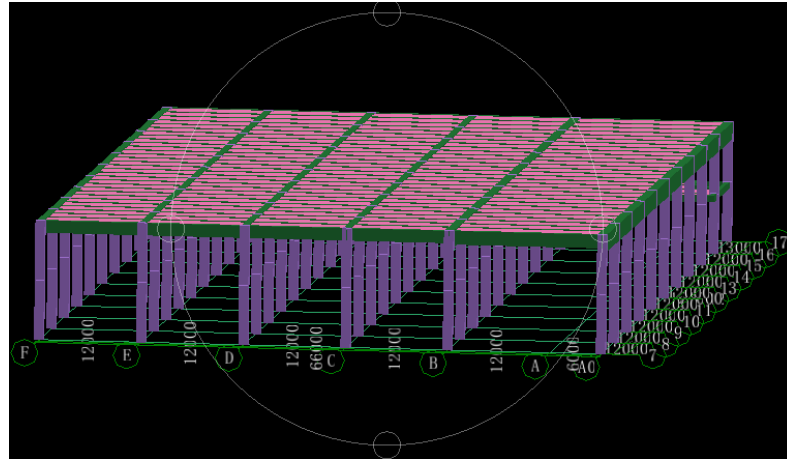


- h. Setelah menginput data-data yang diperlukan, kemudian dapat dilakukan kalkulasi untuk memperoleh besarnya volume kebutuhan material besi dan *Bar Bending Schedule* pada elemen kolom, balok, dan pelat.

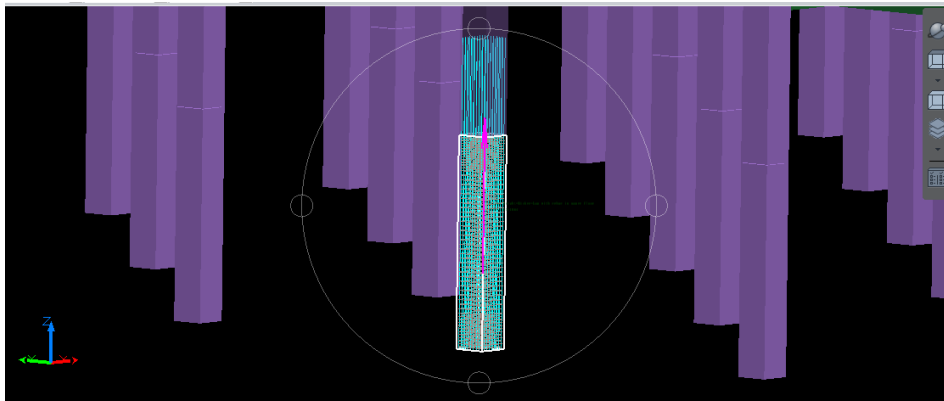


## Lampiran 7. Langkah Pemodelan *Cubicost* TRB

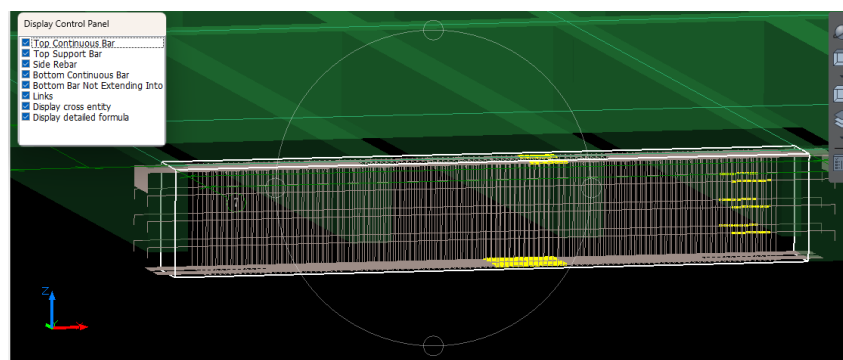
- i. Hasil dari penginputan elemen-elemen yang sesuai dengan gambar kerja secara 3 dimensi.



- j. *Cubicost* TRB dapat menghasilkan detail penulangan pada kolom secara 3 dimensi.



- k. *Cubicost* TRB dapat menghasilkan detail penulangan balok secara 3 dimensi.



(Badan Standardisasi Nasional, 2013)

**LAMPIRAN 8**


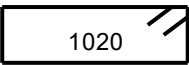
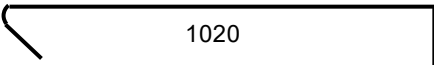

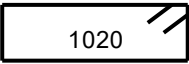
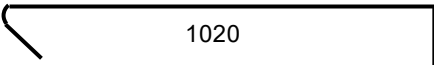

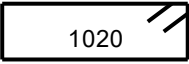
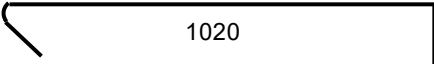

***OUTPUT BBS CUBICOST TRB***

# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: GF Default Construction Zone

Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks
K1[32D22 ]	<16-6,A0 >;<16-6,B >;<17-6,B >	1	BJTD-40	D22	10032 	10032	32	3	96	2875.733	All Main Bars.1
		2	BJTD-40	D10@100/150	1020 	4258	58	3	174	457.13	Link.1
		3	BJTD-40	D10@100/150	 1020	1198	232	3	696	514.46	Hook.1
		1	BJTD-40	D22	10032 	10032	32	18	576	17254.398	All Main Bars.1
		2	BJTD-40	D10@100/150	1020 	4258	56	18	1008	2648.203	Link.1
		3	BJTD-40	D10@100/150	 1020	1198	224	18	4032	2980.317	Hook.1
		1	BJTD-40	D22	10207 	10207	32	36	1152	35110.774	All Main Bars.1
		2	BJTD-40	D10@100/150	1020 	4258	56	36	2016	5296.407	Link.1
		3	BJTD-40	D10@100/150	 1020	1198	224	36	8064	5960.635	Hook.1
1	BJTD-40	D22	10207 	10207	32	8	256	7802.394	All Main Bars.1		

Prepared By:

Approval By:

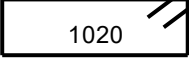
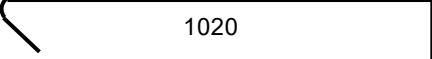
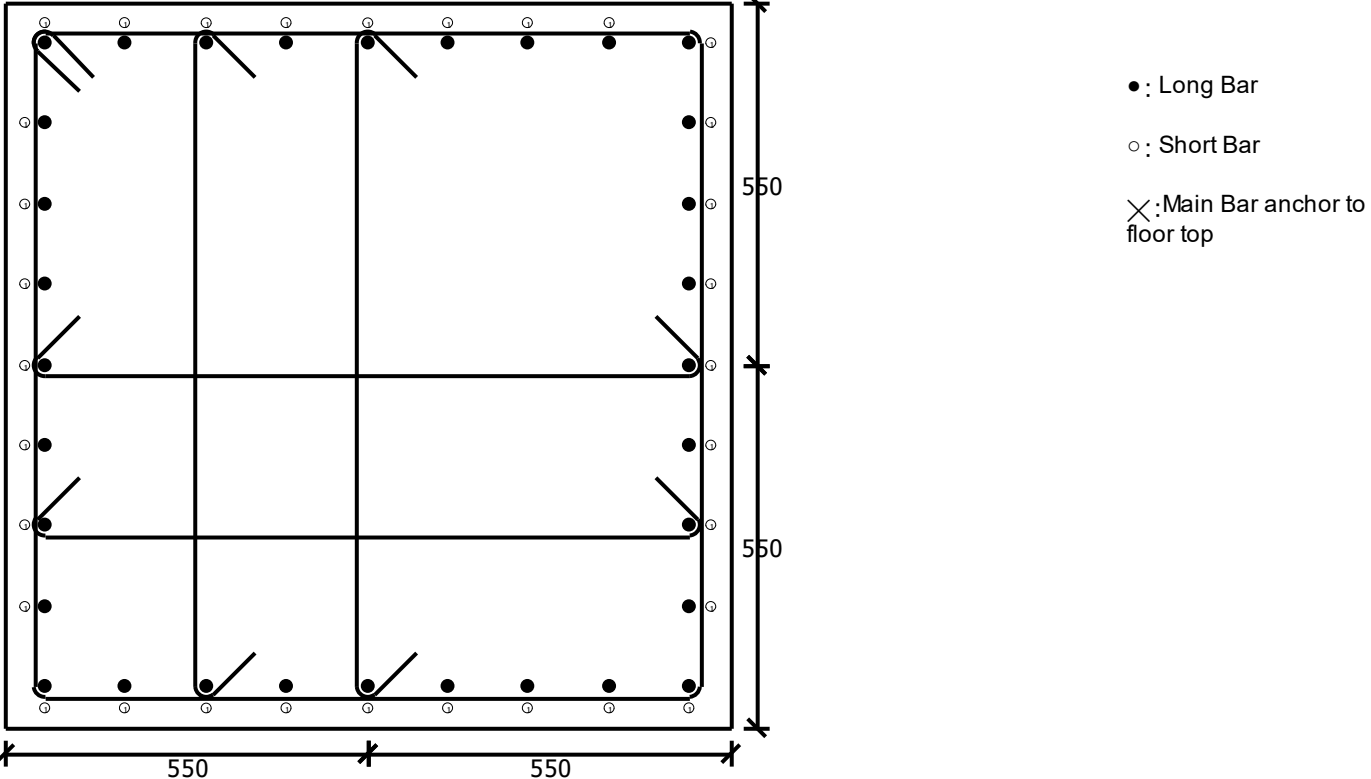
Page 1 of 4

# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: GF Default Construction Zone

Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks
K1[32D22 ]	<16-6,A0 >;<16-6,B >;<17-6,B >	2	BJTD-40	D10@100/150		4258	58	8	464	1219.014	Link.1
		3	BJTD-40	D10@100/150		1198	232	8	1856	1371.892	Hook.1
		<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;">  </div> <div style="flex: 0.5; font-size: small;"> <p>● : Long Bar</p> <p>○ : Short Bar</p> <p>⊗ : Main Bar anchor to floor top</p> </div> </div>									

Prepared By:

Approval By:


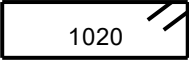
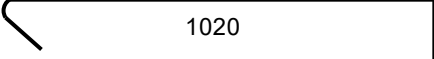
Page 2 of 4

# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: GF Default Construction Zone

Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks
K2[40D22 > <17-6,A0 >		1	BJTD-40	D22	 10032	10032	40	1	40	1198.222	All Main Bars.1
		2	BJTD-40	D10@100/150	 1020 1020	4258	58	1	58	152.377	Link.1
		3	BJTD-40	D10@100/150	 1020	1198	464	1	464	342.973	Hook.1

Prepared By:

Approval By:

Page 3 of 4

# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: GF Default Construction Zone

Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks	
K2[40D22 ]	<17-6,A0 >	Section										

Prepared By:

Approval By:

Page 4 of 4

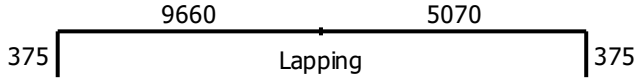
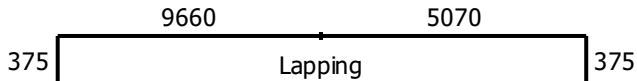
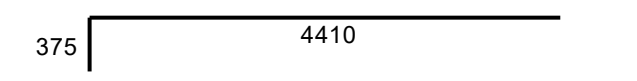
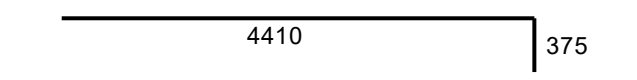
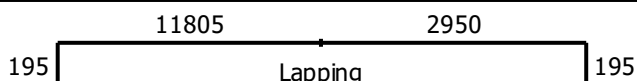
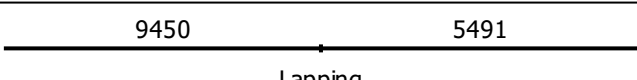
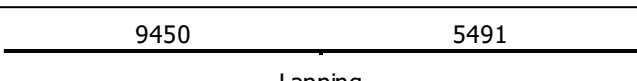
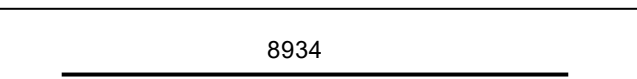
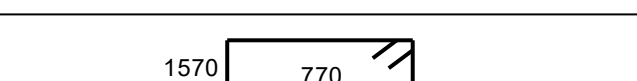
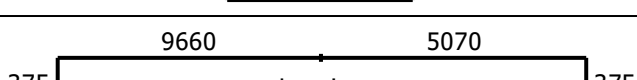


# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: LT 2 Default Construction Zone

Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks
B1D	<16,F><17+375,F>;<16,E><17+375,E>;<16,D><17+375,D>	1	BJTD-40	D25		10035/5445	9	3	27	1611.654	16~17 axis Top continuous bar
		2	BJTD-40	D25		10035/5445	2	3	6	358.145	16~17 axis Top continuous bar( Corner Bar)
		3	BJTD-40	D25		4785	23	3	69	1273.116	16 axis 1st layer Top left support bar
		4	BJTD-40	D25		4785	23	3	69	1273.116	17 axis 1st layer Top right support bar
		5	BJTD-40	D13		12000/3145	6	3	18	284.332	16~17 axis Side Main Bar
		6	BJTD-40	D25		9450/5491	2	3	6	345.675	16~17 axis Bottom continuous bar( Corner Bar)
		7	BJTD-40	D25		9450/5491	19	3	57	3283.912	16~17 axis Bottom continuous bar
		8	BJTD-40	D25		8933	11	3	33	1136.706	16~17 axis Bottom bar not extending into support
		9	BJTD-40	D13@100/100		4911	246	3	738	3780.164	Span 1
1	BJTD-40	D25		10035/5445	2	1	2	119.382	16~17 axis Top continuous bar( Corner Bar)		

Prepared By:

Approval By:

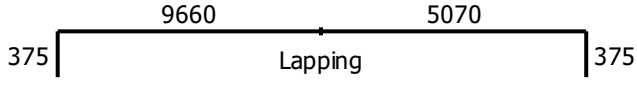
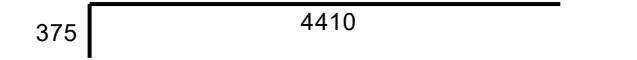
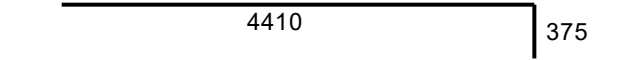
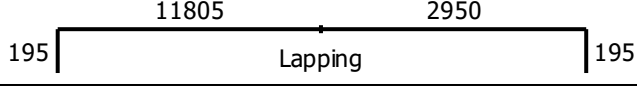
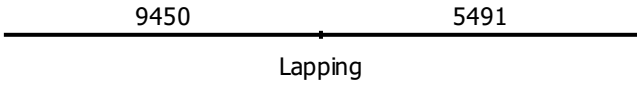
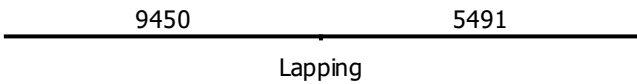
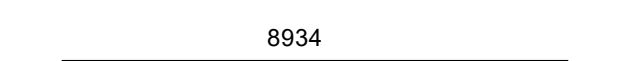
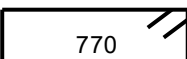
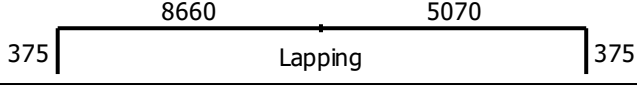
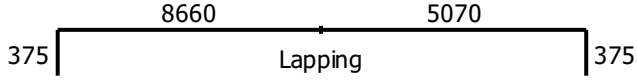
Page 1 of 22

# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: LT 2 Default Construction Zone

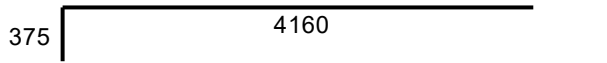
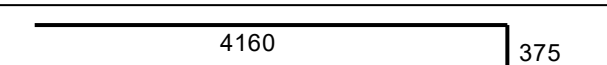
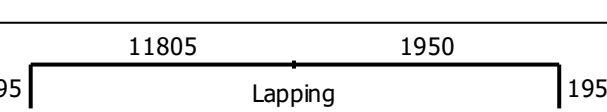
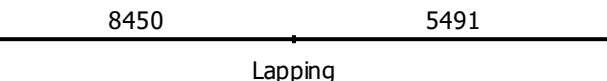
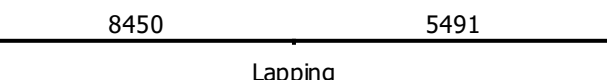

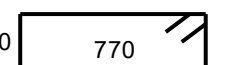
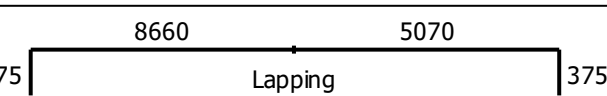
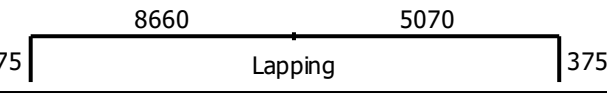
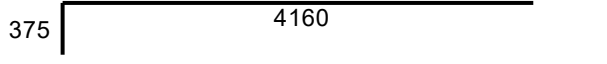
Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks
B1D	<16,F><17+375,F>;<16,E><17+375,E>;<16,D><17+375,D>	2	BJTD-40	D25		10035/5445	9	1	9	537.218	16~17 axis Top continuous bar
		3	BJTD-40	D25		4785	23	1	23	424.372	16 axis 1st layer Top left support bar
		4	BJTD-40	D25		4785	23	1	23	424.372	17 axis 1st layer Top right support bar
		5	BJTD-40	D13		12000/3145	6	1	6	94.777	16~17 axis Side Main Bar
		6	BJTD-40	D25		9450/5491	2	1	2	115.225	16~17 axis Bottom continuous bar (Corner Bar)
		7	BJTD-40	D25		9450/5491	19	1	19	1094.637	16~17 axis Bottom continuous bar
		8	BJTD-40	D25		8933	11	1	11	378.902	16~17 axis Bottom bar not extending into support
		9	BJTD-40	D13@100/100		4911	246	1	246	1260.055	Span 1
		B1I	<7,C><8,C>;<8,C><9,C>;<9,C><10,C>;<11,C><12,C>;<	1	BJTD-40	D25		9035/5445	9	10	90
2	BJTD-40			D25		9035/5445	2	10	20	1116.698	7~8 axis Top continuous bar (Corner Bar)

# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: LT 2 Default Construction Zone

Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks
B11	<7,C><8,C>;<8,C><9,C>;<9,C><10,C>;<11,C><12,C>;<14,C><15,C>;<7,D><8,D>;<8,D><9,D>;<10,D><11,D>;<12,D><13,D>;<14,D><15,D>	3	BJTD-40	D25		4535	14	10	140	2448.174	7 axis 1st layer Top left support bar
		4	BJTD-40	D25		4535	14	10	140	2448.174	8 axis 1st layer Top right support bar
		5	BJTD-40	D13		12000/2145	6	10	60	885.194	7~8 axis Side Main Bar
		6	BJTD-40	D25		8450/5491	2	10	20	1075.13	7~8 axis Bottom continuous bar (Corner Bar)
		7	BJTD-40	D25		8450/5491	16	10	160	8601.039	7~8 axis Bottom continuous bar
		8	BJTD-40	D25		8267	9	10	90	2868.98	7~8 axis Bottom bar not extending into support
		9	BJTD-40	D13@100/100		4911	224	10	2240	11473.668	Span 1
		1	BJTD-40	D25		9035/5445	2	8	16	893.358	10~11 axis Top continuous bar (Corner Bar)
		2	BJTD-40	D25		9035/5445	9	8	72	4020.111	10~11 axis Top continuous bar
		3	BJTD-40	D25		4535	14	8	112	1958.54	10 axis 1st layer Top left support bar

Prepared By:

Approval By:


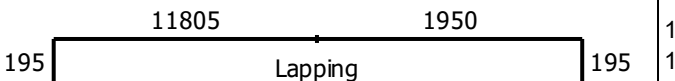
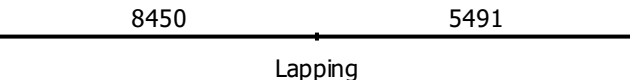
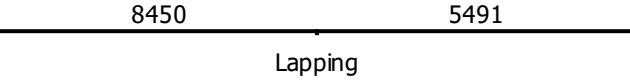
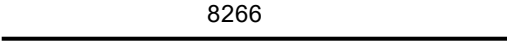
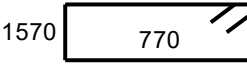
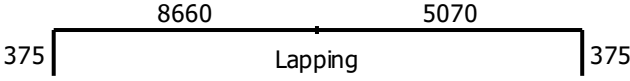
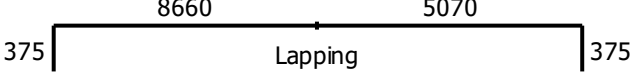
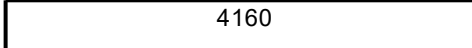
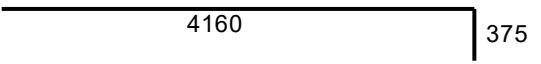
Page 3 of 22

# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: LT 2 Default Construction Zone

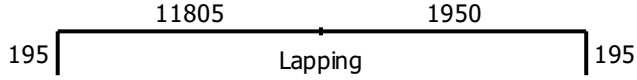
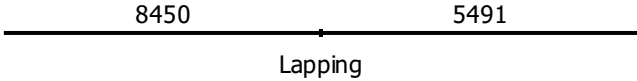
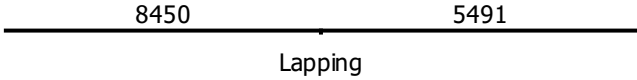
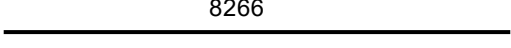
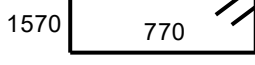
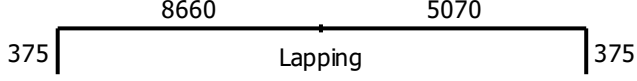
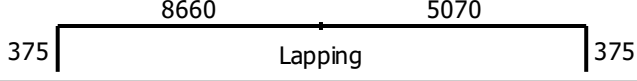
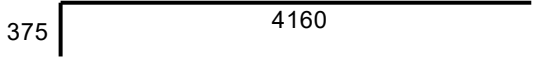
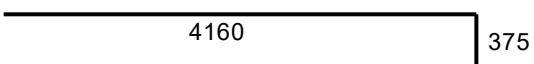
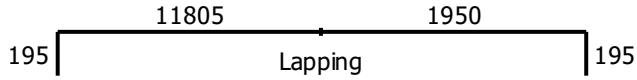
Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks
B1I	<7,C><8,C><8,C><9,C><9,C><10,C>><11,C>><12,C><14,C><15,C><7,D><8,D><8,D><9,D><10,D><11,D><12,D>><14,D><15,D>	4	BJTD-40	D25		4535	14	8	112	1958.54	11 axis 1st layer Top right support bar
		5	BJTD-40	D13		12000/2145	6	8	48	708.155	10~11 axis Side Main Bar
		6	BJTD-40	D25		8450/5491	2	8	16	860.104	10~11 axis Bottom continuous bar (Corner Bar)
		7	BJTD-40	D25		8450/5491	16	8	128	6880.831	10~11 axis Bottom continuous bar
		8	BJTD-40	D25		8267	9	8	72	2295.184	10~11 axis Bottom bar not extending into support
		9	BJTD-40	D13@100/100		4911	224	8	1792	9178.934	Span 1
B1J	<7,E><8,E><9,E><10,E><10,E><11,E>><12,E>><8,F><9,F>><9,F><10,F><11,F><14,F><15,F>	1	BJTD-40	D25		9035/5445	9	8	72	4020.111	7~8 axis Top continuous bar
		2	BJTD-40	D25		9035/5445	2	8	16	893.358	7~8 axis Top continuous bar (Corner Bar)
		3	BJTD-40	D25		4535	13	8	104	1818.644	7 axis 1st layer Top left support bar
		4	BJTD-40	D25		4535	13	8	104	1818.644	8 axis 1st layer Top right support bar

# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: LT 2 Default Construction Zone

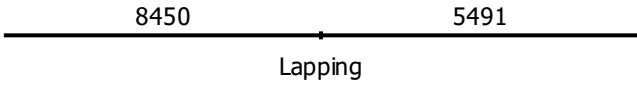
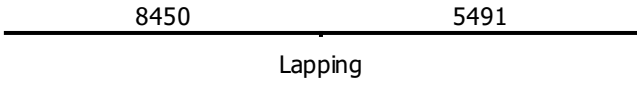
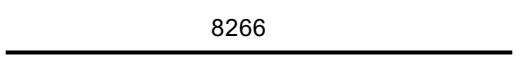
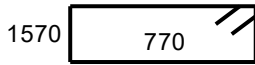
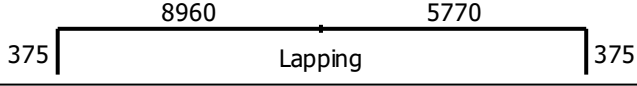
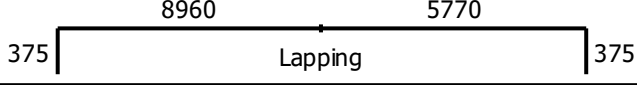
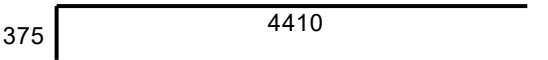
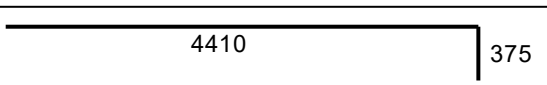
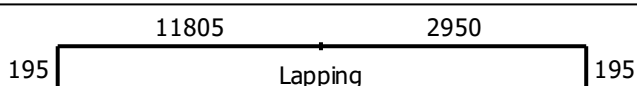
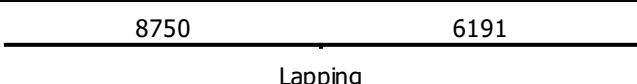
Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks
B1J		5	BJTD-40	D13		12000/2145	6	8	48	708.155	7~8 axis Side Main Bar
		6	BJTD-40	D25		8450/5491	2	8	16	860.104	7~8 axis Bottom continuous bar (Corner Bar)
		7	BJTD-40	D25		8450/5491	15	8	120	6450.78	7~8 axis Bottom continuous bar
		8	BJTD-40	D25		8267	9	8	72	2295.184	7~8 axis Bottom bar not extending into support
		9	BJTD-40	D13@100/100		4911	224	8	1792	9178.934	Span 1
		1	BJTD-40	D25		9035/5445	2	10	20	1116.698	8~9 axis Top continuous bar (Corner Bar)
		2	BJTD-40	D25		9035/5445	9	10	90	5025.139	8~9 axis Top continuous bar
		3	BJTD-40	D25		4535	13	10	130	2273.305	8 axis 1st layer Top left support bar
		4	BJTD-40	D25		4535	13	10	130	2273.305	9 axis 1st layer Top right support bar
		5	BJTD-40	D13		12000/2145	6	10	60	885.194	8~9 axis Side Main Bar

# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: LT 2 Default Construction Zone

Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks
B1J	<7,E><8,E>;<9,E><10,E>;<11,E>;<12,E>;<8,F><9,F>;<9,F><10,F>;<10,F><11,F>;<14,F><15,F>	6	BJTD-40	D25		8450/5491	2	10	20	1075.13	8~9 axis Bottom continuous bar( Corner Bar)
	7	BJTD-40	D25		8450/5491	15	10	150	8063.474	8~9 axis Bottom continuous bar	
	8	BJTD-40	D25		8267	9	10	90	2868.98	8~9 axis Bottom bar not extending into support	
	9	BJTD-40	D13@100/100		4911	224	10	2240	11473.668	Span 1	
B2A	<16,A0><17,A0>	1	BJTD-40	D25		9335/6145	19	1	19	1134.127	16~17 axis Top continuous bar
		2	BJTD-40	D25		9335/6145	2	1	2	119.382	16~17 axis Top continuous bar( Corner Bar)
		3	BJTD-40	D25		4785	8	1	8	147.608	16 axis 1st layer Top left support bar
		4	BJTD-40	D25		4785	8	1	8	147.608	17 axis 1st layer Top right support bar
		5	BJTD-40	D13		12000/3145	6	1	6	94.777	16~17 axis Side Main Bar
		6	BJTD-40	D25		8750/6191	2	1	2	115.225	16~17 axis Bottom continuous bar( Corner Bar)

Prepared By:

Approval By:

Page 6 of 22

# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: LT 2 Default Construction Zone


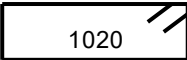
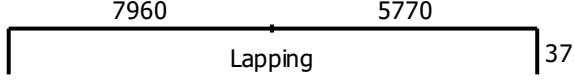
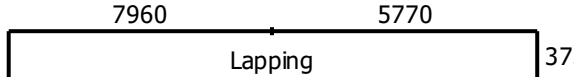
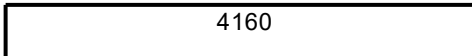
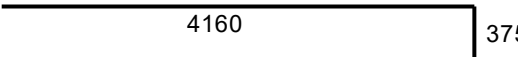
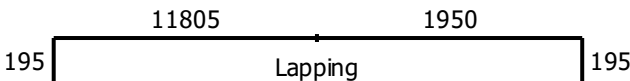
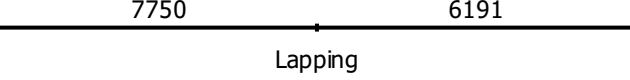
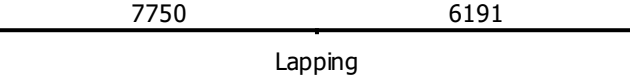

Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks
B2A	<16,A0><17,A0>	7	BJTD-40	D25		8750/6191	13	1	13	748.962	16~17 axis Bottom continuous bar
		8	BJTD-40	D25		8933	19	1	19	654.467	16~17 axis Bottom bar not extending into support
		9	BJTD-40	D13@100/100		6111	369	1	369	2351.922	Span 1
B2B	<7,A0><8,A0>;<8,A0>><9,A0>;<10,A0><11,A0>;<11,A0>><12,A0>;<13,A0>><14,A0>;<15,A0><16,A0>	1	BJTD-40	D25		8335/6145	16	6	96	5360.148	7~8 axis Top continuous bar
		2	BJTD-40	D25		8335/6145	2	6	12	670.019	7~8 axis Top continuous bar (Corner Bar)
		3	BJTD-40	D25		4535	9	6	54	944.296	7 axis 1st layer Top left support bar
		4	BJTD-40	D25		4535	9	6	54	944.296	8 axis 1st layer Top right support bar
		5	BJTD-40	D13		12000/2145	6	6	36	531.116	7~8 axis Side Main Bar
		6	BJTD-40	D25		7750/6191	2	6	12	645.078	7~8 axis Bottom continuous bar (Corner Bar)
		7	BJTD-40	D25		7750/6191	17	6	102	5483.163	7~8 axis Bottom continuous bar

# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: LT 2 Default Construction Zone

Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks
B2B	<7,A0><8,A0>;<8,A0>><9,A0>;<10,A0><11,A0>;<12,A0>><13,A0>;<14,A0>><15,A0><16,A0>	8	BJTD-40	D25	8266 	8267	4	6	24	765.061	7~8 axis Bottom bar not extending into support
		9	BJTD-40	D13@100/100	1920 	6111	224	6	1344	8566.351	Span 1
		1	BJTD-40	D25	7960                      5770 	8335/6145	2	3	6	335.009	9~10 axis Top continuous bar (Corner Bar)
		2	BJTD-40	D25	7960                      5770 	8335/6145	16	3	48	2680.074	9~10 axis Top continuous bar
		3	BJTD-40	D25	375 	4535	9	3	27	472.148	9 axis 1st layer Top left support bar
		4	BJTD-40	D25	4160 	4535	9	3	27	472.148	10 axis 1st layer Top right support bar
		5	BJTD-40	D13	11805                      1950 	12000/2145	6	3	18	265.558	9~10 axis Side Main Bar
		6	BJTD-40	D25	7750                      6191 	7750/6191	2	3	6	322.539	9~10 axis Bottom continuous bar (Corner Bar)
		7	BJTD-40	D25	7750                      6191 	7750/6191	17	3	51	2741.581	9~10 axis Bottom continuous bar
8	BJTD-40	D25	8266 	8267	4	3	12	382.531	9~10 axis Bottom bar not extending into support		



# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: LT 2 Default Construction Zone

Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks	
S1 1# slab	<7+5999, A+3000>; <7+5999, A+3000>	1	BJTD-40	D13@400		12000/6253	8	1	8	152.303	Y-directionTop bar	
		1	BJTD-40	D13@325		12000/6721	10	1	10	195.26	Y-directionBottom bar	
		1	BJTD-40	D13@400		12000/6253	8	1	8	152.303	Y-directionTop bar	
		1	BJTD-40	D13@325		12000/6721	10	1	10	195.26	Y-directionBottom bar	
		1	BJTD-40	D13@300		11684/744	11	1	11	142.586	X-directionTop bar	
		1	BJTD-40	D13@400		11781/940	8	1	8	106.144	X-directionBottom bar	
		1	BJTD-40	D13@300		11684/744	11	1	11	142.586	X-directionTop bar	
		1	BJTD-40	D13@400		11781/940	8	1	8	106.144	X-directionBottom bar	
		1	BJTD-40	D13@400		3442	3442	11	1	11	39.49	Y-directionTop bar
		1	BJTD-40	D13@400		3558	3558	13	1	13	48.243	Y-directionTop bar

Prepared By:

Approval By:

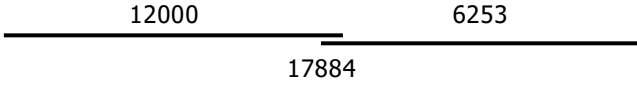
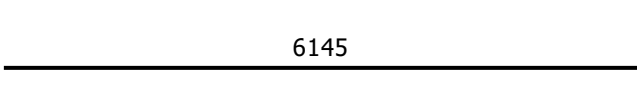
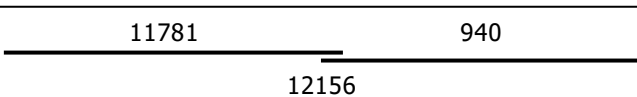
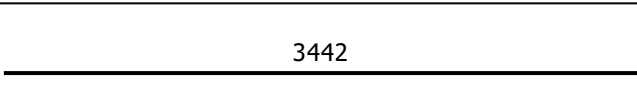
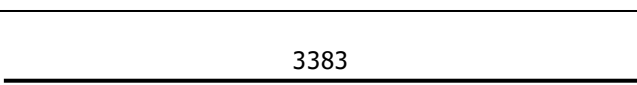
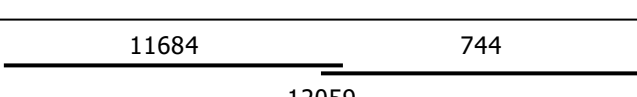
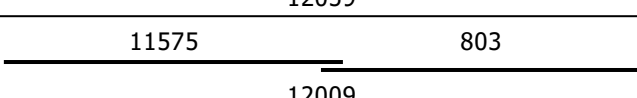
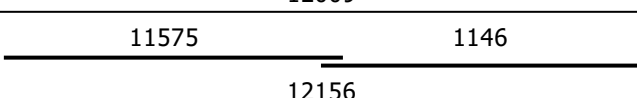
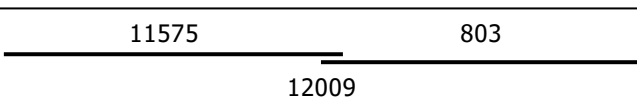
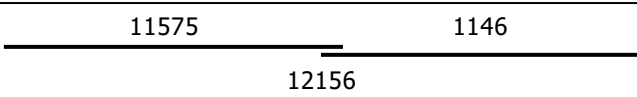
Page 1 of 80

# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: LT 2 Default Construction Zone

Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks
S1 1# slab	<7+5999, A+3000>; <7+5999, A+3000>	1	BJTD-40	D13@400		12000/6253	11	1	11	209.417	Y-directionTop bar
		1	BJTD-40	D13@400		6145	29	1	29	185.868	X-directionBottom bar
		1	BJTD-40	D13@400		11781/940	29	1	29	384.772	X-directionBottom bar
		1	BJTD-40	D13@300		3442	39	1	39	140.01	X-directionTop bar
		1	BJTD-40	D13@300		3383	39	1	39	137.61	X-directionTop bar
		1	BJTD-40	D13@300		11684/744	39	1	39	505.534	X-directionTop bar
S1 10# slab	<7+6000, F-6000>; <7+6000, F-6000>	1	BJTD-40	D13@400		11575/803	8	1	8	103.282	Y-directionTop bar
		1	BJTD-40	D13@325		11575/1146	10	1	10	132.68	Y-directionBottom bar
		1	BJTD-40	D13@400		11575/803	8	1	8	103.282	Y-directionTop bar
		1	BJTD-40	D13@325		11575/1146	10	1	10	132.68	Y-directionBottom bar

Prepared By:

Approval By:

Page 2 of 80

# Rebar Schedule

Project Name: WAREHOUSE CAKUNG

Prepared On: 2024-07-17

Project Part: LT 2 Default Construction Zone

Element	Position	Bar Mark	Strength	Type & Size	Rebar Shape	Cut Off Length mm	No. of Bars	Element No.	Total No.	Total Weight kg	Remarks	
S1 10# slab	<7+6000, F-6000>; <7+6000, F-6000>	1	BJTD-40	D13@300		11684/744	11	1	11	142.586	X-directionTop bar	
		1	BJTD-40	D13@400		11781/940	8	1	8	106.144	X-directionBottom bar	
		1	BJTD-40	D13@300		11684/744	11	1	11	142.586	X-directionTop bar	
		1	BJTD-40	D13@400		11781/940	8	1	8	106.144	X-directionBottom bar	
		1	BJTD-40	D13@400		3433	3433	13	1	13	46.548	Y-directionTop bar
		1	BJTD-40	D13@400		3442	3442	11	1	11	39.49	Y-directionTop bar
		1	BJTD-40	D13@400		11575/803	11	1	11	142.013	Y-directionTop bar	
		1	BJTD-40	D13@400		6145	6145	15	1	15	96.139	X-directionBottom bar
		1	BJTD-40	D13@400		11781/940	15	1	15	199.02	X-directionBottom bar	
		1	BJTD-40	D13@300		3442	3442	20	1	20	71.8	X-directionTop bar

Prepared By:

Approval By:

Page 3 of 80

