



TUGAS AKHIR - RC 141501

**PERENCANAAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BEKISTING PADA PROYEK HOTEL
LIFESTYLE SURABAYA**

ZHAGITA DEVIE ARIYANTI
NRP. 3116105005

Dosen Pembimbing I
Tri Joko Wahyu Adi, ST. MT. PhD
NIP. 197404202002121003

Dosen Pembimbing II
Yusroniya Eka Putri R. W., ST. MT
NIP. 198408282008122004

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



TUGAS AKHIR - RC 141501

**PERENCANAAN METODE PELAKSANAAN PEKERJAAN
BEKISTING PADA PROYEK HOTEL LIFESTYLE
SURABAYA**

ZHAGITA DEVIE ARIYANTI
NRP. 3116105005

Dosen Pembimbing I
Tri Joko Wahyu Adi, ST. MT. PhD
NIP. 197404202002121003

Dosen Pembimbing II
Yusroniya Eka Putri R. W., ST. MT
NIP. 198408282008122004

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



FINAL PROJECT - RC 141501

**PLANNING OF FORMWORK METHOD
IMPLEMENTATION ON LIFESTYLE HOTEL PROJECT
SURABAYA**

**ZHAGITA DEVIE ARIYANTI
NRP. 3116105005**

**Lecturer I
Tri Joko Wahyu Adi, ST. MT. PhD
NIP. 197404202002121003**

**LECTURER II
Yusroniya Eka Putri R. W., ST. MT
NIP. 198408282008122004**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, ENVIRONMENT AND EARTH
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2018**

**PERENCANAAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BEKISTING PADA PROYEK HOTEL
LIFESTYLE SURABAYA**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

pada

Bidang Studi Manajemen Konstruksi
Program Sarjana Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

ZHAGITA DEVIE ARIYANTI

NRP. 03111645000005

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

1. Tri Joko Wahyu Adi, ST, MT, PhD (.....)
NIP. 197404202002121003 Pembimbing I
2. Yusroniya Eka Putri R W., ST, M, T (.....)
NIP. 198408282008122004 Pembimbing II

SURABAYA, 2018

**PERENCANAAN METODE PELAKSANAAN
PEKERJAAN BEKISTING PADA PROYEK HOTEL
LIFESTYLE SURABAYA**

Nama : Zhagita Devie Ariyanti
NRP : 03111645000005
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK - ITS
Dosen Pembimbing I : Tri Joko Wahyu Adi, ST. MT. PhD
NIP : 197404202002121003
Dosen Konsultasi II : Yusroniya Eka Putri R. W., ST. MT
NIP : 198408282008122004

ABSTRAK

Seiring pertumbuhan penduduk semakin meningkat, semakin meningkat pula permintaan akan hunian. Pada era modern ini, pembangunan hunian vertikal atau gedung bertingkat tinggi (high rise building) sangatlah diminati oleh masyarakat. Hal ini menuntut adanya inovasi teknologi untuk menekan biaya dan mempercepat penyelesaian suatu proyek konstruksi gedung bertingkat tinggi. Salah satu upaya penghematan waktu dan biaya pelaksanaan suatu konstruksi beton gedung bertingkat tinggi dapat dilakukan dengan meminimalisir penggunaan material bekisting atau pemanfaatan berulang terhadap material bekisting (rotasi bekisting).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis metode rotasi pekerjaan bekisting yang paling optimal dari segi waktu dan biaya untuk dilaksanakan dalam Proyek Hotel Lifestyle Surabaya. Dilakukan dengan membuat beberapa alternatif metode rotasi bekisting yaitu rotasi bekisting 1,5 lantai, 2 lantai, dan 2,5 lantai, serta adanya pembagian 2 zona pada setiap lantainya dengan menggunakan jenis bekisting semi sistem .

Pada setiap alternatif metode dilakukan tahapan studi literatur dan pengumpulan data, identifikasi kekuatan bekisting, skenario pelaksanaan, dan analisa. Pada tahap analisa, hal – hal yang diperhitungkan yaitu kebutuhan material, produktivitas & durasi, biaya, serta waste material. Kemudian dilakukan pemilihan alternatif metode dengan menggunakan pareto optima.

Dari grafik pareto optima, didapatkan hasil yang paling optimal dari segi waktu dan biaya untuk dilaksanakan dalam Proyek Hotel Lifestyle Surabaya yaitu metode rotasi 2 lantai dengan durasi pelaksanaan selama 107 hari dan biaya Rp 1.992.516.097,00. Sedangkan untuk rotasi 1,5 lantai diperoleh durasi pelaksanaan selama 126 hari dan biaya Rp 1.972.279.747,00 serta untuk rotasi 2,5 lantai diperoleh durasi pelaksanaan 105 hari dan biaya Rp 2.180.620.423,00

Kata Kunci : Rotasi bekisting, biaya, waktu

**PLANNING OF FORMWORK METHOD
IMPLEMENTATION ON LIFESTYLE HOTEL PROJECT
SURABAYA**

Name : Zhagita Devie Ariyanti
Student ID : 03111645000005
Jurusan : Teknik Sipil FTSLK - ITS
Lecturer I : Tri Joko Wahyu Adi, ST. MT. PhD
NIP : 197404202002121003
Lecturer II : Yusroniya Eka Putri R. W., ST. MT
NIP : 198408282008122004

ABSTRACT

As population growth continues to increase, so the demand for occupancy is also increasing. In this modern era, the construction of vertical housing or high-rise buildings is now highly-interester by the public. This calls for technological innovation to reduce costs and accelerate the completion of a high-rise building project. One of the effort to reduce time and cost of execution of a high-rise concrete building construction can be done by minimizing the use of formwork material or recurrent use of formwork material (rotation formwork).

This writing aims to analyze the method of rotation of the most optimal formwork activities in terms of time and cost to be implemented in Hotel Lifestyle Project Surabaya. Conducted by making some alternatives of formwork rotation, which is 1,5 floor, 2 floor, and 2,5 floor, and the division of 2 zone on each floor by using semi form system forming.

In each alternative method performed the stages of literature study and data collection, identification of formwork forces, implementation scenarios, and analysis. In the analysis phase, the things that will be count are material needs, productivity & duration, cost, and waste material. Then the alternative choice method will be done by using pareto optima.

From pareto optima chart, the most optimal result in terms of time and cost to be implemented in Hotel Lifestyle Surabaya Project is 2 floor rotation method with duration of implementation for 107 days and cost Rp 1,992,516,097,00. As for the rotation of 1.5 floors obtained duration of implementation for 126 days and cost Rp 1.972.279.747,00 and for the rotation of 2.5 floors obtained the duration of the implementation of 105 days and costs Rp 2.180.620.423,00

Keyword : Formwork rotation, cost, schedule

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kami panjatkan kepada Allah SWT atas berkah dan rahmatnya, penulis dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Perencanaan Metode Pelaksanaan Pekerjaan Bekisting Pada Proyek Hotel Lifestyle Surabaya”.

Tersusunnya Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada:

1. Kedua orang tua dan saudara-saudara tercinta, sebagai penyemangat terbesar, yang telah banyak memberikan dukungan moral maupun materiil, serta do'anya.
2. Bapak Tri Joko wahyu Adi, S.T, M.T, Ph.D selaku ketua Jurusan Teknik Sipil ITS dan dosen pembimbing I yang telah banyak memberikan waktu, bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan laporan tugas akhir.
3. Bapak Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T, M.Sc, selaku koordinator Program Studi Sarjana Teknik Sipil ITS.
4. Ibu Yusroniya Eka Putri R. W., ST. MT selaku dosen pembimbing II yang juga telah banyak memberikan waktu, bimbingan, arahan dan motivasi dalam penyusunan laporan tugas akhir.
5. Bapak-Ibu dosen pengajar Jurusan Teknik Sipil ITS atas ilmu yang telah diajarkan serta perangkat karyawan yang turut membantu.
6. Teman-teman terdekat yang tidak bisa disebutkan satu persatu, terimakasih atas bantuan dan saran-saran yang telah diberikan selama proses pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan laporan tugas akhir ini.

Akhir kata, semoga apa yang penulis sajikan dalam laporan ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca, penulis dan semua pihak.

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Definisi	5
2.2 Fungsi dan Syarat Utama.....	5
2.3 Material Bekisting	6
2.4 Macam – Macam Bekisting	7
2.5 Tahapan Pelaksanaan Bekisting	10
2.6 Rotasi Bekisting.....	14
2.7 Kekuatan Bekisting	14
2.8 Analisa Kebutuhan Material	16
2.9 Analisa Produktivitas dan Durasi	16
2.10 Analisa Biaya Bekisting	17
2.11 Analisa Waste Material	18
2.12 Penelitian Terdahulu.....	18

BAB III METODOLOGI	21
3.1 Konsep Tugas Akhir.....	21
3.2 Diagram Alir.....	21
3.3 Pengumpulan Data Proyek	22
3.4 Metode Pelaksanaan Rotasi pekerjaan bekisting.....	23
3.5 Perhitungan Volume Material	28
3.5.1 Perhitungan Kebutuhan Material Bekisting Balok	28
3.5.2 Perhitungan Kebutuhan Material Bekisting Pelat.....	28
3.6 Analisa Produktivitas dan Durasi	29
3.6.1 Perhitungan Produktivitas.....	29
3.6.2 Perhitungan Durasi	29
3.7 Analisa Biaya.....	29
3.7.1 Perhitungan Biaya Material	29
3.7.2 Perhitungan Upah Pekerja	29
3.8 Analisa Waste Material	29
3.8.1 Perhitungan Volume Waste dan Volume Material Rusak	29
3.8.2 Perhitungan Waste Cost.....	30
3.9 Pemilihan Alternatif	30
BAB IV ANALISA PEMBAHASAN.....	33
4.1 Identifikasi Kekuatan Bekisting	33
4.1.1 Perhitungan Kekuatan Phenolic 15mm	33
4.1.2 Perhitungan Kekuatan Hollow.....	42

4.1.3 Perhitungan Kekuatan Balok Suri	45
4.1.4 Perhitungan Kekuatan Balok Gelagar	53
4.2 Analisa Kebutuhan Material	57
4.2.1 Perhitungan Volume Kolom	58
4.2.2 Perhitungan Volume Balok	80
4.2.3 Perhitungan Volume Plat.....	109
4.3 Analisa Produktivitas dan Durasi	126
4.3.1 Perhitungan Produktivitas & Durasi Kolom.....	126
4.3.2 Perhitungan Produktivitas & Durasi Balok	128
4.3.3 Perhitungan Produktivitas & Durasi Plat.....	130
4.3.4 Rekapitulasi Durasi Pekerjaan Bekisting Kolom, Balok dan Plat Semi Sistem berdasarkan Rotasi Bekisting	132
4.4 Analisa Biaya.....	132
4.4.1 Rotasi 1,5 Lantai.....	132
4.4.2 Rotasi 2 Lantai.....	140
4.4.3 Rotasi 2,5 Lantai.....	146
4.4.4 Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Bekisting Kolom, Balok dan Plat Semi Sistem berdasarkan Rotasi Bekisting	149
4.5 Analisa Sisa Material.....	149
4.5.1 Rotasi 1,5 Lantai.....	149
4.5.2 Rotasi 2 Lantai.....	157
4.5.3 Rotasi 2,5 Lantai.....	163

4.6 Perbandingan Waktu, Biaya dan Waste Pekerjaan Bekisting Kolom, Balok dan Plat Semi Sistem Berdasarkan Rotasi	170
4.7 Analisa Harga Satuan	173
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	183
5.1 Kesimpulan.....	183
5.2 Saran.....	183
DAFTAR PUSTAKA.....	185

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Bekisting Konvensional.....	8
Gambar 2. 2 Bekisting Semi Sistem.....	9
Gambar 2. 3 Bekisting Sistem.....	10
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	22
Gambar 3. 2 Pembagian Zona Lt. Basement – Lt. 1	23
Gambar 3. 3 Pembagian Zona Lt. 2 - Atap.....	23
Gambar 3. 4 Rotasi Bekisting 1,5 Lantai.....	25
Gambar 3. 5 Rotasi Bekisting 2 Lantai	26
Gambar 3. 6 Rotasi Bekisting 2,5 Lantai.....	28
Gambar 3. 7 Contoh Grafik Pareto Optima.....	30
Gambar 4. 1 Sketsa Perkuatan Phenolic Pada Kolom.....	33
Gambar 4. 2 Sketsa Perkuatan Phenolic Pada Balok.....	37
Gambar 4. 3 Sketsa Perkuatan Phenolic Pada Plat.....	39
Gambar 4. 4 Sketsa Perkuatan Hollow Pada Kolom.....	42
Gambar 4. 5 Sketsa Perkuatan Balok Suri Pada Balok	45
Gambar 4. 6 Beban Multiplek Pada Balok (Tampak Depan).....	46
Gambar 4. 7 Beban Hollow Pada Balok (Tampak Samping).....	47
Gambar 4. 8 Sketsa Perkuatan Balok Suri Pada Plat.....	49
Gambar 4. 9 Beban Multiplek Pada Plat (Tampak Depan)	50
Gambar 4. 10 Beban Hollow Pada Plat (Tampak Samping)	51
Gambar 4. 11 Sketsa Perkuatan Balok Gelagar Pada Balok	53
Gambar 4. 12 Beban Hollow Pada Plat (Tampak Samping)	54
Gambar 4. 13 Beban Suri Pada Plat (Tampak Depan)	55
Gambar 4. 14 Beban Pada Balok Gelagar	55
Gambar 4. 15 Material Bekisting Pada Kolom.....	58
Gambar 4. 16 Rotasi Kolom 1,5 lantai	69
Gambar 4. 17 Rotasi Kolom 2 lantai	73
Gambar 4. 18 Rotasi Kolom 2,5 lantai	77
Gambar 4. 19 Material Bekisting Pada Balok	81

Gambar 4. 20 Rotasi Balok 1,5 Lantai	93
Gambar 4. 21 Rotasi Balok 2 lantai.....	98
Gambar 4. 22 Rotasi Balok 2,5 lantai.....	103
Gambar 4. 23 Rotasi Plat 1,5 Lantai.....	117
Gambar 4. 24 Rotasi Plat 2 lantai	120
Gambar 4. 25 Rotasi Plat 2,5 lantai	123

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat Perhitungan Perkuatan.....	15
Tabel 2. 2 Tegangan Ijin Kayu.....	15
Tabel 2. 3 Modulus Elastisitas Kayu.....	15
Tabel 4. 1 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Kolom Zona 1 Tiap Lantai	66
Tabel 4. 2 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Kolom Zona 2 Tiap Lantai	67
Tabel 4. 3 Masa Pemakaian Material Bekisting Kolom.....	68
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Balok Zona 1 Tiap Lantai	90
Tabel 4. 5 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Balok Zona 2 Tiap Lantai	91
Tabel 4. 6 Masa Pemakaian Material Bekisting Balok	92
Tabel 4. 7 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Plat Zona 1 Tiap Lantai.....	114
Tabel 4. 8 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Plat Zona 2 Tiap Lantai.....	115
Tabel 4. 9 Masa Pemakaian Material Bekisting Plat.....	116
Tabel 4. 10 Harga Material Bekisting Kolom	132
Tabel 4. 11 Harga Material Bekisting Balok.....	134
Tabel 4. 12 Harga Material Bekisting Plat	137
Tabel 4. 13 Harga Upah Tenaga.....	139
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Total Biaya Berdasarkan Rotasi	149
Tabel 4. 15 Total Waste Cost Akibat Sisa Potongan Berdasarkan Rotasi 1,5 Lantai	153
Tabel 4. 16 Total Waste Cost Akibat Kerusakan Berdasarkan Rotasi 1,5 Lantai	156
Tabel 4. 17 Total Waste Cost Akibat Sisa Potongan Berdasarkan Rotasi 2 Lantai	160

Tabel 4. 18 Total Waste Cost Akibat Kerusakan Berdasarkan Rotasi 2 Lantai	163
Tabel 4. 19 Total Waste Cost Akibat Sisa Potongan Berdasarkan Rotasi 2,5 Lantai	166
Tabel 4. 20 Total Waste Cost Akibat Kerusakan Berdasarkan Rotasi 2,5 Lantai	170
Tabel 4. 21 Perbandingan Waktu, Biaya dan Waste Pekerjaan Bekisting Berdasarkan Antar Rotasi.....	171
Tabel 4. 22 Selisih Durasi Pelaksanaan Bekisting Antar Rotasi	172
Tabel 4. 23 Selisih Biaya Bekisting Antar Rotasi	172
Tabel 4. 24 Prsentase Waste Cost Material Bekisting Antar Rotasi	172
Tabel 4. 25 Analisa Harga Satuan Bekisting Kolom.....	175
Tabel 4. 26 Analisa Harga Satuan Bekisting Balok	178
Tabel 4. 27 Analisa Harga Satuan Bekisting Plat.....	180

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini pertumbuhan penduduk semakin meningkat, secara linear akan mempengaruhi kebutuhan dasar dari setiap penduduk, salah satunya kebutuhan akan hunian (tempat tinggal). Karena semakin banyaknya permintaan akan hunian tersebut, sehingga dapat menyebabkan adanya keterbatasan ketersediaan lahan. Dengan kemajuan teknologi yang sangat baik, hal seperti itu dapat diatasi dengan banyaknya inovasi yang telah diterapkan dalam dunia konstruksi. Salah satunya dengan melaksanakan suatu pembangunan hunian vertikal atau gedung bertingkat tinggi (*high rise building*).

Pada pembangunan gedung bertingkat tinggi (*high rise building*), terdiri dari 3 tahap pembangunan yaitu struktur bawah, struktur atas, dan atap. Komponen terbesar dari ketiga tahap pembangunan tersebut adalah beton bertulang. Saat proses pengecoran pada struktur atas, agar pembangunan tetap berjalan dengan lancar, maka dibutuhkan suatu alat bekisting yang berfungsi sebagai pensupport selama pelaksanaan. Selain itu bekisting juga berfungsi sebagai cetakan sementara untuk memberikan bentuk pada sebuah konstruksi beton, serta memikul beton hingga konstruksi tersebut cukup mengeras dan aman untuk dapat memikul diri sendiri, peralatan yang lain dan pekerja.

Terdapat beberapa jenis bekisting yaitu bekisting konvensional (tradisional), bekisting semi sistem (setengah sistem), dan bekisting sistem. Pada bekisting konvensional, akan dibutuhkan material kayu dalam jumlah besar, sehingga membutuhkan pemotongan dan penggergajian material yang besar juga, dimana hal tersebut dapat menyebabkan banyaknya material yang terbuang (*waste*). Sedangkan bekisting semi sistem adalah perkembangan dari bekisting konvensional, namun kebutuhan material akan kayunya berkurang karena adanya perpaduan antara material kayu dengan material baja berupa

hollow sebagai perkuatannya. Pada bekisting sistem, bekisting ini merupakan bekisting modern yang lebih universal dengan segala kemungkinannya dapat digunakan pada berbagai macam bangunan. Dan sebagian besar komponen – komponennya terbuat dari baja. Meskipun bekisting merupakan struktur yang bersifat sementara, pekerjaan bekisting cukup berpengaruh terhadap waktu dan biaya karena sebagian besar bentuk fisik dari gedung bertingkat ini terbuat dari beton bertulang.

Upaya penghematan waktu dan biaya pelaksanaan suatu konstruksi beton bertulang pada gedung bertingkat tinggi dapat dilakukan dengan meminimalisir penggunaan atau pemanfaatan berulang terhadap material bekisting. Salah satunya dengan melakukan strategi rotasi bekisting. Strategi rotasi yang akan dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan rotasi pekerjaan bekisting 1,5 lantai, rotasi pekerjaan bekisting 2 lantai, dan rotasi pekerjaan bekisting 2,5 lantai. Dimana dengan jumlah rotasi tersebut diharapkan biaya yang dikeluarkan tidak mengalami pemborosan dan waktu yang dihasilkan pun juga tidak terlalu panjang. Dalam pembangunan suatu konstruksi khususnya *high rise building* bila digunakan jenis material bekisting yang berbeda, dengan metode rotasi yang berbeda pula, maka akan berpengaruh terhadap penjadwalan dan biaya dari keseluruhan proyek. Termasuk besarnya *waste* yang akan ditimbulkan. Telah disinggung sebelumnya, *waste* merupakan sesuatu yang sifatnya berlebih dari yang disyaratkan. Ada beberapa macam *waste*, di antaranya *natural waste* (limbah alami), *direct waste* (limbah langsung), dan *indirect waste* (limbah tidak langsung). *Natural waste* berasal dari konstruksi dan terbentuk secara alamiah. *Direct waste* adalah material yang rusak, sehingga tidak dapat diperbaiki lagi maupun material hilang pada saat pelaksanaan proyek konstruksi berlangsung. Sedangkan *indirect waste* merupakan limbah yang terjadi akibat pemborosan seperti penggunaan sumber daya yang melebihi estimasi desain.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan metode rotasi bekisting yang paling optimal bila

ditinjau dari aspek waktu dan biaya dengan strategi rotasi bekisting 1,5 lantai, 2 lantai dan 2,5 lantai. Selain itu juga bertujuan untuk mencari nilai waste material yang paling minimum. Studi kasus yang akan digunakan untuk penelitian ini yaitu menggunakan Proyek Hotel Lifestyle yang berlokasi di Surabaya.

1.2 Rumusan Masalah

Manakah alternatif metode rotasi pekerjaan bekisting yang paling optimal dari segi waktu dan biaya untuk dilaksanakan dalam Proyek Hotel Lifestyle Surabaya?

1.3 Tujuan

Menganalisis metode rotasi pekerjaan bekisting yang paling optimal dari segi waktu dan biaya untuk dilaksanakan dalam Proyek Hotel Lifestyle Surabaya.

1.4 Batasan Masalah

1. Perencanaan metode hanya pada struktur kolom, balok dan pelat lantai saja.
2. Perencanaan hanya meliputi segi biaya dan waktu
3. Biaya dan waktu serta metode bekisting yang ditinjau adalah menggunakan jenis bekisting semi sistem dengan perkuatan besi hollow
4. Perhitungan biaya dan waktu dilakukan dengan membandingkan antara strategi rotasi bekisting yang ditinjau dengan kondisi di lapangan. Rotasi bekisting yang digunakan yaitu 1,5 lantai, 2 lantai dan 2,5 lantai.
5. Analisa kebutuhan material bekisting kolom, balok dan pelat berasal dari data gambar proyek.
6. Analisa produktivitas dan durasi dilakukan berdasarkan wawancara di lapangan.
7. Pada analisa biaya juga akan memperhitungkan sisa/waste dari material bekisting.

8. Pada analisa sisa material/waste, material yang diperhitungkan bukan material yang menjadi sampah konstruksi (yang memang sudah tidak berfungsi) melainkan material yang terbuang di dalam proses (akibat kerusakan dan diganti dengan material yang baru).
9. Tidak memperhitungkan biaya alat berat untuk pemasangan bekisting.
10. Kenaikan harga material tidak diperhitungkan.

1.5 Manfaat

1. Dapat menjadi bahan pertimbangan dalam memilih metode mana yang terbaik untuk pelaksanaan Proyek Hotel Lifestyle Surabaya tersebut.
2. Dapat menambah pengetahuan mengenai perbedaan metode rotasi bekisting bila ditinjau dari segi waktu, biaya dan besarnya *waste* material yang dihasilkan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi

Pekerjaan cetakan beton, yang secara umum dikenal dengan istilah bekisting, merupakan pekerjaan sementara yang berfungsi sebagai sarana pembantu struktur beton untuk mencetak beton sesuai dengan ukuran, bentuk, rupa, ataupun posisi yang dikehendaki. (*Wulfram, 2006*)

Walaupun merupakan pekerjaan sementara, bekisting harus kuat untuk menahan tekanan beton yang masih cair, dan juga harus kuat jika terkena injakan para pekerja dan pukulan – pukulan yang tidak sengaja. Harus diyakini juga agar tidak berubah bentuknya selama pekerjaan pengecoran sampai beton menjadi keras. Dalam membangun dan merancang bekisting, ada 3 hal yang perlu diperhatikan, yaitu

1. Kualitas, bekisting harus dirancang dan dibangun dengan kekakuan dan akurasi yang tepat sehingga ukuran, bentuk dan posisi dari beton cor sesuai dengan toleransi yang dibutuhkan.
2. Keamanan, bekisting harus dibangun dengan kekuatan dan faktor keamanan yang sesuai sehingga mampu memikul semua beban mati dan hidup tanpa adanya keruntuhan ataupun bahaya bagi pekerja dan struktur dari beton itu sendiri.
3. Ekonomis, bekisting harus dibangun secara efisien, agar dapat meminimalkan waktu dan biaya selama proses konstruksi berlangsung, untuk kepentingan kontraktor dan pemiliknya.

2.2 Fungsi dan Syarat Utama

Pada umumnya sebuah bekisting beserta alat – alat penopangnya merupakan sebuah konstruksi yang bersifat sementara dengan tiga fungsi utama, yaitu :

1. Bekisting menentukan bentuk dari konstruksi beton yang akan dibuat. Bentuk sederhana dari sebuah konstruksi beton menghendaki sebuah bekisting yang sederhana.

2. Bekisting harus dapat menyerap dengan aman beban yang ditimbulkan oleh spesi beton dan berbagai beban luar serta getaran. Dalam hal ini perubahan bentuk yang timbul dan geseran – geseran dapat diperkenankan asalkan tidak melampaui toleransi – toleransi tertentu.
3. Bekisting harus dapat dipasang, dilepas, dan dipindahkan dengan cara sederhana.

Karena adanya tiga fungsi utama tersebut, maka ada beberapa syarat yang harus dipenuhi bagi suatu bekisting, yaitu :

1. Mempunyai volume stabil sehingga dapat dihasilkan dimensi beton yang akurat.
2. Dapat digunakan berulang kali.
3. Mudah dibongkar pasang serta dipindahkan.
4. Rapat air sehingga tidak memungkinkan air agregat keluar dari cetakan.
5. Mempunyai daya lekat rendah dengan beton dan mudah membersihkannya.

(Wulfram, 2006)

2.3 Material Bekisting

1. Kayu

Dalam dunia konstruksi, kayu merupakan bahan bekisting yang banyak digunakan, khususnya pada bekisting konvensional dimana keseluruhan bahan bekisting terbuat dari kayu. Jenis kayu yang dapat dimanfaatkan untuk cetakan dapat dibedakan berdasarkan kekerasan kayu.

2. Multipleks (Plywood)

Material ini banyak digunakan untuk cetakan kolom, balok, dinding dan plat. Plywood lebih kuat dan lebih ekonomis jika dibandingkan dengan papan kayu. Secara umum terdapat 3 jenis multipleks / plywood yang sering digunakan sebagai material bekisting beton yaitu multipleks biasa, multipleks poly resin (poly film), dan multipleks film face (phenolic film).

A. Multipleks Biasa

Multipleks Tersedia dalam ukuran 120x240 cm dan 90x180 cm dengan ketebalan bervariasi dari 3 mm, 4 mm, 6 mm, 9 mm, 12 mm, 15 mm, 18 mm. Multipleks biasa mempunyai ketahanan yang kurang baik sehingga hanya dapat dipakai sekitar 2-3 kali.

B. Multipleks Poly Resin (Poly Film)

Merupakan produk multipleks yang permukaannya dilapisi dengan cairan Poly Resin. Umumnya multipleks jenis ini tersedia dalam ketebalan 12 mm, 15 mm, dan 18 mm dengan ukuran 120x240 cm.

C. Multipleks Film Face (Phenolic Film)

Merupakan produk multipleks yang permukaannya dilapisi dengan lembaran Phenol Formaldehyde Film (45 / 125 gsm) pada satu sisi atau dua sisi. Multipleks film face bisa digunakan berulang sampai 4-6 kali pakai. Umumnya tersedia dalam ketebalan 12 mm, 15 mm, dan 18 mm dengan ukuran 120x240 cm.

3. Perancah (scaffolding)

Pada saat ini scaffolding sering digunakan untuk menyangga bekisting karena memiliki bentuk yang menguntungkan dan sistem jack yang dapat mengatur ketinggiannya. Komponen utama dari sistem penyangga scaffolding terdiri dari rangka (main frame) dengan berbagai bentuk dan ukuran, diagonal bracing atau cross brace, jack base, U-heads, dan join pin.

Scaffolding memiliki beberapa kelebihan yaitu dapat digunakan berulang kali, dapat digunakan di luar maupun di dalam ruangan, lebih ekonomis karena mengurangi upah tukang kayu, memiliki bentuk yang relatif lebih rapi. (Wulfram, 2006)

2.4 Macam – Macam Bekisting

1. Bekisting Konvensional

Bekisting konvensional merupakan bekisting kontak yang terdiri dari kayu papan dan perkuatan kayu kaso. Dimana kayu

papan dan kayu balok tersebut masih dikerjakan di tempat oleh orang – orang ahli. Penggunaannya terbatas hanya sampai beberapa kali penggunaan. Dan untuk bentuk – bentuk yang rumit harus banyak diadakan penggergajian. (*Wigbout, 1992*) Penampang bentuk dari bekisting konvensional dapat dilihat pada gambar 2.1.

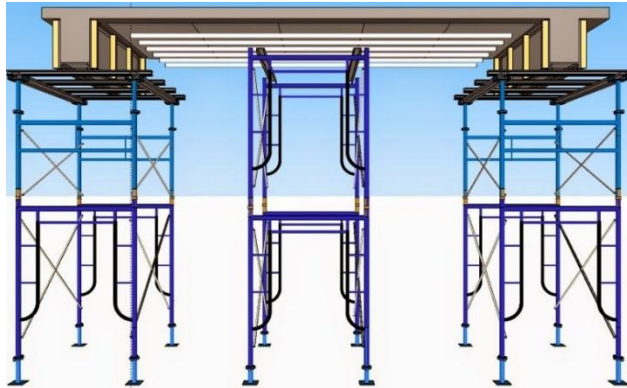


Gambar 2. 1 Bekisting Konvensional
(Sumber : *Ifadah Amalia, 2016*)

2. Bekisting Semi Sistem

Bekisting semi sistem merupakan sebuah bekisting yang dirancang untuk satu proyek, yang ukuran – ukurannya disesuaikan pada bentuk beton yang diinginkan. Persyaratan untuk digunakannya kembali bekisting semi sistem adalah adanya kemungkinan pengulangan dalam pekerjaan beton. Setelah pengecoran selesai, komponen – komponen material pada bekisting semi sistem ini dapat disusun kembali untuk obyek yang lain. (*Wigbout, 1992*)

Pada umumnya bekisting semi sistem ini terdiri dari material baja dan gelagar-gelagar kayu. Seperti bekisting kontak yang terdiri dari kayu papan dengan perkuatan besi hollow dan perancah pada gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Bekisting Semi Sistem
(Sumber : Chairil Afdhal, 2014)

3. Bekisting Sistem

Bekisting sistem merupakan perkembangan lebih lanjut ke sebuah bekisting yang universal, yang dengan segala kemungkinannya dapat digunakan pada berbagai macam bangunan. Bekisting-bekisting sistem dibuat di pabrik dan dimontasikan pada bangunan bersangkutan dengan elemen-elemen pembantu yang merupakan dari sistem ini. Karena pemontasinya sudah sangat disederhanakan, segi kerja teknisnya pun cukup ringan, akan tetapi pembelian bekisting-bekisting sistem memerlukan biaya yang cukup tinggi. (Wigbout, 2006)

Contoh bekisting sistem yaitu bekisting table form seperti pada gambar 2.3



Gambar 2. 3 Bekisting Sistem
(Sumber : Kitairu)

2.5 Tahapan Pelaksanaan Bekisting

Terdapat 3 tahapan pekerjaan bekisting yaitu pembuatan (pabrikasi), pemasangan, dan pembongkaran. (Clark, 1983)

1. Bekisting Kolom

Kolom merupakan struktur batang vertikal yang berfungsi sebagai penerus beban seluruh bangunan ke pondasi. Berikut langkah kerja pelaksanaan bekisting kolom.

A. Pabrikasi

Pabrikasi bekisting adalah pembuatan bekisting sebelum dirakit di lapangan. Sebelum pabrikasi dimulai, disiapkan terlebih dahulu material yang akan digunakan untuk bekisting kolom semi sistem, seperti multiplek, hollow, sekrup, tie rod, wing nut, dan support sebagai penyangga. Kemudian melakukan pemotongan multiplek dan besi hollow sesuai dengan dimensi kolom yang ada pada gambar kerja. Setelah dipotong sesuai dengan kebutuhan, lembaran – lembaran multiplek tersebut akan dirakit menjadi satu dengan menggunakan pengaku besi hollow.

B. Pemasangan

a. Membuat marking posisi kolom

- b. Memasang sepatu kolom
 - c. Memasang sabuk balok (lock beam) yang terbuat dari double hollow pada bekisting kolom agar lebih kuat. Untuk mengunci balok tersebut harus menggunakan tie rod dan wing nut.
 - d. Memasang support yang terdiri dari push pull prop dan kicker brace pada keempat sisi kolom. Fungsi dari support yaitu sebagai penyangga agar saat pengecoran, kolom tidak miring ataupun goyang.
- C. Pembongkaran
- a. Pembongkaran bekisting kolom diawali dengan mengendorkan wing nut
 - b. Melepaskan lock beam satu per satu kemudian disimpan atau ditumpuk di tempat yang telah disediakan.
 - c. Mengendorkan push pull prop dan kicker brace, kemudian dilepas dan ditumpuk di tempat yang telah disediakan secara hati – hati
 - d. Kemudian melepaskan multiplek bekisting kolom secara satu per satu dan hati – hati agar multiplek dapat digunakan kembali.
2. Bekisting Balok
- Balok beton adalah kontruksi yang menghubungkan satu kolom dengan kolom lainnya untuk menopang lantai dan beban-beban yang ada di atasnya. Bentuk penopang balok beton adalah persegi panjang. (*Clark, 1983*)
- Berikut langkah kerja pelaksanaan bekisting balok, dengan bentuk bekisting persegi panjang :
- A. Pabrikasi
- Mempersiapkan material bekisting untuk balok, yaitu multiplek (phenolic) yang akan digunakan pada sisi dinding balok (tembereng) dan alas balok (bodeman). Kemudian multiplek dipotong sesuai dengan dimensi dinding dan alas dari balok yang akan dikerjakan.
- B. Pemasangan

- a. Mengukur elevasi dasar balok, sebagai dasar bekisting.
 - b. Memasang perancah (scaffolding) dengan jarak antar tiang sesuai gambar kerja. Memasang perancah ini diawali dengan pemasangan base jack pada kaki tiang untuk mengatur ketinggian scaffolding tersebut.
 - c. Memasang komponen scaffolding lainnya dan disesuaikan dengan tinggi dari masing – masing balok dengan menggunakan main frame dan diperkuat dengan cross brace.
 - d. Bila diperlukan untuk menyambung scaffolding, maka dapat menggunakan joint pin
 - e. Memasang U head jack untuk menjepit gelagar
 - f. Memasang gelagar memanjang.
 - g. Memasang balok suri di atas gelagar memanjang dengan jarak pemasangan sesuai gambar kerja.
 - h. Memasang hollow di atas balok suri searah dengan gelagar
 - i. Memasang alas balok (bodeman) dengan mengacu pada titik as balok.
 - j. Setelah alas balok terpasang dengan benar, maka dilakukan perangkaian panel dinding balok (tembereng) serta kayu dan hollow tembereng.
 - k. Memasang siku untuk mempertahankan ketegakan dinding balok.
- C. Pembongkaran
- a. Diawali dengan melepas siku penahan dinding balok.
 - b. Membongkar kayu dan hollow tembereng, serta panel dinding balok
 - c. Mengendorkan u head pada daerah yang akan dibongkar
 - d. Melepas alas balok (bodeman), hollow bodeman, balok suri dan gelagar memanjang.

- e. Membongkar perancah (scaffolding) kemudian diletakkan di tempat yang telah disediakan secara teratur.

3. Bekisting Pelat

Berikut ini adalah langkah kerja pelaksanaan bekisting pelat lantai :

A. Pabrikasi

Persiapan material bekisting pelat berupa multiplek phenolic yang dipotong sesuai dengan ukuran pelat yang akan dikerjakan.

B. Pemasangan

- a. Mengukur dasar elevasi pelat lantai, sebagai dasar bekisting.
- b. Memasang pipa galvanis dengan jarak antar pipa sesuai gambar kerja. Memasang pipa galvanis ini diawali dengan pemasangan base jack pada dasar pipa untuk mengatur ketinggian pipa tersebut.
- c. Memasang U head jack untuk menjepit balok suri
- d. Memasang balok suri di atas u head, jarak pemasangan sesuai gambar kerja
- e. Memasang besi hollow di atas balok suri searah dengan panjang plat.
- f. Memasang bekisting kontak pelat berupa multiplek phenolic.
- g. Mengecek kerataan dan elevasi permukaan bekisting.

C. Pembongkaran

- a. Pembongkaran diawali dengan mengendorkan u head pada daerah yang akan dibongkar
- b. Melepas lembaran – lembaran multiplek, besi hollow, dan balok suri.
- c. Membongkar pipa galvanis dan komponen lainnya kemudian diletakkan di tempat yang telah disediakan secara teratur.

2.6 Rotasi Bekisting

Rotasi bekisting ialah suatu sistem perputaran letak / bongkar pasang dari material bekisting terhadap suatu gedung. Rotasi bekisting dapat diterapkan pada kriteria gedung yang memiliki jumlah lantai lebih dari 1. Hal ini merupakan salah satu upaya untuk menekan biaya konstruksi. Penurunan biaya dapat diperoleh dengan menekan biaya bekisting. Dengan cara, pemanfaatan berulang atau pemakaian kembali material bekisting. Penentuan rotasi bekisting pekerjaan pada bangunan gedung bertingkat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti berikut :

1. Biaya proyek
2. Bentuk struktur
3. Metode pekerjaan
4. Schedule Pelaksanaan
5. Ketersediaan sumber daya

(Wulfram, 2006)

Ada beberapa macam rotasi bekisting, di antaranya rotasi bekisting 1 lantai, rotasi bekisting 1,5 lantai, rotasi bekisting 2 lantai, rotasi bekisting 2,5 lantai. Pada konstruksi bangunan yang besar, pada umumnya area pekerjaan dibagi menjadi zona-zona guna memudahkan dalam sirkulasi pekerjaan dan transportasi alat serta material. Pelaksanaan dari rotasi bekisting ini juga akan dikaitkan dengan pembagian daripada zona zona tersebut.

2.7 Kekuatan Bekisting

Dalam merencanakan suatu bekisting, maka perlu diperhatikan kekuatan dari bekisting tersebut. Karena bekisting akan berfungsi sebagai struktur sementara yang harus mampu untuk memikul berat sendiri, berat beton basah, beban hidup, dan beban peralatan kerja selama proses pengecoran. Oleh karena itu bekisting harus dianalisa kekuatannya untuk mengidentifikasi apakah material bekisting tersebut memenuhi kriteria kekuatan yang telah disyaratkan. Sehingga bekisting mampu memikul beban ke semua arah yang mungkin terjadi tanpa mengalami

deformasi yang berlebihan. Seperti yang disyaratkan pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Syarat Perhitungan Perkuatan

Balok 2 Tumpuan		
Momen	Tegangan Lentur	Lendutan
$\frac{1}{8} .x.q.x.L^2$	$\sigma = \frac{M}{W}$	$\delta = \frac{5}{384} .x.q.x \frac{L^4}{E.x.I}$

(Sumber : Buku Teknik Sipil, 1984)

Syarat perhitungan perkuatan di atas harus memenuhi syarat perkuatan yang diijinkan seperti pada tabel 2.2

Tabel 2. 2 Tegangan Ijin Kayu

	Kelas kuat					Jati (Tectonagrandis)
	I	II	III	IV	V	
\bar{v}_{lt} (kg/cm ²)	150	100	75	50	–	130
$\bar{v}_{tk} // = \bar{v}_{tr} //$ (kg/cm ²)	130	85	60	45	–	110
$\bar{v}_{tk \perp}$ (kg/cm ²)	40	25	15	10	–	30
$\bar{T} //$ (kg/cm ²)	20	12	8	5	–	15

(Sumber :Buku Teknik Sipil, 1984)

Dalam perhitungan lendutan terdapat unsur modulus elastisitas yang dapat diambil seperti pada tabel 2.3 berikut :

Tabel 2. 3 Modulus Elastisitas Kayu

Kelas Kuat Kayu	E (kg/cm ²)
I	125.000
II	100.000
III	80.000
IV	60.000

(Sumber :Buku Teknik Sipil, 1984)

2.8 Analisa Kebutuhan Material

Analisa kebutuhan material ialah menghitung banyaknya jumlah material yang dibutuhkan untuk membangun satu struktur. Analisa kebutuhan material biasa disebut dengan volume suatu pekerjaan. Besarnya volume dari suatu pekerjaan bekisting tergantung dari luasan struktur yang direncanakan. Volume untuk pekerjaan bekisting ini akan dinyatakan dalam satuan m².

2.9 Analisa Produktivitas dan Durasi

Dalam membangun suatu gedung, akan terdiri dari beberapa pekerjaan yaitu seperti pekerjaan kolom, balok, dan pelat, dimana setiap tahapan pelaksanaannya akan dibagi lagi menjadi beberapa sub pekerjaan yang saling berkaitan seperti pekerjaan pembesian, bekisting, dan pengecoran. Karena adanya hubungan keterkaitan antara pekerjaan satu dengan pekerjaan yang lain, apabila pekerjaan bekisting mengalami keterlambatan maka seluruh jadwal pekerjaan struktur mengalami keterlambatan pula. Begitupun sebaliknya, apabila pekerjaan bekisting dapat selesai tepat waktu atau bahkan lebih cepat dari rencana, maka pekerjaan struktur akan selesai tepat waktu atau lebih cepat dari rencana. Jadi kinerja waktu bekisting memiliki hubungan dalam menentukan kinerja waktu pekerjaan proyek struktur secara keseluruhan. Cepat atau lambatnya pelaksanaan pekerjaan bekisting juga sangat dipengaruhi oleh pekerjaannya sendiri. Sumber daya manusia atau tenaga kerja, sebagai penentu keberhasilan proyek, harus memiliki kualifikasi, keterampilan dan keahlian yang sesuai dengan kebutuhan untuk mencapai keberhasilan suatu proyek. Faktor yang harus dipertimbangkan adalah :

1. Produktivitas tenaga kerja
2. Jumlah tenaga kerja

Untuk analisa produktivitas dari pelaksanaan pekerjaan bekisting akan dilakukan perhitungan berdasarkan wawancara di lapangan. Bila produktivitas dari pekerja telah diketahui, untuk

selanjutnya perhitungan kebutuhan durasi dapat dilakukan dengan cara membagi kebutuhan bekisting dari setiap luasan dengan produktivitas dari tiap pekerja. Sehingga dapat diketahui waktu pelaksanaan dari perencanaan metode strategi rotasi bekisting tersebut.

2.10 Analisa Biaya Bekisting

Penggunaan material yang berulang dari bekisting ditujukan untuk mencapai nilai ekonomis dari material. Panel – panel bekisting sebaiknya dirancang agar mudah dipasang, dibongkar, dan diperkuat sehingga akan memperkecil resiko kerusakan pada material.

Faktor – faktor yang mempengaruhi dalam menghitung biaya pekerjaan yaitu :

- A. Jenis metode yang dipakai
- B. Pemilihan tenaga kerja

Untuk biaya bekisting ini ada dua hal yang akan diperhitungkan, yaitu biaya dari material bekisting itu sendiri dan biaya upah dari para tenaga.

A. Biaya Material

Pehitungan material yang digunakan biasanya dibuat dahulu daftar bahan yang menjelaskan mengenai:

- a. Banyaknya material
- b. Ukuran material

Analisa biaya material dari pekerjaan bekisting dapat diperoleh dengan menjumlahkan kebutuhan material yang diperlukan untuk menghasilkan 1 m² area kontak. Kemudian dikalikan dengan harga satuan material tersebut.

B. Upah Tenaga

Perhitungan upah dari para tenaga sangat dipengaruhi oleh bermacam-macam hal, diantaranya :

- a. Panjangnya jam kerja yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan

- b. Keadaan tempat pekerjaan
- c. Keterampilan atau keahlian dari tenaga kerja yang mengerjakan pekerjaan tersebut

Analisa biaya upah tenaga dari pekerjaan bekisting dapat diperoleh dengan menjumlahkan kebutuhan tenaga yang diperlukan kemudian dikalikan dengan harga satuan upah tenaga tersebut dan dikalikan juga dengan durasi pelaksanaan pekerjaan bekisting.

2.11 Analisa Waste Material

Dalam menganalisa sisa material akan dilakukan 2 perhitungan, pertama melakukan perhitungan volume *waste* akibat sisa pemotongan material dan volume *waste* akibat kerusakan material. Yang kemudian akan dikalikan dengan harga satuan dari setiap material tersebut untuk mendapatkan nilai *waste cost*. Volume *waste* berfungsi untuk mengukur berapa banyaknya *waste* material yang terjadi selama pekerjaan bekisting berlangsung, dan *waste cost* untuk mengukur besarnya kerugian dari setiap pembelian material terhadap total biaya keseluruhan dari kebutuhan pekerjaan bekisting.

2.12 Penelitian Terdahulu

Krisna (2013) sebelumnya melakukan penelitian berjudul Analisa Perbandingan Biaya dan Waktu Pelaksanaan Bekisting Metode Semi sistem Berdasarkan Strategi Rotasi Pada Proyek Gedung Bertingkat Tinggi pada Proyek FMIPA ITS Surabaya dengan tujuan membandingkan pelaksanaan strategi rotasi bekisting dari segi biaya dan waktu yang kemudian akan diperoleh alternatif terbaik dari strategi rotasi bekisting pada proyek tersebut. Konsep yang dipakai dalam menghitung perbandingan biaya dan waktu dari masing – masing pelaksanaan strategi rotasi yaitu dengan menganalisa data mulai dari perhitungan perkuatan bekisting, volume material, analisa produktivitas, analisa waktu hingga analisa biaya. Metode pelaksanaan yang akan dipakai yaitu membagi luasan lantai

menjadi 2 macam zonasi yaitu zona 3 dan zona 4 dengan pembagian rotasi bekisting mulai dari 1,5 lantai hingga 2,5 lantai. Hasil penelitian dari perhitungan waktu dan biaya diketahui bahwa strategi yang memiliki biaya paling murah yaitu rotasi 1,5 lantai 4 zona dengan besar biaya pelaksanaan sebesar Rp 1.812.630.215,00 dalam waktu 76 hari. Sedangkan strategi yang memiliki waktu paling cepat yaitu rotasi 2,5 lantai dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp 2.247.650.548,00 dan waktu pelaksanaan selama 55 hari. Dan strategi yang memiliki biaya & waktu paling optimal yaitu rotasi 2 lantai 3 zona dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp 1.904.498.410,00 dan waktu pelaksanaan selama 57 hari.

Ilham (2014) melakukan penelitian dengan judul Perbandingan Alternatif Rotasi Pekerjaan Bekisting Pada Gedung Apartemen Bale Hinggil Surabaya Ditinjau dari Segi Biaya & Waktu. Dengan tujuan mengetahui biaya dan waktu alternatif rotasi pekerjaan bekisting yg optimal pada proyek apartemen bale hinggil tersebut. Konsep yang dipakai dalam menghitung biaya dan waktu dari masing – masing alternatif rotasi yaitu dengan menganalisa data mulai dari perhitungan perkuatan bekisting, volume material, analisa produktivitas, analisa waktu hingga analisa biaya. Alternatif yang akan dipakai yaitu rotasi 1 lantai hingga 2 lantai dengan pembagian zona sebanyak 2 macam yaitu 4 zona dan 5 zona. Hasil penelitian dari perhitungan waktu dan biaya diketahui bahwa alternatif yang memiliki biaya paling murah yaitu rotasi 1 lantai 4 zona dengan besar biaya pelaksanaan sebesar Rp 3.150.880.305,00 dalam waktu 229 hari. Sedangkan alternatif yang memiliki waktu paling cepat yaitu rotasi 2 lantai 4 zona dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp 3.693.654.422,00 dan waktu pelaksanaan selama 123 hari. Dan alternatif yang memiliki biaya & waktu paling optimal yaitu rotasi 1,5 lantai 4 zona dengan biaya pelaksanaan sebesar Rp 3.282.228.312,00 dan waktu pelaksanaan selama 159 hari.

Andy (2015) melakukan penelitian dengan judul Analisa Perbandingan Biaya & Waktu Pelaksanaan Rotasi Bekisting Pada

Apartemen Puncak Bukit Golf Surabaya. Dengan tujuan membandingkan alternatif rotasi pekerjaan bekisting dari segi biaya dan waktu pada proyek apartemen puncak bukit golf tersebut. Konsep yang dipakai dalam menghitung biaya dan waktu dari masing – masing alternatif rotasi yaitu dengan menganalisa data mulai dari perhitungan perkuatan bekisting, volume material, analisa produktivitas, analisa waktu hingga analisa biaya. Alternatif yang akan dipakai yaitu rotasi 1 lantai hingga 2 lantai dengan pembagian zona sebanyak 1 macam yaitu 5 zona. Hasil penelitian dari perhitungan waktu dan biaya diketahui bahwa alternatif 1 yaitu rotasi 1 lantai memiliki biaya pelaksanaan sebesar Rp 7.694.021.826,85 dalam waktu 279 hari. Sedangkan alternatif 2 yaitu rotasi 1,5 lantai memiliki biaya pelaksanaan sebesar Rp 7.416.248.276,94 dan waktu pelaksanaan selama 199 hari. Dan alternatif 3 yaitu rotasi 2 lantai memiliki biaya pelaksanaan sebesar Rp 8.819.889.283,40 dan waktu pelaksanaan selama 149 hari.

Dengan demikian, kesimpulan yang bisa diambil ialah rotasi bekisting dapat dilaksanakan pada suatu bangunan, baik yang beraturan maupun yang tidak beraturan. Namun, yang membedakan ialah jumlah material yang dibutuhkan. Begitu pula dengan jenis – jenis rotasi bekisting yang akan diterapkan, semakin banyak jumlah rotasi bekisting maka akan semakin cepat waktu pelaksanaannya, namun biaya yang akan dikeluarkan semakin banyak karena material yang dibutuhkan semakin bertambah. Sebaliknya, semakin sedikit jumlah rotasi bekisting, maka waktu pelaksanaan menjadi lebih lama, namun biaya yang dibutuhkan lebih murah.

Dalam Tugas Akhir ini, yang berbeda dengan penelitian di atas selain objek dan pembagian zonasinya, yaitu adanya penambahan perhitungan untuk bekisting kolom dan waste material dari pekerjaan bekisting tersebut.

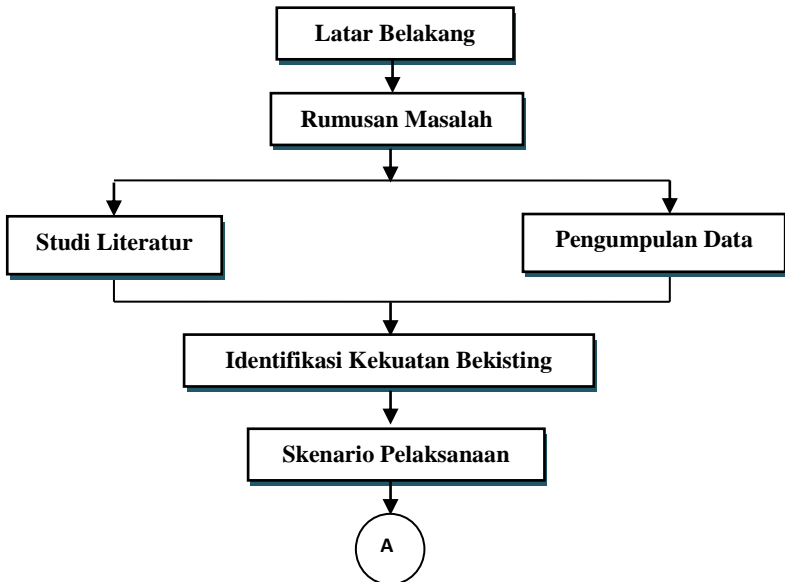
BAB III METODOLOGI

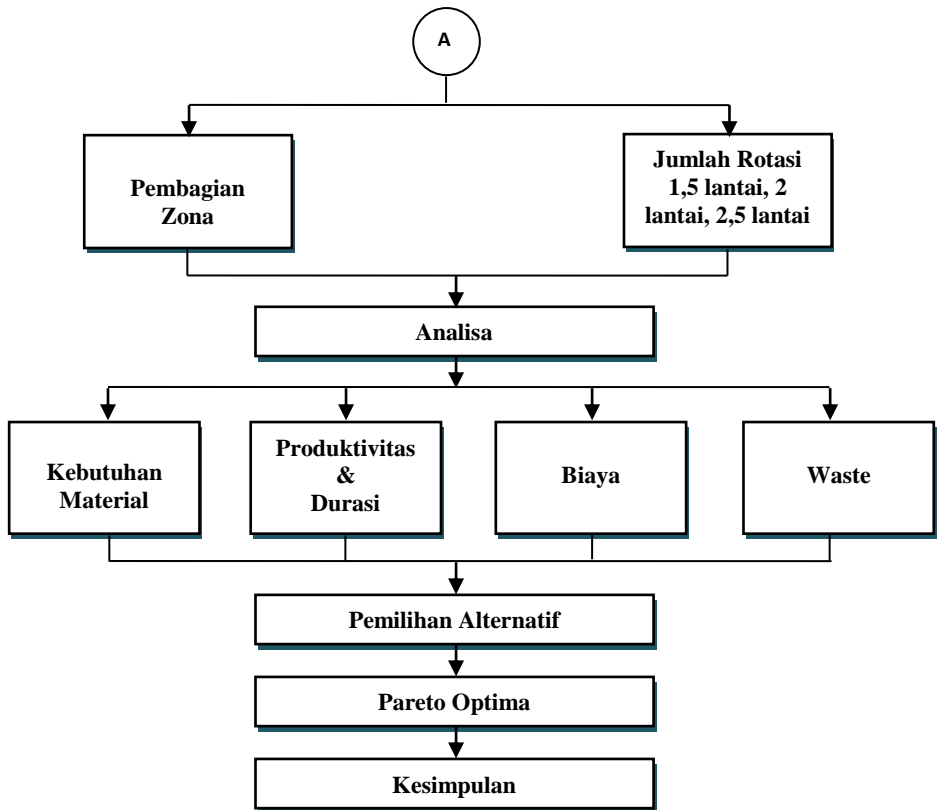
3.1 Konsep Tugas Akhir

Tugas Akhir ini bertujuan untuk menganalisis metode rotasi pekerjaan bekisting yang paling optimal bila ditinjau dari segi waktu dan biaya berdasarkan beberapa perencanaan metode pelaksanaan bekisting, yaitu metode I dengan rotasi bekisting 1,5 lantai, metode II dengan rotasi bekisting 2 lantai, serta metode III dengan rotasi bekisting 2,5 lantai dimana setiap lantainya akan dibagi menjadi 2 zona

3.2 Diagram Alir

Adapun tahapan yang dilakukan dalam penyelesaian tugas akhir ini dapat dilihat dalam diagram alir pada gambar 3.1





Gambar 3. 1 Diagram Alir

3.3 Pengumpulan Data Proyek

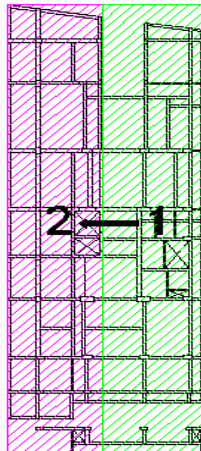
Untuk mendapatkan hasil yang optimal dari penulisan tugas akhir ini, maka diperlukan data – data penunjang yang didapat dari *Site Engineer* PT. Sinar Waringin Adikarya seperti berikut :

1. Data Umum Bangunan
 - A. Nama Gedung : The Lifestyle Hotels
 - B. Pemilik : PT. Kaiho Kairos Indonesia
 - C. Kontraktor : PT. Sinar Waringin Adikarya
 - D. Lokasi : Jl. Sumatra No. 16 Surabaya

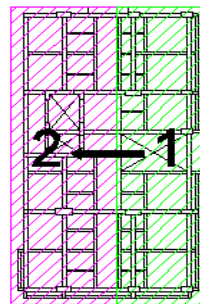
- E. Fungsi : Hotel
 F. Jumlah Lantai : 14 Lantai + 1 Basement
 G. Tinggi Gedung : 47 m
 H. Material Struktur : Beton bertulang
2. Data Sekunder
- A. Gambar struktur gedung (lampiran 3.1)
 B. Gambar arsitektur gedung (lampiran 3.2)
 C. Dimensi struktur kolom, balok dan plat (lampiran 3.3)

3.4 Metode Pelaksanaan Rotasi pekerjaan bekisting

Perencanaan rotasi bekisting ini akan direncanakan dengan menggunakan jenis bekisting yang sama, yaitu bekisting semi sistem sesuai dengan kondisi di lapangan. Dan akan direncanakan sebanyak 3 macam metode yaitu metode I dengan rotasi bekisting 1,5 lantai, metode II dengan rotasi bekisting 2 lantai, serta metode III dengan rotasi bekisting 2,5 lantai. Karena adanya perbedaan luasan antara lantai basement - Lt.1 dengan lantai 2- atap, sehingga akan dibedakan 2 tipe zona seperti pembagian zona yang terlihat pada gambar 3.2 dan gambar 3.3.



Gambar 3. 2 Pembagian
Zona Lt. Basement – Lt. 1

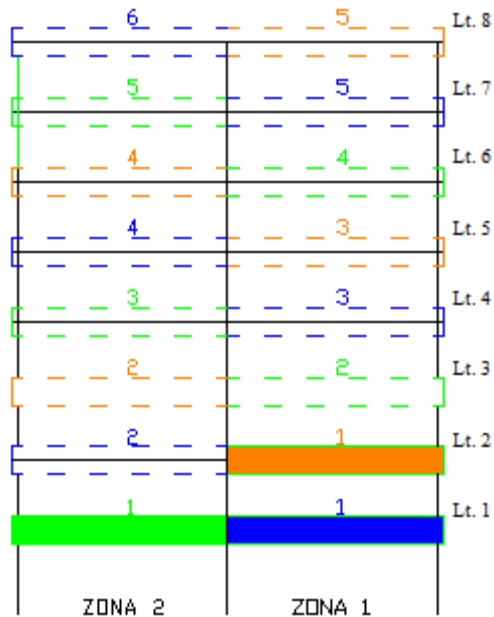


Gambar 3. 3 Pembagian
Zona Lt. 2 - Atap



Adapun skenario alternatif-alternatif pada pekerjaan bekisting adalah sebagai berikut :

A. Metode I (Rotasi Bekisting 1,5 Lantai)

Pada rotasi bekisting 1,5 lantai perlu dipersiapkan bekisting 1,5 lantai penuh. Dalam satu gedung akan dibagi 2 zona per lantai. Pertama - tama pemasangan bekisting akan dilakukan untuk 1 lantai penuh (zona 1 dan zona 2). Karena material yang dipersiapkan sebanyak 1,5 lantai, sehingga pemasangan bekisting untuk zona 1 dan zona 2 pada lantai 1 akan dilaksanakan secara bersamaan. Ketika pemasangan bekisting dilaksanakan untuk zona 1 lantai 2, tidak perlu menunggu pembongkaran bekisting pada lantai 1. Bila beton pada lantai 1 sudah cukup mengeras, wilayah untuk zona 1 pada lantai 2 tersebut sudah dapat dipasang bekisting baru sebanyak $\frac{1}{2}$ lantai. Lalu, memasang bekisting $\frac{1}{2}$ lantai berikutnya yaitu zona 2 pada lantai 2, dengan menggunakan material yang telah digunakan sebelumnya pada zona 1 lantai 1. Siklus pemasangan bekisting, pengecoran dan pembongkaran akan berlanjut seperti ini hingga lantai akhir. Seperti terlihat pada gambar 3.4. Material bekisting bisa dibongkar dan digunakan untuk lantai – lantai selanjutnya bila beton sudah mencapai umur kurang lebih 5 hari.



Keterangan :

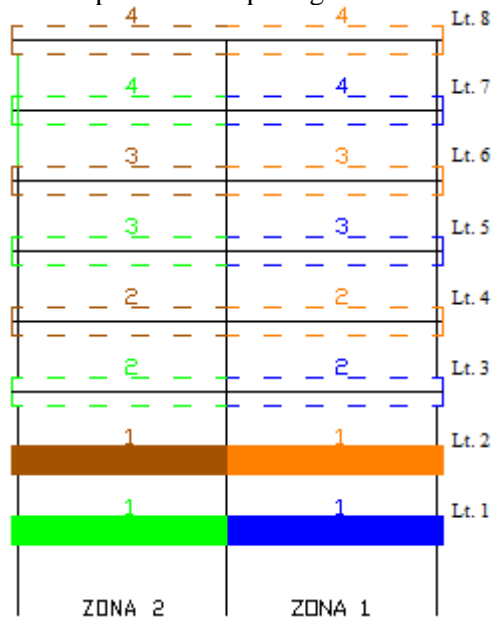
	= Material Bekisting A
	= Material Bekisting B
	= Material Bekisting C

Gambar 3. 4 Rotasi Bekisting 1,5 Lantai





B. Metode II (Rotasi Bekisting 2 Lantai)

Dalam satu gedung akan dibagi 2 zona per lantai. Pada rotasi bekisting 2 lantai perlu dipersiapkan bekisting 2 lantai penuh sehingga tidak perlu menunggu pembongkaran bekisting lantai di bawahnya. Setelah bekisting lantai 1 terpasang maka dapat memasang bekisting pada lantai 2 setelah beton pada lantai 1 cukup mengeras. Bila beton sudah mencapai umur kurang lebih 5 hari setelah pengecoran, maka bekisting pada lantai 1 dapat dibongkar kemudian dipasang pada lantai 3.

Begitu juga bekisting lantai 2, dapat dibongkar kemudian dipasang pada lantai 4. Siklus pemasangan bekisting, pengecoran dan pembongkaran akan berlanjut seperti ini hingga lantai akhir. Seperti terlihat pada gambar 3.5.



Keterangan :

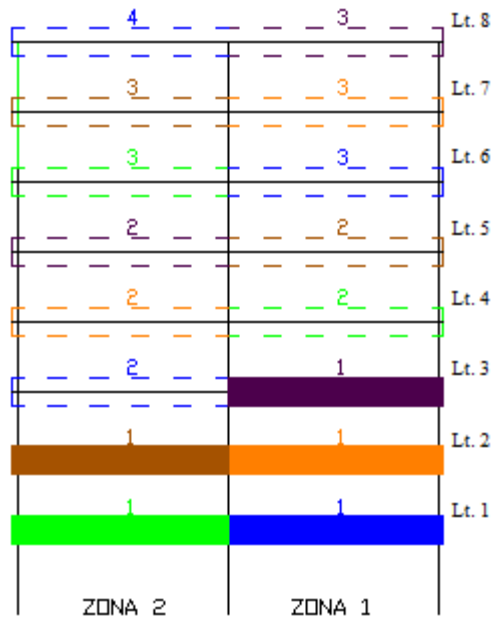
	= Material Bekisting A
	= Material Bekisting B
	= Material Bekisting C
	= Material Bekisting D

Gambar 3. 5 Rotasi Bekisting 2 Lantai

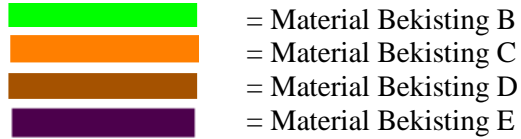
C. Metode III (Rotasi Bekisting 2.5 Lantai)

Pada rotasi bekisting 2.5 lantai perlu disiapkan bekisting 2.5 lantai penuh. Dalam satu gedung akan dibagi 2 zona per lantai. Pertama - tama pemasangan bekisting akan dilakukan untuk 1 lantai penuh,. Pada pemasangan bekisting untuk lantai 2 tidak

perlu menunggu pembongkaran bekisting lantai 1. Bila beton pada lantai 1 sudah cukup mengeras, selanjutnya akan dipasang bekisting pada lantai 2 secara penuh (zona 1 dan zona 2) seperti pelaksanaan pada lantai sebelumnya. Selanjutnya akan dipasang bekisting baru $\frac{1}{2}$ lantai (zona 1) pada lantai 3. Karena material bekisting hanya menyiapkan 2,5 lantai, untuk memasang bekisting $\frac{1}{2}$ lantai selanjutnya, untuk zona 2 pada lantai 3, yaitu dengan menggunakan material yang telah digunakan sebelumnya pada zona 1 lantai 1. Siklus pemasangan bekisting, pengecoran dan pembongkaran akan berlanjut seperti ini hingga lantai akhir. Seperti terlihat pada gambar 3.6. Material bekisting bisa dibongkar dan digunakan untuk lantai – lantai selanjutnya bila beton sudah mencapai umur kurang lebih 5 hari.



Keterangan : = Material Bekisting A



Gambar 3. 6 Rotasi Bekisting 2,5 Lantai

3.5 Perhitungan Volume Material

Sebelum memperoleh waktu dan biaya dari keseluruhan pekerjaan bekisting, maka terlebih dahulu menghitung berapa kebutuhan material bekisting untuk satu proyek gedung Hotel Lifestyle ini. Kebutuhan material yang diperhitungkan yaitu untuk jenis bekisting semi sistem khususnya pada struktur kolom, balok dan plat. Meliputi volume material multiplek phenolic, kayu jenis glugu, perancah, besi hollow, paku, besi siku dll.

3.5.1 Perhitungan Kebutuhan Material Bekisting Balok

A. Perhitungan Kebutuhan Multiplek

1. Multiplek Bodeman

$$\text{Volume} = b \text{ balok} \times \text{panjang efektif balok} \times \text{jumlah balok} \dots \dots \dots (3.1)$$

2. Multiplek Tembereng

$$\text{Volume} = 2 \times h \text{ balok} \times \text{panjang efektif balok} \times \text{jumlah balok} \dots \dots \dots (3.2)$$

B. Perhitungan Kebutuhan Balok Suri

1. Jumlah Balok Suri per Balok

$$n \text{ Balok Suri} = \frac{\text{Panjang efektif balok}}{\text{jarak antar balok suri}} \dots \dots \dots (3.3)$$

2. Volume Balok Suri

$$\text{Volume} = \text{jumlah balok suri per balok} \times \text{jumlah balok} \dots \dots \dots (3.4)$$

3.5.2 Perhitungan Kebutuhan Material Bekisting Pelat

A. Perhitungan Kebutuhan Multiplek

$$\text{Volume} = \text{lebar pelat} \times \text{panjang pelat} \times \text{jumlah Pelat} \dots \dots \dots (3.5)$$

3.6 Analisa Produktivitas dan Durasi

3.6.1 Perhitungan Produktivitas

Perhitungan produktivitas ini dilakukan untuk mengetahui berapa besar kapasitas produksi dari setiap pekerja, dan akan dihitung berdasarkan wawancara lapangan mengenai pekerjaan bekisting.

3.6.2 Perhitungan Durasi

$$\text{Durasi} = \frac{\text{kebutuhan bekisting per 1 zona}}{\text{kapasitas produksi 1 orang}} \dots\dots\dots(3.6)$$

3.7 Analisa Biaya

Perhitungan estimasi biaya pekerjaan bekisting akan dilakukan pada masing-masing perencanaan metode rotasi. Analisa biaya didapat dari total keseluruhan harga kebutuhan material ditambah dengan total upah pekerja keseluruhan berdasarkan harga survey pasar.

3.7.1 Perhitungan Biaya Material

$$\text{Bahan} = \text{volume material} \times \text{harga satuan material} \dots\dots\dots(3.7)$$

3.7.2 Perhitungan Upah Pekerja

$$\text{Upah} = \sum \text{tenaga} \times \text{durasi} \times \text{harga satuan upah} \dots\dots\dots(3.8)$$

3.8 Analisa Waste Material

Setelah mendapatkan berapa biaya total dari masing – masing material bekisting yang dibutuhkan untuk membangun satu proyek gedung Hotel Lifestyle ini, kemudian akan dilakukan analisa terhadap waste material bekisting untuk mendapatkan alternatif mana yang memiliki nilai waste paling minimum.

3.8.1 Perhitungan Volume Waste dan Volume Material Rusak

A. Perhitungan Volume Waste

$$\text{Volume waste} = \text{volume material datang} - \text{volume material terpasang} \dots\dots\dots(3.9)$$

B. Perhitungan Volume Material Rusak

$$\text{Volume material rusak} = 10\% \times \text{volume total kebutuhan}$$

$$\text{Material} \dots \dots \dots (3.10)$$

3.8.2 Perhitungan Waste Cost

Perhitungan waste cost diakibatkan 2 hal. Waste cost akibat sisa potongan dan waste cost akibat kerusakan. Kemudian waste cost akibat dari dua hal tersebut akan dijumlahkan untuk mendapatkan total waste cost.

A. Perhitungan Waste Cost Akibat Sisa Potongan

$$\text{Waste Cost} = \text{volume waste} \times \text{harga satuan}$$

$$\text{material} \dots \dots \dots (3.11)$$

B. Perhitungan Waste Cost Akibat Kerusakan

$$\text{Waste cost} = \text{volume material rusak} \times \text{harga satuan}$$

$$\text{material} \dots \dots \dots (3.12)$$

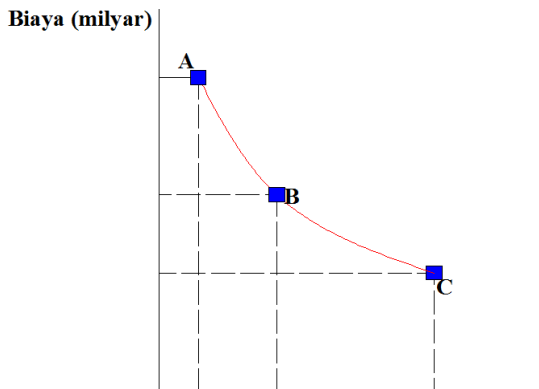
C. Perhitungan Total Waste Cost

$$\text{Total waste cost} = \text{waste cost akibat sisa potongan} +$$

$$\text{waste cost akibat kerusakan} \dots \dots \dots (3.13)$$

3.9 Pemilihan Alternatif

Dari keseluruhan perhitungan, kemudian akan didapatkan hasil dari ketiga perencanaan metode tersebut, yaitu metode mana yang memiliki nilai paling optimal dari segi waktu dan biaya dengan menggunakan teori Pareto Optima. Seperti yang terlihat pada gambar 3.7 di bawah ini.



Gambar 3. 7 Contoh Grafik Pareto Optima

Gambar tersebut memperlihatkan sebuah grafik yang terdiri dari titik – titik yang merupakan hasil perhitungan dari beberapa perencanaan metode, dimana terdapat 2 fungsi tujuan yaitu pada sisi vertikal merupakan fungsi biaya dan pada sisi horizontal merupakan fungsi waktu/durasi. Untuk mendapatkan metode yang paling optimal yaitu dengan memplotkan hasil waktu dan biaya dari beberapa metode yang telah dianalisa ke dalam grafik. Pada grafik akan ditampilkan beberapa titik dari hasil perhitungan. Untuk mendapatkan hasil yang paling optimal, yaitu titik yang letaknya paling mendekati titik 0. Berdasarkan grafik di atas, ketiga titik tersebut tidak bisa saling mengalahkan karena memiliki keunggulan masing – masing. Titik A, merupakan metode yang paling optimal bila dilihat dari segi waktu. Karena titik A merupakan titik yang paling mendekati titik 0 terhadap sumbu x (segi waktu). Titik C, juga merupakan metode yang paling optimal namun bila dilihat dari segi biaya,. Karena titik C adalah titik yang paling mendekati titik 0 terhadap sumbu y (segi biaya). Sedangkan untuk titik B, merupakan metode yang paling optimal bila dilihat dari segi waktu dan biaya, karena titik tersebut titik yang paling mendekati 0 bila dilihat dari sisi diagonal (dari segala titik yang berada pada daerah tersebut).

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA PENGOLAHAN DATA

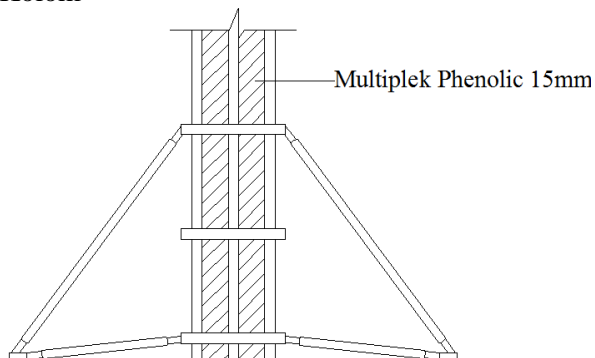
Pada tahapan ini akan dilakukan analisa data yang diperoleh dari proses pengumpulan data seperti yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Adapun proses analisa pengolahan data tersebut adalah identifikasi kekuatan bekisting, analisa kebutuhan material, produktivitas, durasi, dan biaya bekisting.

4.1 Identifikasi Kekuatan Bekisting

Langkah awal yaitu melakukan identifikasi kekuatan pada material bekisting. Tujuan dilakukannya identifikasi ini adalah untuk mengetahui kekuatan bekisting dalam menerima beban sendiri dan beban luar, khususnya pada saat melakukan pengecoran. Hingga nantinya dapat diketahui spesifikasi material yang seperti apa yang dapat dipakai di lapangan sesuai dengan kriteria kekuatannya. Identifikasi kekuatan bekisting meliputi perhitungan kekuatan material phenolic, hollow, balok suri, dan balok gelagar.

4.1.1 Perhitungan Kekuatan Phenolic 15mm

- Kolom



Gambar 4. 1 Sketsa Perkuatan Phenolic Pada Kolom

Kekuatan phenolic untuk kolom yang ditinjau yaitu seperti yang terlihat pada gambar 4.1. Karena multiplek yang akan digunakan adalah jenis phenolic, maka tergolong kayu dengan kelas kuat III yang memiliki modulus elastisitas (E) sebesar 80.000 kg/cm². Pada bangunan ini tipe kolom adalah persegi panjang, maka untuk meninjau kekuatan phenolic pada kolom akan dibedakan menjadi 2 macam sisi. Contoh perhitungan kekuatan balok phenolic pada kolom adalah sebagai berikut.

Dimensi Kolom :

Lebar kolom (b)	= 40 cm
Panjang kolom (p)	= 100 cm
Tinggi kolom (t)	= 450 cm
Tebal multiplek	= 1,50 cm
Jarak hollow	= 20 cm
Jarak sabuk kolom	= 50 cm
BJ beton	= 0,0024 kg/cm ³

➤ *Multiplek pada sisi b*

- Menghitung Beban q

$$\begin{aligned} q &= 0,5 \times p \times \text{jarak sabuk} \times \text{BJ beton} \\ &= 0,5 \times 100 \times 50 \times 0,0024 \\ &= 6 \text{ kg/cm} \end{aligned}$$

*Dikali 0,5 karena beban akan dibagi ke 2 arah

- Menghitung Inersia

$$\begin{aligned} I &= 1/12 \times \text{jarak sabuk} \times (t \text{ multiplek})^3 \\ &= 1/12 \times 50 \times (1,50)^3 \\ &= 14,06 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Menghitung Momen

$$\begin{aligned} M &= 1/8 \times q \times L^2 \\ &= 1/8 \times 6 \times (20)^2 \\ &= 300 \text{ kgcm} \end{aligned}$$

- Menghitung W

$$\begin{aligned} W &= 1/6 \times \text{jarak sabuk} \times (t \text{ multiplek})^2 \\ &= 1/6 \times 50 \times (1,5)^2 \end{aligned}$$

$$=18,75 \text{ cm}^3$$

- Menghitung Tegangan Lentur

$$\begin{aligned}\sigma_{t_{\text{terjadi}}} &= \frac{M}{W} \\ &= \frac{300}{18,75} \\ &= 16 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Syarat :} & \sigma_{t_{\text{terjadi}}} & \leq \sigma_{t_{\text{ijin}}} \\ & 16 \text{ kg/cm}^2 & < 75 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK!} \end{array}$$

- Menghitung Lendutan

$$\begin{aligned}\delta_{\text{terjadi}} &= \frac{5}{384} \times q \times \frac{L^4}{E \times I} \\ &= \frac{5}{384} \times 6 \times \frac{20^4}{80000 \times 14,06} \\ &= 0,0111 \text{ cm} \\ \delta_{\text{ijin}} &= \frac{L}{300} \\ &= \frac{20}{300} \\ &= 0,07 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Syarat :} & \delta_{\text{terjadi}} & \leq \delta_{\text{ijin}} \\ & 0,0111 \text{ cm} & < 0,07 \text{ cm} \dots \dots \text{OK!} \end{array}$$

➤ *Multiplek pada sisi p*

- Menghitung Beban q

$$\begin{aligned}q &= 0,5 \times b \times \text{jarak sabuk} \times \text{BJ beton} \\ &= 0,5 \times 40 \times 50 \times 0,0024 \\ &= 2,4 \text{ kg/cm}\end{aligned}$$

- Menghitung Inersia

$$\begin{aligned}I &= 1/12 \times \text{jarak sabuk} \times (t \text{ multiplek})^3 \\ &= 1/12 \times 50 \times (1,50)^3 \\ &= 14,06 \text{ cm}^4\end{aligned}$$

- Menghitung Momen

$$M = 1/8 \times q \times L^2$$

$$= 1/8 \times 2,4 \times (20)^2$$

$$= 120 \text{ kgcm}$$

- Menghitung W

$$W = 1/6 \times \text{jarak sabuk} \times (t \text{ multiplek})^2$$

$$= 1/6 \times 50 \times (1,5)^2$$

$$= 18,75 \text{ cm}^3$$

- Menghitung Tegangan Lentur

$$\sigma_{t_{\text{terjadi}}} = \frac{M}{W}$$

$$= \frac{120}{18,75}$$

$$= 6,4 \text{ kg/cm}^2$$

Syarat :

$$\sigma_{t_{\text{terjadi}}} \leq \sigma_{t_{\text{ijin}}}$$

$$6,4 \text{ kg/cm}^2 < 75 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK!}$$

- Menghitung Lentutan

$$\delta_{\text{terjadi}} = \frac{5}{384} \times q \times \frac{L^4}{E \times I}$$

$$= \frac{5}{384} \times 2,4 \times \frac{20^4}{80000 \times 14,06}$$

$$= 0,0044 \text{ cm}$$

$$\delta_{\text{ijin}} = \frac{L}{\frac{300}{\frac{20}{300}}}$$

$$= 0,07 \text{ cm}$$

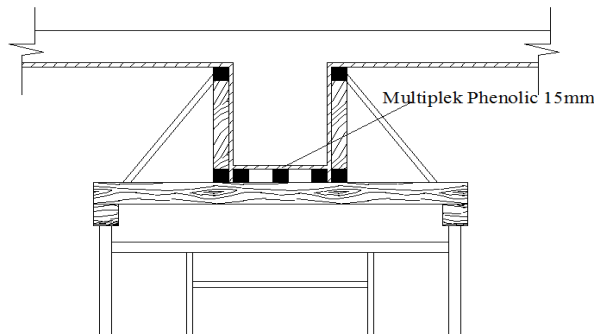
Syarat :

$$\delta_{\text{terjadi}} \leq \delta_{\text{ijin}}$$

$$0,0044 \text{ cm} < 0,07 \text{ cm} \dots \dots \text{OK!}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan, material multiplek jenis phenolic dengan ketebalan 15 mm ini dapat digunakan sebagai bekisting untuk struktur kolom yang memiliki dimensi 40 x 100 cm. Karena material multiplek kuat terhadap syarat lentur dan lentutan kolom yang diijinkan.

- Balok



Gambar 4. 2 Sketsa Perkuatan Phenolic Pada Balok

Multiplek yang digunakan pada balok sama seperti kolom yaitu multiplek dengan jenis phenolic, tergolong kayu dengan kelas kuat III yang memiliki modulus elastisitas (E) sebesar 80.000 kg/cm^2 dan $\sigma_{t,ijin} = 75 \text{ kg/cm}^2$. Kekuatan phenolic untuk balok yang ditinjau yaitu seperti yang terlihat pada gambar 4.2. Contoh perhitungan kekuatan phenolic pada balok adalah sebagai berikut.

Dimensi Balok :

Lebar balok (b)	= 0,30 m	= 30 cm
Tinggi balok (h)	= 0,50 m	= 50 cm
Tebal multiplek (t)	= 0,015 m	= 1,5 cm
Jarak hollow	= 0,15 m	= 15 cm
Jarak Suri	= 0,50 m	= 50 cm
BJ beton	= 2400 kg/m ³	
BJ multiplek	= 330 kg/m ³	
Beban hidup	= 100 kg/m ²	

➤ *Multiplek pada balok*

- Menghitung Beban q

$$\begin{aligned} \text{B. Beton} &= h \times \text{jarak suri} \times \text{BJ beton} \\ &= 0,5 \times 0,5 \times 2400 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 600 \text{ kg/m} \\
 \text{B. Multiplek} &= t \times \text{jarak suri} \times \text{BJ multiplek} \\
 &= 0,015 \times 0,5 \times 330 \\
 &= 2,475 \text{ kg/m} \\
 \text{B. Hidup} &= \text{beban hidup} \times \text{jarak suri} \\
 &= 100 \times 0,5 \\
 &= 50 \text{ kg/m} \\
 q &= \text{beban beton} + \text{beban multiplek} + \\
 &\quad \text{beban hidup} \\
 &= 600\text{kg/m} + 2,475\text{kg/m} + 50\text{kg/m} \\
 &= 652,48\text{kg/m}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Inersia

$$\begin{aligned}
 I &= 1/12 \times \text{jarak suri} \times (t \text{ multiplek})^3 \\
 &= 1/12 \times 0,5 \times (0,015)^3 \\
 &= 1,406 \times 10^{-7} \text{m}^4 \approx 14,06 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Menghitung W

$$\begin{aligned}
 W &= 1/6 \times \text{jarak suri} \times (t \text{ multiplek})^2 \\
 &= 1/6 \times 0,5 \times (0,015)^2 \\
 &= 1,875 \times 10^{-5} \text{m}^3 \approx 18,75 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

- Menghitung Momen

$$\begin{aligned}
 M &= 1/8 \times q \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 652,48 \times (0,15)^2 \\
 &= 1,8351 \text{ kgm} \approx 183,51 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Tegangan Lentur

$$\begin{aligned}
 \sigma_{t\text{terjadi}} &= \frac{M}{W} \\
 &= \frac{183,51}{18,75} \\
 &= 9,79 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Syarat :} & \sigma_{t\text{terjadi}} & \leq \sigma_{t\text{ijin}} \\
 & 9,79 \text{ kg/cm}^2 & < 75\text{kg/cm}^2 \dots \text{OK!}
 \end{array}$$

- Menghitung Lentutan

$$\delta_{\text{terjadi}} = \frac{5}{384} \times q \times \frac{L^4}{E \times I}$$

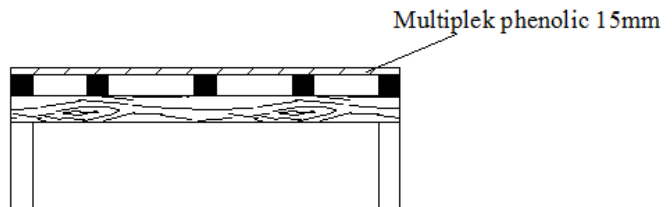
$$\begin{aligned}
 \delta_{ijin} &= \frac{5}{384} \times 6,5248 \times \frac{15^4}{80000 \times 14,06} \\
 &= 0,0038 \text{ cm} \\
 &= \frac{L}{\frac{300}{15}} \\
 &= \frac{300}{15} \\
 &= 0,05 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

Syarat :

$$\begin{array}{ccc}
 \delta_{terjadi} & \leq & \delta_{ijin} \\
 0,0038 \text{ cm} & < & 0,05 \text{ cm} \dots \dots \text{OK!}
 \end{array}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan, material multiplek jenis phenolic dengan ketebalan 15 mm ini dapat digunakan sebagai beksiting untuk struktur balok yang memiliki dimensi 30/50 cm. Karena material multiplek kuat terhadap syarat lentur dan lendutan balok yang diijinkan, dimana $\sigma_{t_{terjadi}} = 9,79 \text{ kg/cm}^2$ dan $\delta_{t_{terjadi}} = 0,0038 \text{ cm}$.

- Plat



Gambar 4. 3 Sketsa Perkuatan Phenolic Pada Plat

Multiplek yang digunakan pada plat sama seperti kolom dan balok yaitu multiplek dengan jenis phenolic, tergolong kayu dengan kelas kuat III yang memiliki modulus elastisitas (E) sebesar 80.000 kg/cm^2 dan $\sigma_{t_{ijin}} = 75 \text{ kg/cm}$. Kekuatan phenolic untuk plat yang ditinjau yaitu seperti yang terlihat pada gambar 4.3. Contoh perhitungan kekuatan phenolic pada plat adalah sebagai berikut.

Dimensi Plat :

Lebar plat (b)	= 2,15 m	= 215 cm
Panjang plat (p)	= 4,23 m	= 423 cm
Tebal plat (t)	= 0,12 m	= 12 cm
Jarak hollow	= 0,50 m	= 50 cm
Jarak Suri	= 1,00 m	= 100 cm
Tebal multiplek	= 0,015 m	= 1,5 cm
BJ beton	= 2400 kg/m ³	
BJ multiplek	= 330 kg/m ³	
Beban hidup	= 100 kg/m ²	

➤ *Multiplek pada plat*

▪ Menghitung Beban q

$$\begin{aligned} \text{B. Beton} &= t \times \text{jarak suri} \times \text{BJ beton} \\ &= 0,12 \times 1,00 \times 2400 \\ &= 288 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B. Multiplek} &= t \text{ multipl} \times \text{jarak suri} \times \text{BJmultipl} \\ &= 0,015 \times 1,00 \times 330 \\ &= 4,95 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{B. Hidup} &= \text{beban hidup} \times \text{jarak suri} \\ &= 100 \times 1,00 \\ &= 100 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q &= \text{beban beton} + \text{beban multiplek} + \\ &\quad \text{beban hidup} \\ &= 288\text{kg/m} + 4,95\text{kg/m} + 100\text{kg/m} \\ &= 392,95\text{kg/m} \end{aligned}$$

▪ Menghitung Inersia

$$\begin{aligned} I &= 1/12 \times \text{jarak suri} \times (t \text{ multiplek})^3 \\ &= 1/12 \times 1,00 \times (0,015)^3 \\ &= 2,813 \times 10^{-7} \text{ m}^4 \approx 28,13 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

▪ Menghitung W

$$\begin{aligned} W &= 1/6 \times \text{jarak suri} \times (t \text{ multiplek})^2 \\ &= 1/6 \times 1,00 \times (0,015)^2 \\ &= 0,0000373 \text{ m}^3 \approx 37,5 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

▪ Menghitung Momen

$$M = 1/8 \times q \times L^2$$

$$\begin{aligned}
 &= 1/8 \times 392,95 \times (0,50)^2 \\
 &= 12,2797 \text{ kgm} \approx 1227,97 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Tegangan Lentur

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{terjadi}} &= \frac{M}{W} \\
 &= \frac{1227,97}{37,5} \\
 &= 32,70 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Syarat :} & \sigma_{\text{terjadi}} & \leq \sigma_{\text{ijin}} \\
 & 32,70 \text{ kg/cm}^2 & < 75 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK!}
 \end{array}$$

- Menghitung Lendutan

$$\begin{aligned}
 \delta_{\text{terjadi}} &= \frac{5}{384} \times q \times \frac{L^4}{E \times I} \\
 &= \frac{5}{384} \times 3,9295 \times \frac{50^4}{80000 \times 28,13} \\
 &= 0,142 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \delta_{\text{ijin}} &= \frac{L}{300} \\
 &= \frac{300}{50} \\
 &= \frac{300}{300} \\
 &= 0,17 \text{ cm}
 \end{aligned}$$

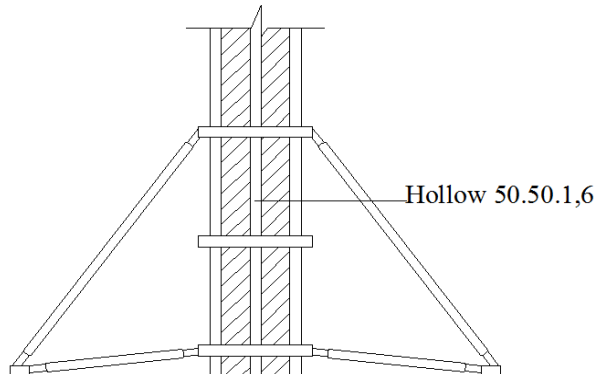
$$\begin{array}{lcl}
 \text{Syarat :} & \delta_{\text{terjadi}} & \leq \delta_{\text{ijin}} \\
 & 0,142 \text{ cm} & < 0,17 \text{ cm} \dots \dots \text{OK!}
 \end{array}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan, material multiplek jenis phenolic dengan ketebalan 15 mm ini dapat digunakan sebagai bekisting untuk struktur plat yang memiliki ketebalan 12 cm. Karena material multiplek kuat terhadap syarat lentur dan lendutan plat yang diijinkan, dimana $\sigma_{\text{terjadi}} = 32,7 \text{ kg/cm}^2$ dan $\delta_{\text{terjadi}} = 0,142 \text{ cm}$.

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.1.

4.1.2 Perhitungan Kekuatan Hollow

- Kolom



Gambar 4. 4 Sketsa Perkuatan Hollow Pada Kolom

Kekuatan besi hollow untuk kolom yang ditinjau yaitu seperti yang terlihat pada gambar 4.4. Besi hollow yang digunakan untuk bekisting kolom ini berukuran 50.50.1,6 mm yang akan dipasang secara vertikal pada setiap sisinya, dengan jarak antar hollow direncanakan selebar 20 cm. Besi hollow ini berfungsi sebagai perkuatan, agar ketika dilaksanakan pengecoran, multiplek pada bekisting kolom tidak bergeser. Karena berfungsi sebagai perkuatan, maka perlu dihitung terlebih dahulu beban – beban apa saja yang diterima besi hollow tersebut. Contoh perhitungan kekuatan hollow adalah sebagai berikut.

Dimensi Kolom :

Lebar kolom (b)	= 40 cm
Panjang kolom (p)	= 100 cm
Lebar hollow (b_{holl})	= 0.05 m
Tinggi Hollow (h_{holl})	= 0.05 m
BJ Hollow	= 7850 kg/m ³
Jarak hollow	= 20 cm
Jarak sabuk kolom	= 50 cm

➤ *Hollow pada sisi b*

Beban – beban yang diterima oleh besi hollow yaitu beban akibat multiplek dan beban akibat hollow itu sendiri (berat sendiri)

- Menghitung Beban Terpusat Multiplek

Pada perhitungan perkuatan phenolic sebelumnya, telah didapatkan nilai q untuk multiplek kolom pada sisi b yaitu sebesar 6 kg/cm . Beban tersebut kemudian dijadikan beban terpusat yang akan diterima oleh besi hollow.

$$\begin{aligned} P_{\text{mult}} &= 0,5 \times q_{\text{mult}} \times \text{jarak hollow} \\ &= 0,5 \times 6 \times 20 \\ &= 60 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Menghitung Beban Sendiri Hollow

$$\begin{aligned} q_{\text{holl}} &= B_{\text{J hollow}} \times b_{\text{holl}} \times h_{\text{holl}} \\ &= 7850 \times 0,05 \times 0,05 \\ &= 19,63 \text{ kg/m} \end{aligned}$$

- Menghitung Inersia

$$\begin{aligned} I &= 1/12 \times b_{\text{holl}} \times (h_{\text{holl}})^3 \\ &= 1/12 \times 5 \times (5)^3 \\ &= 52,08 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Menghitung Lendutan

$$\begin{aligned} \delta_{\text{terjadi}} &= \left(\frac{5}{384} \times q \times \frac{L^4}{E \times I} \right) + \left(\frac{1}{48} \times P \times \frac{L^3}{E \times I} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} \times 0,1963 \times \frac{50^4}{2000000 \times 52,08} \right) + \\ &\quad \left(\frac{1}{48} \times 60 \times \frac{50^3}{2000000 \times 52,08} \right) \\ &= 0,0017 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{ijin}} &= \frac{L}{300} \\ &= \frac{50}{300} \\ &= 0,17 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\text{Syarat :} \quad \delta_{\text{terjadi}} \leq \delta_{\text{ijin}} \\ 0,0017 \text{ cm} < 0,17 \text{ cm} \dots \dots \text{OK!}$$

➤ *Hollow pada sisi p*

- Menghitung Beban Terpusat Multiplek
Pada perhitungan kekuatan phenolic sebelumnya, telah didapatkan nilai q untuk multiplek kolom pada sisi p yaitu sebesar 2,4 kg/cm. Beban tersebut kemudian dijadikan beban terpusat yang akan diterima oleh besi hollow.

$$\begin{aligned} P_{\text{mult}} &= 0,5 \times q_{\text{mult}} \times \text{jarak hollow} \\ &= 0,5 \times 2,4 \times 20 \\ &= 24 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Menghitung Beban Sendiri Hollow
 $q_{\text{holl}} = \text{BJ hollow} \times b_{\text{holl}} \times h_{\text{holl}}$
 $= 7850 \times 0,05 \times 0,05$
 $= 19,63 \text{ kg/m}$

- Menghitung Inersia
 $I = 1/12 \times b_{\text{holl}} \times (h_{\text{holl}})^3$
 $= 1/12 \times 5 \times (5)^3$
 $= 52,08 \text{ cm}^4$

- Menghitung Lendutan

$$\begin{aligned} \delta_{\text{terjadi}} &= \left(\frac{5}{384} \times q \times \frac{L^4}{E \times I} \right) + \left(\frac{1}{48} \times P \times \frac{L^3}{E \times I} \right) \\ &= \left(\frac{5}{384} \times 0,1963 \times \frac{50^4}{2000000 \times 52,08} \right) + \\ &\quad \left(\frac{1}{48} \times 24 \times \frac{50^3}{2000000 \times 52,08} \right) \\ &= 0,0008 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{ijin}} &= \frac{L}{300} \\ &= \frac{50}{300} \\ &= 0,17 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Syarat :} & \delta_{\text{terjadi}} & \leq \delta_{\text{ijin}} \\ & 0,0008 \text{ cm} & < 0,17 \text{ cm} \dots \text{OK!} \end{array}$$

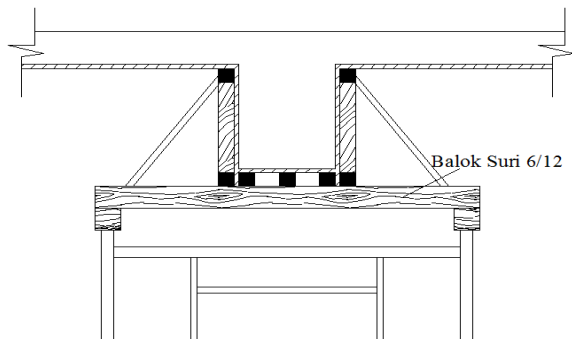
Berdasarkan dari hasil perhitungan, material besi hollow dengan dimensi 50.50.1,6 ini dapat digunakan sebagai bekisting untuk struktur kolom yang memiliki dimensi 40 x 100 cm. Karena

material besi hollow kuat terhadap syarat lendutan yang diijinkan, dimana $\delta_{\text{terjadi}} = 0,0008 \text{ cm}$.

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.1

4.1.3 Perhitungan Kekuatan Balok Suri

- Balok



Gambar 4. 5 Sketsa Perkuatan Balok Suri Pada Balok

Kekuatan suri untuk balok yang ditinjau yaitu seperti yang terlihat pada gambar 4.5. Balok suri yang digunakan untuk menopang multiplek bekisting balok ini terbuat dari kayu glugu berukuran 6/12 x 120 cm. kayu glugu termasuk ke dalam golongan kayu dengan kelas kuat III dimana memiliki modulus elastisitas (E) sebesar 80.000 kg/cm² dan $\sigma_{\text{t,ijin}} = 75 \text{ kg/cm}^2$ serta memiliki berat jenis sebesar 400 kg/m³. Beban - beban yang akan diterima oleh balok suri yaitu terdiri dari beban akibat multiplek, beban akibat besi hollow, dan beban sendiri suri. Contoh perhitungan kekuatan balok suri pada balok adalah sebagai berikut.

Dimensi Balok :

Lebar balok (b) = 0,30 m

Tinggi balok (h) = 0,50 m

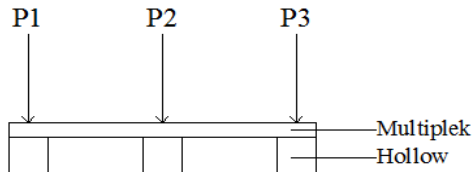
Lebar suri (b_{suri})	= 0.06 m
Tinggi suri (h_{suri})	= 0.12 m
Jarak suri	= 0,50 m
Jarak hollow	= 0.15 m
Jarak gelagar	= 1.20 m
BJ suri	= 400 kg/m ³
BJ hollow	= 7850 kg/m ³

▪ Menghitung Beban Terpusat Multiplek

Pada perhitungan kekuatan phenolic sebelumnya, telah didapatkan nilai q untuk multiplek balok dengan dimensi 30/50 yaitu sebesar 652,48 kg/m. Beban tersebut kemudian dijadikan beban terpusat yang akan diterima oleh besi hollow. Karena balok memiliki lebar sebesar 0.30 m maka banyaknya besi hollow yang akan dipakai yaitu

$$\begin{aligned}
 n \text{ hollow} &= \frac{b}{\text{jarak hollow}} + 1 \\
 &= \frac{0.30}{0.15} + 1 \\
 &= 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Karena jumlah besi hollow untuk balok ini adalah sebanyak 3 buah, maka beban multiplek akan disalurkan pada ketiga material hollow tersebut seperti yang terlihat pada gambar 4.6.

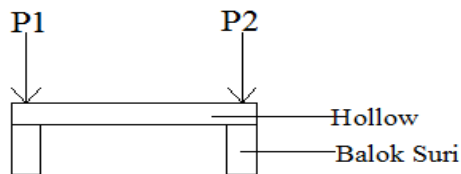


Gambar 4. 6 Beban Multiplek Pada Balok (Tampak Depan)

$$\begin{aligned}
 P1_{\text{mult}} &= 0,5 \times q_{\text{mult}} \times \text{jarak hollow} \\
 &= 0,5 \times 652,48 \times 0.15 \\
 &= 48,94 \text{ kg} \\
 P2_{\text{mult}} &= q_{\text{mult}} \times \text{jarak hollow} \\
 &= 652,48 \times 0.15 \\
 &= 97,87 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P3_{\text{mult}} &= 0,5 \times q_{\text{mult}} \times \text{jarak hollow} \\
 &= 0,5 \times 652,48 \times 0.15 \\
 &= 48,94 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Beban Terpusat Hollow
Untuk berat sendiri hollow, dihitung berdasarkan antar suri, kemudian dijadikan beban terpusat agar dapat diketahui berapa beban yang diterima oleh balok suri akibat besi hollow tersebut seperti yang terlihat pada gambar 4.7



Gambar 4. 7 Beban Hollow Pada Balok (Tampak Samping)

$$\begin{aligned}
 P1_{\text{holl}} &= 0,5 \times \text{BJ hollow} \times b_{\text{holl}} \times h_{\text{holl}} \times \text{jarak suri} \\
 &= 0,5 \times 7850 \times 0.05 \times 0.05 \times 0.5 \\
 &= 4,91 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Berat Sendiri Suri

$$\begin{aligned}
 q_{\text{suri}} &= \text{BJ suri} \times b_{\text{suri}} \times h_{\text{suri}} \\
 &= 400 \times 0.06 \times 0.12 \\
 &= 2,88 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Momen

$$\begin{aligned}
 \text{Momen b. merata} &= 1/8 \times q \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 2,88 \times (1,20)^2 \\
 &= 0,518 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen b. terpusat} &= [0,5 \times ((3 \times P1_{\text{holl}}) + P1_{\text{mult}} + P2_{\text{mult}} + \\
 &P3_{\text{mult}}) \times 0,5L] - [(P1_{\text{mult}} + P1_{\text{holl}}) \times 0.15] \\
 &= [0,5 \times ((3 \times 4,91) + 48,94 + 97,87 + \\
 &48,94) \times 0,5 \times 1,2] - [(48,94 + 4,91) \times \\
 &0.15] \\
 &= 55,0665 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\text{Momen Total} = 0,518 + 55,0665$$

$$= 55,5805 \text{ kgm} \approx 5558,05 \text{ kgcm}$$

- Menghitung Inersia

$$\begin{aligned} I &= 1/12 \times b \text{ suri} \times (h \text{ suri})^3 \\ &= 1/12 \times 0,06 \times (0,12)^3 \\ &= 8,64 \times 10^{-6} \text{ m}^4 \approx 864 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

- Menghitung W

$$\begin{aligned} W &= 1/6 \times b \text{ suri} \times (h \text{ suri})^2 \\ &= 1/6 \times 0,06 \times (0,12)^2 \\ &= 1,44 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \approx 144 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

- Menghitung Tegangan Lentur

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{terjadi}} &= \frac{M_{\text{tot}}}{W} \\ &= \frac{5558,05}{144} \\ &= 38,6 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Syarat :} & \sigma_{\text{terjadi}} & \leq \sigma_{\text{ijin}} \\ & 38,6 \text{ kg/cm}^2 & < 75 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK!} \end{array}$$

- Menghitung Lendutan

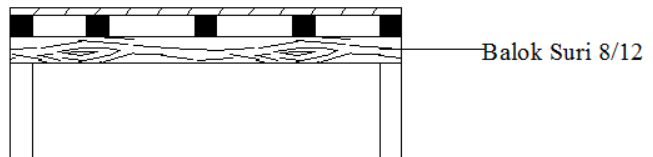
$$\begin{aligned} \delta_{\text{terjadi}} &= \frac{5}{384} \times q \times \frac{L^4}{E \times I} + \frac{1}{12} \times M \times \frac{L^2}{E \times I} \\ &= \frac{5}{384} \times 0,0288 \times \frac{120^4}{80000 \times 864} + \\ &\quad \frac{1}{12} \times 5558,05 \times \frac{120^2}{80000 \times 864} \\ &= 0,10 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{ijin}} &= \frac{L}{300} \\ &= \frac{120}{300} \\ &= 0,40 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Syarat :} & \delta_{\text{terjadi}} & \leq \delta_{\text{ijin}} \\ & 0,10 \text{ cm} & < 0,40 \text{ cm} \dots \dots \text{OK!} \end{array}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan, material balok suri jenis kayu glugu dengan dimensi 6/12 cm ini dapat digunakan sebagai perancah untuk struktur balok yang memiliki dimensi 30/50 cm. Karena material balok suri kuat terhadap syarat lentur dan lendutan balok yang diijinkan, dimana $\sigma_{\text{terjadi}} = 38,6 \text{ kg/cm}^2$ dan $\delta_{\text{terjadi}} = 0,10 \text{ cm}$.

- Plat



Gambar 4. 8 Sketsa Perkuatan Balok Suri Pada Plat

Kekuatan suri untuk plat yang ditinjau yaitu seperti yang terlihat pada gambar 4.8. Untuk bekisting plat, balok suri yang digunakan juga terbuat dari kayu glugu namun dimensi kayu yang dipakai adalah 8/12 cm dengan panjang suri 1 m. Beban - beban yang akan diterima oleh balok suri pada plat yaitu terdiri dari beban akibat multiplek, beban akibat besi hollow, dan beban sendiri suri. Contoh perhitungan kekuatan balok suri pada plat adalah sebagai berikut.

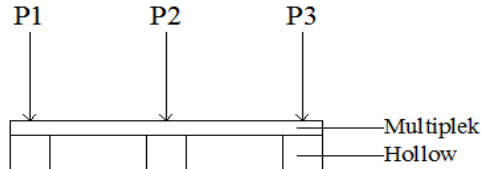
Dimensi Plat :

Lebar plat (b)	= 2,15 m
Panjang plat (p)	= 4,23 m
Lebar suri (b_{suri})	= 0.08 m
Tinggi suri (h_{suri})	= 0.12 m
Jarak suri	= 1,00 m
Jarak hollow	= 0,50 m
Panjang suri (L)	= 1,00 m
BJ suri	= 400 kg/m ³
BJ hollow	= 7850 kg/m ³

- Menghitung Beban Terpusat Multiplek

Pada perhitungan kekuatan phenolic sebelumnya, telah didapatkan nilai q untuk multiplek plat dengan dimensi 2,15 x 4,23 m yaitu sebesar 392,95 kg/m. Beban tersebut kemudian dijadikan beban terpusat yang akan diterima oleh besi hollow. Karena jarak antar support selebar 1,00 m maka banyaknya besi hollow yang akan dipakai yaitu

$$\begin{aligned} n \text{ hollow} &= \frac{\text{jarak support}}{\text{jarak hollow}} + 1 \\ &= \frac{1,00}{0,50} + 1 \\ &= 3 \text{ buah} \end{aligned}$$



Gambar 4. 9 Beban Multiplek Pada Plat (Tampak Depan)

Jumlah besi hollow per antar jarak support untuk plat adalah sebanyak 3 buah, maka beban multiplek akan disalurkan pada ketiga material hollow tersebut seperti terlihat pada gambar 4.9.

$$\begin{aligned} P1_{\text{mult}} &= 0,5 \times q_{\text{mult}} \times \text{jarak hollow} \\ &= 0,5 \times 392,95 \times 0,5 \\ &= 98,24 \text{ kg} \end{aligned}$$

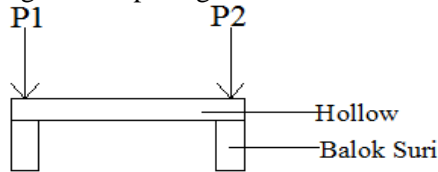
$$\begin{aligned} P2_{\text{mult}} &= q_{\text{mult}} \times \text{jarak hollow} \\ &= 392,95 \times 0,5 \\ &= 196,48 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P3_{\text{mult}} &= 0,5 \times q_{\text{mult}} \times \text{jarak hollow} \\ &= 0,5 \times 392,95 \times 0,5 \\ &= 98,24 \text{ kg} \end{aligned}$$

- Menghitung Beban Terpusat Hollow

Untuk berat sendiri hollow, dihitung berdasarkan antar suri, kemudian dijadikan beban terpusat agar dapat diketahui berapa

beban yang diterima oleh balok suri akibat besi hollow tersebut seperti yang terlihat pada gambar 4.10



Gambar 4. 10 Beban Hollow Pada Plat (Tampak Samping)

$$\begin{aligned}
 P1_{\text{holl}} &= 0,5 \times \text{BJ hollow} \times b_{\text{holl}} \times h_{\text{holl}} \times \text{jarak suri} \\
 &= 0,5 \times 7850 \times 0,05 \times 0,05 \times 1,00 \\
 &= 9,81 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Berat Sendiri Suri

$$\begin{aligned}
 q_{\text{suri}} &= \text{BJ suri} \times b_{\text{suri}} \times h_{\text{suri}} \\
 &= 400 \times 0,08 \times 0,12 \\
 &= 3,84 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Momen

$$\begin{aligned}
 \text{Momen b. merata} &= 1/8 \times q \times L^2 \\
 &= 1/8 \times 3,84 \times (1,00)^2 \\
 &= 0,48 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen b. terpusat} &= [0,5 \times ((3 \times P1_{\text{holl}}) + P1_{\text{mult}} + P2_{\text{mult}} + \\
 &P3_{\text{mult}}) \times 0,5L] - [(P1_{\text{mult}} + P1_{\text{holl}}) \times 0,5L] \\
 &= [0,5 \times ((3 \times 9,81) + 98,24 + 196,48 + \\
 &98,24) \times 0,5 \times 1,00] - [(98,24 + 9,81) \times \\
 &0,5 \times 1,00] \\
 &= 51,5725 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen Total} &= 0,48 + 51,5725 \\
 &= 52,0519 \text{ kgm} \approx 5205,19 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Inersia

$$\begin{aligned}
 I &= 1/12 \times b \text{ suri} \times (h \text{ suri})^3 \\
 &= 1/12 \times 0,08 \times (0,12)^3 \\
 &= 1,152 \times 10^{-5} \text{ m}^4 \approx 1152 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

- Menghitung W

$$\begin{aligned}
 W &= 1/6 \times b \text{ suri} \times (h \text{ suri})^2 \\
 &= 1/6 \times 0,08 \times (0,12)^2 \\
 &= 1,92 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \approx 192 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

- Menghitung Tegangan Lentur

$$\begin{aligned}\sigma_{t_{\text{terjadi}}} &= \frac{M_{\text{tot}}}{W} \\ &= \frac{5205,19}{192} \\ &= 27,11 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{array}{l} \text{Syarat :} \\ 27,11 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \leq \begin{array}{l} \sigma_{t_{\text{ijin}}} \\ < 75 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK!} \end{array}$$

- Menghitung Lendutan

$$\begin{aligned}\delta_{\text{terjadi}} &= \frac{5}{384} \times q \times \frac{L^4}{E \times I} + \frac{1}{12} \times M \times \frac{L^2}{E \times I} \\ &= \frac{5}{384} \times 0,0384 \times \frac{100^4}{80000 \times 1152} + \\ &\quad \frac{1}{12} \times 5205,19 \times \frac{100^2}{80000 \times 1152} \\ &= 0,05 \text{ cm}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta_{\text{ijin}} &= \frac{L}{300} \\ &= \frac{100}{300} \\ &= 0,33 \text{ cm}\end{aligned}$$

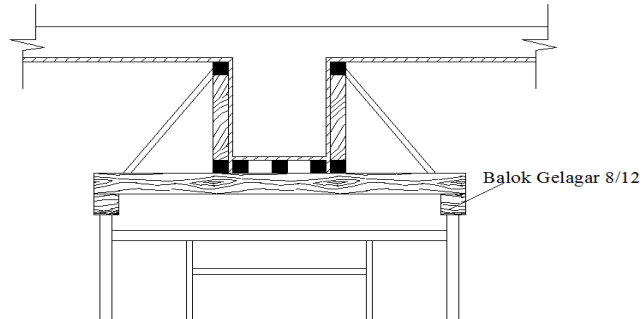
$$\begin{array}{l} \text{Syarat :} \\ 0,05 \text{ cm} \end{array} \leq \begin{array}{l} \delta_{\text{ijin}} \\ < 0,33 \text{ cm} \dots \dots \text{OK!} \end{array}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan, material balok suri jenis kayu glugu dengan dimensi 8/12 cm ini dapat digunakan sebagai perancah untuk struktur plat yang memiliki ketebalan 12 cm. Karena material balok suri kuat terhadap syarat lentur dan lendutan plat yang diijinkan, dimana $\sigma_{t_{\text{terjadi}}} = 27,11 \text{ kg/cm}^2$ dan $\delta_{\text{terjadi}} = 0,05 \text{ cm}$.

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.1.

4.1.4 Perhitungan Kekuatan Balok Gelagar

- Balok



Gambar 4. 11 Sketsa Perkuatan Balok Gelagar Pada Balok

Untuk satu jenis balok akan dipasang balok gelagar sebanyak 2 buah. Kekuatan gelagar untuk balok yang ditinjau yaitu seperti yang terlihat pada gambar 4.11. Sama seperti balok suri, balok gelagar terbuat dari kayu glugu yang memiliki dimensi 8/12 cm. Dan pada perhitungan kekuatan balok gelagar ini, semua beban yang menumpu pada balok gelagar akan dijumlahkan kemudian dibagi menjadi 2. Contoh perhitungan kekuatan balok gelagar adalah sebagai berikut.

Dimensi Balok :

Lebar balok (b)	= 0,30 m
Tinggi balok (h)	= 0,50 m
Lebar gelagar (b _{gel})	= 0.08 m
Tinggi gelagar (h _{gel})	= 0.12 m
Jarak suri	= 0,50 m
Jarak hollow	= 0.15 m
Panjang gelagar (L)	= 1.80 m
Panjang suri	= 1,20 m
BJ suri	= 400 kg/m ³
BJ hollow	= 7850 kg/m ³
BJ gelagar	= 400 kg/m ³

- Menghitung Beban Terpusat Multiplek

Pada perhitungan sebelumnya, telah didapatkan nilai beban terpusat yang diterima oleh balok suri. Beban tersebut kemudian dijadikan beban terpusat yang akan diterima oleh balok gelagar.

$$\begin{aligned} P_{\text{mult}} &= 0,5 \times (P1_{\text{mult}} + P2_{\text{mult}} + P3_{\text{mult}}) \\ &= 0,5 \times (48,94 + 97,87 + 48,94) \\ &= 97,87 \text{ kg} \end{aligned}$$

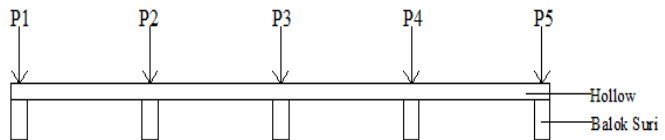
- Menghitung Beban Terpusat Hollow

Panjang untuk 1 gelagar (L) adalah 1,8 m, maka banyaknya balok suri yang akan menumpu pada gelagar adalah

$$\begin{aligned} n \text{ suri} &= \frac{L}{\text{jarak suri}} + 1 \\ &= \frac{1,8}{0,5} + 1 \\ &= 5 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena hollow menumpu langsung pada balok suri, maka beban terpusat akibat hollow yang akan diterima oleh balok gelagar adalah 5 beban ($P1_{\text{holl}}$, $P2_{\text{holl}}$, $P3_{\text{holl}}$, $P4_{\text{holl}}$, $P5_{\text{holl}}$).

Dan telah disebutkan sebelumnya, bahwa balok dengan dimensi 30/50 ini memakai besi hollow sebanyak 3 buah. Sehingga, perhitungan beban terpusat hollow yang akan diterima oleh balok gelagar adalah sebagai berikut :



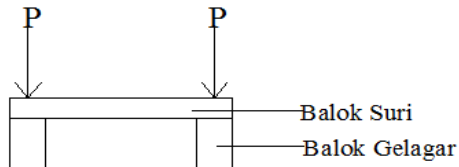
Gambar 4. 12 Beban Hollow Pada Plat (Tampak Samping)

1. $P1_{\text{holl}}$, $P5_{\text{holl}}$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} \times (\frac{1}{2} \times \text{BJ hollow} \times b_{\text{holl}} \times h_{\text{holl}} \times \text{jarak suri} \times n \text{ hollow}) \\ &= \frac{1}{2} \times (\frac{1}{2} \times 7850 \times 0,05 \times 0,05 \times 0,5 \times 3) \\ &= 7,36 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 2. \quad & P_{2\text{holl}}, P_{3\text{holl}}, P_{4\text{holl}} \\
 &= \frac{1}{2} \times (2 \times \frac{1}{2} \times \text{BJ hollow} \times b_{\text{holl}} \times h_{\text{holl}} \times \text{jaraksuri} \times n \\
 &\quad \text{hollow}) \\
 &= \frac{1}{2} \times (2 \times \frac{1}{2} \times 7850 \times 0,05 \times 0,05 \times 0,5 \times 3) \\
 &= 14,72 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Beban Terpusat Suri



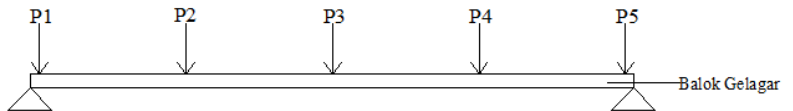
Gambar 4. 13 Beban Suri Pada Plat (Tampak Depan)

$$\begin{aligned}
 P_{\text{suri}} &= 0,5 \times \text{BJ suri} \times b_{\text{suri}} \times h_{\text{suri}} \times L_{\text{suri}} \\
 &= 0,5 \times 400 \times 0,06 \times 0,12 \times 1,2 \\
 &= 1,73 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- Menghitung Beban Gelagar

Sehingga, total beban yang diterima oleh balok gelagar adalah:

1. Beban Terpusat



Gambar 4. 14 Beban Pada Balok Gelagar

- a. P1 & P5

$$\begin{aligned}
 &= P_{\text{mult}} + P_{1\text{holl}}, P_{5\text{holl}} + P_{\text{suri}} \\
 &= 97,87 + 7,36 + 1,73 \\
 &= 106,96 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

- b. P2 , P3 & P4

$$= P_{\text{mult}} + P_{2\text{holl}}, P_{3\text{holl}}, P_{4\text{holl}} + P_{\text{suri}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 97,87 + 14,72 + 1,73 \\
 &= 114,32 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

2. Beban Merata

$$\begin{aligned}
 q &= \text{BJ gelagar} \times \text{b gelagar} \times \text{h gelagar} \\
 &= 400 \times 0,08 \times 0,12 \\
 &= 3,84 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

▪ Menghitung Ra/Rb

$$\begin{aligned}
 \text{Ra} &= \frac{P1 \times 1,8 + P2 \times 1,3 + P3 \times 0,8 + P4 \times 0,3}{1,8} \\
 &= \frac{106,96 \times 1,8 + 114,32 \times 1,3 + 114,32 \times 0,8 + 114,32 \times 0,3}{1,8} \\
 &= 259,38 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

▪ Menghitung Momen

$$\begin{aligned}
 M &= 1/8 \times q \times L^2 + \text{Ra} \times 0,5L - P1 \times 0,5L - P2 \times 0,4 \\
 &= 1/8 \times 3,84 \times 1,8^2 + 259,38 \times 0,5 \times 1,8 - 106,96 \times 0,5 \times \\
 &\quad 1,8 - 114,32 \times 0,4 \\
 &= 93,0096 \text{ kgm} \approx 9300,96 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

▪ Menghitung Inersia

$$\begin{aligned}
 I &= 1/12 \times \text{b gelagar} \times (\text{h gelagar})^3 \\
 &= 1/12 \times 0,08 \times (0,12)^3 \\
 &= 1,152 \times 10^{-5} \text{ m}^4 \approx 1152 \text{ cm}^4
 \end{aligned}$$

▪ Menghitung W

$$\begin{aligned}
 W &= 1/6 \times \text{b gelagar} \times (\text{h gelagar})^2 \\
 &= 1/6 \times 0,08 \times (0,12)^2 \\
 &= 1,92 \times 10^{-4} \text{ m}^3 \approx 192 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

▪ Menghitung Tegangan Lentur

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\text{tjadi}} &= \frac{M_{\text{tot}}}{W} \\
 &= \frac{9300,96}{192} \\
 &= 48,4 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Syarat :} & \sigma_{t_{\text{terjadi}}} & \leq \sigma_{t_{\text{ijin}}} \\ & 48,4 \text{ kg/cm}^2 & < 75 \text{ kg/cm}^2 \dots \text{OK!} \end{array}$$

▪ Menghitung Lendutan

$$\begin{aligned} \delta_{\text{terjadi}} &= \frac{5}{384} \times q \times \frac{L^4}{E \times I} + \frac{1}{12} \times M \times \frac{L^2}{E \times I} \\ &= \frac{5}{384} \times 0,0384 \times \frac{180^4}{80000 \times 1152} + \\ &\quad \frac{1}{12} \times 9300,96 \times \frac{180^2}{80000 \times 1152} \\ &= 0,28 \text{ cm} \\ \delta_{\text{ijin}} &= \frac{L}{\frac{300}{\frac{180}{300}}} \\ &= 0,60 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{lcl} \text{Syarat :} & \delta_{\text{terjadi}} & \leq \delta_{\text{ijin}} \\ & 0,28 \text{ cm} & < 0,60 \text{ cm} \dots \dots \text{OK!} \end{array}$$

Berdasarkan dari hasil perhitungan, material balok gelagar jenis kayu glugu dengan dimensi 8/12 cm ini dapat digunakan sebagai perancah untuk struktur balok yang memiliki dimensi 30/50 cm. Karena material balok gelagar kuat terhadap syarat lentur dan lendutan balok yang diijinkan, dimana $\sigma_{t_{\text{terjadi}}} = 48,4 \text{ kg/cm}^2$ dan $\delta_{\text{terjadi}} = 0,28 \text{ cm}$.

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.1.

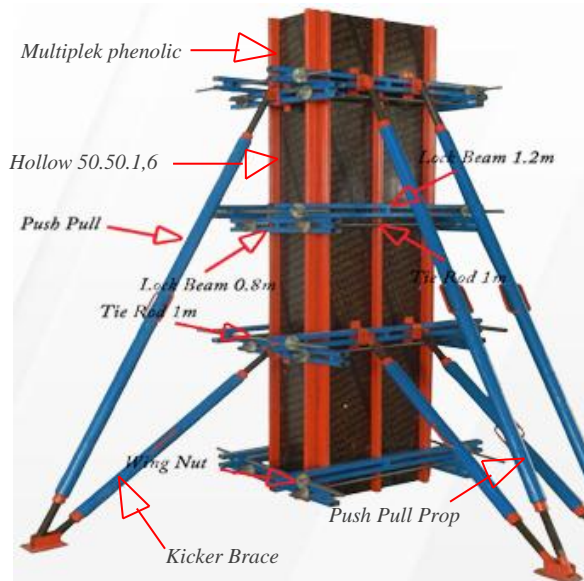
4.2 Analisa Kebutuhan Material

Setelah melakukan analisa terhadap kekuatan bekisting, selanjutnya melakukan analisa kebutuhan material. Tujuan dilakukannya analisa ini adalah untuk mengetahui apa saja dan berapa jumlah kebutuhan material bekisting untuk struktur kolom, balok, dan plat pada setiap lantainya. Dimana jumlah dari setiap

kebutuhan material bekisting tersebut akan berpengaruh pada jumlah biaya yang akan diperlukan. Kebutuhan material yang akan dihitung yaitu bekisting dengan tipe semi sistem, dimana materialnya merupakan gabungan antara material kayu dengan scaffolding sebagai perancahnya.

4.2.1 Perhitungan Volume Kolom

Berikut ini akan dibahas tentang kebutuhan material yang diperlukan untuk struktur kolom (pada tiap zona) yaitu kebutuhan multiplek, hollow, sekrup, lock beam, tie rod, wing nut dan support sebagai penyangga. Seperti yang terlihat pada gambar 4.15



Gambar 4. 15 Material Bekisting Pada Kolom

- Kolom Lantai 1 Zona 1
Dimensi Kolom AS 2-D :
Lebar kolom (b) = 0,40 m

Panjang kolom (h) = 0,80 m

Tinggi Kolom (L) = 4,50 m

➤ *Kebutuhan Material Multiplek Phenolic*

- Luas sisi b = $2 \times b \times L \times n$
 $= 2 \times 0,4 \times 4,5 \times 1$
 $= 3,60 \text{ m}^2$
- Luas sisi h = $2 \times h \times L \times n$
 $= 2 \times 0,8 \times 4,5 \times 1$
 $= 7,20 \text{ m}^2$
- Luas Total = Luas sisi b + Luas sisi h
 $= 3,60 \text{ m}^2 + 7,20 \text{ m}^2$
 $= 10,80 \text{ m}^2$

▪ Kebutuhan Multiplek

Karena di pasaran untuk 1 lembar multiplek memiliki dimensi 1,22m x 2,44m, maka banyaknya multiplek yang dibutuhkan untuk kolom AS 2-D pada lantai 1 zona 1 ini adalah,

$$\begin{aligned} \text{Multiplek} &= \frac{\text{Luas Total}}{1,22 \times 2,44} \\ &= \frac{10,80}{1,22 \times 2,44} \\ &= 3,62 \text{ lembar} \approx 4 \text{ lembar} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Hollow*

Direncanakan jarak antar hollow adalah 0,2m

- Hollow sisi b = $2 \times \frac{b}{\text{jarak hollow}} + 1 \times L$
 $= 2 \times \frac{0,40}{0,20} + 1 \times 4,5$
 $= 27 \text{ m}$
- Hollow sisi h = $2 \times \frac{h}{\text{jarak hollow}} + 1 \times L$
 $= 2 \times \frac{0,80}{0,20} + 1 \times 4,5$
 $= 45 \text{ m}$
- Kebutuhan Hollow

Karena di pasaran untuk 1 batang hollow memiliki panjang 6 m, maka banyaknya hollow yang dibutuhkan untuk kolom AS 2-D pada lantai 1 zona 1 ini adalah,

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \frac{\text{Hollow sisi b} + \text{Hollow sisi h}}{6 \text{ m}} \\ &= \frac{27 + 45}{6} \\ &= 12 \text{ batang} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Sekrup*

Kebutuhan sekrup untuk bekisting kolom adalah 2,73kg/10m². Maka,

$$\begin{aligned} \text{Sekrup} &= \frac{\text{Luas Total}}{10\text{m}^2} \times 2,73\text{kg} \\ &= \frac{10,8}{10} \times 2,73 \\ &= 2,95 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena di pasaran material sekrup dijual per buah, sehingga untuk mengetahui jumlah sekrup yang dibutuhkan dibagi dengan berat sekrup

$$\begin{aligned} \text{Sekrup} &= \frac{\text{kebutuhan sekrup}}{\text{berat sekrup}} \\ &= \frac{2,95 \text{ kg}}{0,022 \text{ kg}} \\ &= 135 \text{ buah} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Lock Beam (LB)*

Lock beam terbuat dari double besi hollow yang dipasang mengelilingi sisi kolom yang berfungsi sebagai sabuk kolom. Direncanakan jarak antar lock beam adalah 0,5 m.

$$\begin{aligned} \text{LB sisi b} &= 2 \times 0,8\text{m} \times \frac{L}{\text{jarak LB}} \times 2\text{bh} \\ &= 2 \times 0,8 \times \frac{4,50}{0,5} \times 2 \\ &= 28,80 \text{ m} \\ \text{LB sisi h} &= 2 \times 1,2\text{m} \times \frac{L}{\text{jarak LB}} \times 2\text{bh} \end{aligned}$$

$$= 2 \times 1,2 \times \frac{4,50}{0,5} \times 2$$

$$= 43,20 \text{ m}$$

- **Kebutuhan Hollow**

Karena di pasaran untuk 1 batang hollow memiliki panjang 6 m, maka banyaknya lock beam yang dibutuhkan untuk kolom AS 2-D pada lantai 1 zona 1 ini adalah,

$$\text{Hollow} = \frac{\text{LB sisi b} + \text{LB sisi h}}{6 \text{ m}}$$

$$= \frac{28,80 + 43,20}{6}$$

$$= 12 \text{ batang}$$

- *Kebutuhan Material Tie Rod*

Tie rod terbuat dari besi yang dipasang di antara double hollow (lock beam) pada keempat sisi kolom, dan berfungsi sebagai pengunci agar bekisting kolom tidak bergerak pada saat pengecoran. Sama seperti lock beam, tie rod dipasang dengan jarak 0,5 m.

- **Tie Rod** = $4 \times \frac{L}{\text{jarak tie rod}}$
- = $4 \times \frac{4,5}{0,5}$
- = 36 buah

- *Kebutuhan Material Wing Nut*

Fungsi wing nut sama seperti tie rod. Wing nut dipasang pada sisi kanan kiri tie rod.

- **Wing nut** = 2 x jumlah tie rod
- = 2 x 36
- = 72 buah

- *Kebutuhan Material Support*

Support yang berfungsi sebagai penyangga untuk bekisting kolom ini terdiri 2 komponen, yaitu push pull

prop dan kicker brace. Yang dimana keduanya sama-sama akan dipasang pada tiap sisi kolom.

- Push Pull Prop = $4 \times n$
 $= 4 \times 1$
 $= 4$ buah
- Kicker Brace = $4 \times n$
 $= 4 \times 1$
 $= 4$ buah

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada tabel 4.1

- Kolom Lantai 1 Zona 2

Dimensi Kolom AS 1-B :

Lebar kolom (b) = 0,40 m

Panjang kolom (h) = 1,00 m

Tinggi Kolom (L) = 4,50 m

➤ *Kebutuhan Material Multiplek Phenolic*

- Luas sisi b = $2 \times b \times L \times n$
 $= 2 \times 0,4 \times 4,5 \times 1$
 $= 3,60 \text{ m}^2$
- Luas sisi h = $2 \times h \times L \times n$
 $= 2 \times 1,00 \times 4,5 \times 1$
 $= 9,00 \text{ m}^2$
- Luas Total = Luas sisi b + Luas sisi h
 $= 3,60 \text{ m}^2 + 9,00 \text{ m}^2$
 $= 12,60 \text{ m}^2$
- Kebutuhan Multiplek

Karena di pasaran untuk 1 lembar multiplek memiliki dimensi 1,22m x 2,44m, maka banyaknya multiplek yang dibutuhkan untuk kolom AS 1-B pada lantai 1 zona 2 ini adalah,

$$\text{Multiplek} = \frac{\text{Luas Total}}{1,22 \times 2,44}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{12,60}{1,22 \times 2,44} \\
 &= 4,20 \text{ lembar} \approx 5 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Hollow*

Direncanakan jarak antar hollow adalah 0,2m

- Hollow sisi b = $2 \times \frac{b}{\text{jarak hollow}} + 1 \times L$
 $= 2 \times \frac{0,40}{0,20} + 1 \times 4,5$
 $= 27 \text{ m}$
- Hollow sisi h = $2 \times \frac{h}{\text{jarak hollow}} + 1 \times L$
 $= 2 \times \frac{1,00}{0,20} + 1 \times 4,5$
 $= 54 \text{ m}$

- *Kebutuhan Hollow*

Karena di pasaran untuk 1 batang hollow memiliki panjang 6 m, maka banyaknya hollow yang dibutuhkan untuk kolom AS 1-B pada lantai 1 zona 2 ini adalah,

$$\begin{aligned}
 \text{Hollow} &= \frac{\text{Hollow sisi b} + \text{Hollow sisi h}}{6 \text{ m}} \\
 &= \frac{27+54}{6} \\
 &= 13,5 \text{ batang} \approx 14 \text{ batang}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Sekrup*

Kebutuhan sekrup untuk bekisting kolom adalah 2,73kg/10m². Maka,

- Sekrup = $\frac{\text{Luas Total}}{10\text{m}^2} \times 2,73\text{kg}$
 $= \frac{12,60}{10} \times 2,73$
 $= 3,44 \text{ kg}$

Karena di pasaran material sekrup dijual per buah, sehingga untuk mengetahui jumlah sekrup yang dibutuhkan dibagi dengan berat sekrup

$$\begin{aligned}
 \text{Sekrup} &= \frac{\text{kebutuhan sekrup}}{\text{berat sekrup}} \\
 &= \frac{3,44 \text{ kg}}{0,022 \text{ kg}} \\
 &= 157 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Lock Beam (LB)*

Lock beam terbuat dari double besi hollow yang dipasang mengelilingi sisi kolom yang berfungsi sebagai sabuk kolom. Direncanakan jarak antar lock beam adalah 0,5 m.

$$\begin{aligned}
 \text{LB sisi b} &= 2 \times 0,8\text{m} \times \frac{L}{\text{jarak LB}} \times 2\text{bh} \\
 &= 2 \times 0,8 \times \frac{4,50}{0,5} \times 2 \\
 &= 28,80 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LB sisi h} &= 2 \times 1,2\text{m} \times \frac{L}{\text{jarak LB}} \times 2\text{bh} \\
 &= 2 \times 1,2 \times \frac{4,50}{0,5} \times 2 \\
 &= 43,20 \text{ m}
 \end{aligned}$$

▪ Kebutuhan Hollow

Karena di pasaran untuk 1 batang hollow memiliki panjang 6 m, maka banyaknya lock beam yang dibutuhkan untuk kolom AS 1-B pada lantai 1 zona 2 ini adalah,

$$\begin{aligned}
 \text{Hollow} &= \frac{\text{LB sisi b} + \text{LB sisi h}}{6 \text{ m}} \\
 &= \frac{28,80 + 43,20}{6} \\
 &= 12 \text{ batang}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Tie Rod*

Tie rod terbuat dari besi yang dipasang di antara double hollow (lock beam) pada keempat sisi kolom, dan berfungsi sebagai pengunci agar bekisting kolom tidak bergerak pada saat pengecoran. Sama seperti lock beam, tie rod dipasang dengan jarak 0,5 m.

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Tie Rod} &= 4 \times \frac{L}{\text{jarak tie rod}} \\
 &= 4 \times \frac{4,5}{0,5} \\
 &= 36 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Wing Nut*

Fungsi wing nut sama seperti tie rod. Wing nut dipasang pada sisi kanan kiri tie rod.

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Wing nut} &= 2 \times \text{jumlah tie rod} \\
 &= 2 \times 36 \\
 &= 72 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Support*

Support yang berfungsi sebagai penyangga untuk bekisting kolom ini terdiri 2 komponen, yaitu push pull prop dan kicker brace. Yang dimana keduanya sama-sama akan dipasang pada tiap sisi kolom.

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Push Pull Prop} &= 4 \times n \\
 &= 4 \times 1 \\
 &= 4 \text{ buah} \\
 \blacksquare \text{ Kicker Brace} &= 4 \times n \\
 &= 4 \times 1 \\
 &= 4 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada tabel 4.2.

Tabel 4. 1 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Kolom Zona 1 Tiap Lantai

REKAPITULASI KEBUTUHAN MATERIAL KOLOM PER LANTAI									
ZONA 1									
LANTAI	Luas (m2)	Phenolic (lembar)	Hollow 50.50.1,6 (batang)	Hollow 20.20.0,6 (batang)	Sekrup (buah)	Tie Rod (buah)	Wing Nut (buah)	Push Pull Prop (buah)	Kicker Brace (buah)
LT. Basement	107,40	37	124	136	1333	408	816	68	68
LT. 1	101,70	35	112	108	1263	324	648	36	36
LT. 2	72,32	25	80	77	898	252	504	36	36
LT. 3	72,32	25	80	77	898	252	504	36	36
LT. 4	72,32	25	80	77	898	252	504	36	36
LT. 5	72,32	25	80	77	898	252	504	36	36
LT. 6	72,32	25	80	77	898	252	504	36	36
LT. 7	72,32	25	80	77	898	252	504	36	36
LT. 8	72,32	25	80	77	898	252	504	36	36
LT. 9	72,32	25	80	77	898	252	504	36	36
LT. 10	72,32	25	80	77	898	252	504	36	36
LT. 11	72,32	25	80	77	898	252	504	36	36
LT. 12	62,55	21	75	92	777	274	548	36	36
LT. Kolam	13,50	5	17	20	168	60	120	24	24
LT. 13	34,80	12	43	56	432	168	336	28	28
LT. 14	32,40	11	41	56	403	168	336	28	28

Tabel 4. 2 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Kolom Zona 2 Tiap Lantai

REKAPITULASI KEBUTUHAN MATERIAL KOLOM PER LANTAI									
ZONA 2									
LANTAI	Luas (m ²)	Phenolic (lembar)	Hollow 50.50.1,6 (batang)	Hollow 20.20.0,6 (batang)	Sekrup (buah)	Tie Rod (buah)	Wing Nut (buah)	Push Pull Prop (buah)	Kicker Brace (buah)
LT. Basement	151,20	51	164	184	1877	552	1104	92	92
LT. 1	114,30	39	111	108	1419	324	648	36	36
LT. 2	81,28	28	79	77	1009	252	504	36	36
LT. 3	81,28	28	79	77	1009	252	504	36	36
LT. 4	81,28	28	79	77	1009	252	504	36	36
LT. 5	81,28	28	79	77	1009	252	504	36	36
LT. 6	81,28	28	79	77	1009	252	504	36	36
LT. 7	81,28	28	79	77	1009	252	504	36	36
LT. 8	81,28	28	79	77	1009	252	504	36	36
LT. 9	81,28	28	79	77	1009	252	504	36	36
LT. 10	81,28	28	79	77	1009	252	504	36	36
LT. 11	81,28	28	79	77	1009	252	504	36	36
LT. 12	73,10	25	80	98	908	294	588	36	36
LT. Kolam									
LT. 13	41,40	14	51	64	514	192	384	32	32
LT. 14	23,40	8	30	40	291	120	240	20	20

4.2.1.1 Kebutuhan Material Kolom Berdasarkan Rotasi

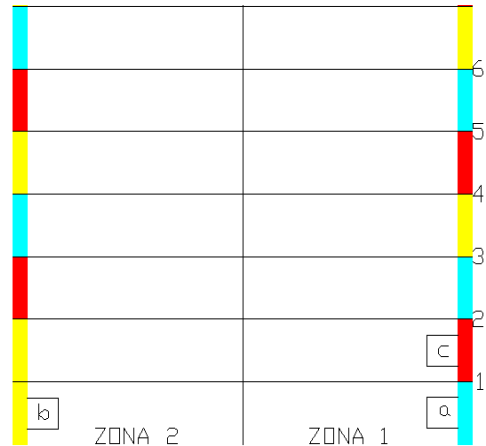
Jika sudah melakukan perhitungan volume material untuk kolom dari masing – masing lantai dan di setiap zonanya, kemudian material tersebut dianalisa kebutuhannya berdasarkan rotasi. Tujuan menganalisa kebutuhan material berdasarkan rotasinya karena terdapat beberapa material yang tidak bisa dipakai secara terus menerus karena memiliki masa pakai tertentu. Dan nantinya juga akan berpengaruh terhadap biaya. Material yang akan ditinjau untuk rotasi pada kolom ini yaitu multiplek phenolic, besi hollow, sekrup, tie rod, wing nut, dan support. Masa pemakaian material kolom dapat dilihat pada tabel 4.3 berikut :

Tabel 4. 3 Masa Pemakaian Material Bekisting Kolom

Material	Masa Pakai
Phenolic 15mm	5 kali pakai
Besi Hollow	Selamanya
Sekrup	Tiap pergantian multiplek
Tie Rod	Selamanya
Wing Nut	Selamanya
Support	Selamanya

**Catatan : pada saat survey lapangan, diperoleh data bahwa material phenolic dapat digunakan 4 hingga 6 kali pakai. Namun dalam penelitian ini, phenolic akan digunakan hanya dalam 5 kali pakai saja karena diasumsikan akan mengalami kerusakan setelah 5 kali pemakaian.*

- Rotasi Material Bekisting Kolom 1,5 lantai
Rotasi material untuk bekisting kolom yang akan dijelaskan berikut adalah rotasi 1,5 lantai. Maksud dari 1,5 lantai di sini yaitu material bekisting yang akan dipersiapkan untuk kolom adalah sebanyak 1,5 lantai penuh.



Gambar 4. 16 Rotasi Kolom 1,5 lantai

Sesuai dengan gambar 4.16, karena material yang akan dipersiapkan sebanyak 1,5 lantai penuh, maka material yang perlu disediakan yaitu material a (biru muda) untuk kolom lantai basement zona 1, material b (kuning) untuk kolom lantai basement zona 2, dan material c (merah) untuk kolom lantai 1 zona 1. Kemudian ketiga material tersebut akan dirotasi. Material a pada lantai basement zona 1 tidak bisa dipindahkan ke lantai 1 zona 2 dikarenakan volume yang lebih kecil, sehingga untuk lantai 1 zona 2 akan digunakan material yang cukup dengan volumenya, yaitu material b. Material a akan diletakkan pada lantai 2 zona 1, sedangkan material c akan diletakkan pada lantai 2 zona 2. Model rotasi tersebut akan dilakukan untuk lantai – lantai selanjutnya secara bergantian dan disesuaikan dengan masa pakainya.

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Untuk rotasi 1,5 lantai, maka perhitungan awal yaitu kebutuhan material untuk kolom dari lantai 0 – lantai basement setengah (lantai 1 zona 1)

➤ *Kebutuhan Material Phenolic*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan phenolic pada lantai 0 - lantai basement setengah yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Phenolic} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1 Z1} \\ &= 37\text{lbr} + 51\text{lbr} + 35\text{lbr} \\ &= 123 \text{ lembar} \end{aligned}$$

Karena phenolic memiliki masa pakai sampai 5 kali, sehingga kebutuhan phenolic ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya. Akan dilakukan pembelian baru bila sudah melebihi masa pakai.

➤ *Kebutuhan Material Hollow 50.50.1,6*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan hollow 50.50.1,6 pada lantai 0 - lantai basement setengah yaitu

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1 Z1} \\ &= 124\text{btg} + 164\text{btg} + 112\text{btg} \\ &= 400 \text{ batang} \end{aligned}$$

Sedangkan hollow, karena memiliki masa pakai selamanya sehingga kebutuhan hollow ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya dan tidak perlu membeli baru.

➤ *Kebutuhan Material Hollow 20.20.0,6*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan hollow 20.20.0,6 pada lantai 0 - lantai basement setengah yaitu

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1 Z1} \\ &= 136\text{btg} + 184\text{btg} + 108\text{btg} \\ &= 428 \text{ batang} \end{aligned}$$

Hollow 20.20.0,6 juga memiliki masa pakai selamanya sehingga kebutuhan hollow ini bisa digunakan kembali

untuk lantai – lantai selanjutnya dan tidak perlu membeli baru.

➤ *Kebutuhan Material Sekrup*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan sekrup pada lantai 0 - lantai basement setengah yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Sekrup} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1 Z1} \\ &= 1333bh + 1263bh + 1877bh \\ &= 4473 \text{ buah} \end{aligned}$$

Untuk sekrup, akan membeli baru setiap ada pergantian multiplex (adanya pembelian baru).

➤ *Kebutuhan Material Tie Rod*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan tie rod pada lantai 0 - lantai basement setengah yaitu

$$\begin{aligned} \text{Tie Rod} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1 Z1} \\ &= 408bh + 552bh + 324bh \\ &= 1284 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena tie rod memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material tie rod ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Wing Nut*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan wing nut pada lantai 0 - lantai basement setengah yaitu

$$\begin{aligned} \text{Wing Nut} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1 Z1} \\ &= 816bh + 1104bh + 648bh \\ &= 2568 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena wing nut memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material wing nut ini juga bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Push Pull Prop*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan push pull prop pada lantai 0 - lantai basement setengah yaitu

$$\begin{aligned} \text{PushPullProp} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1. Z1} \\ &= 68bh + 92bh + 36bh \\ &= 196 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena push pull prop memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material push pull prop ini juga akan digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Kicker Brace*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan kicker brace pada lantai 0 - lantai basement setengah yaitu

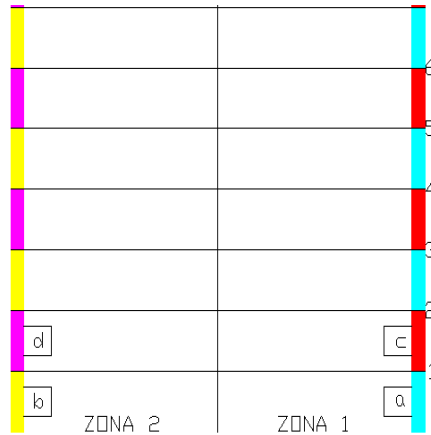
$$\begin{aligned} \text{Kicker Brace} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1 Z1} \\ &= 68bh + 92bh + 36bh \\ &= 196 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena kicker brace memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material kicker brace ini akan digunakan kembali.

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.2

• *Rotasi Material Bekisting Kolom 2 lantai*

Rotasi material untuk bekisting kolom yang akan dijelaskan berikut adalah rotasi 2 lantai. Maksud dari 2 lantai di sini yaitu material bekisting yang akan dipersiapkan untuk kolom adalah sebanyak 2 lantai penuh.



Gambar 4. 17 Rotasi Kolom 2 lantai

Karena material yang akan dipersiapkan sebanyak 2 lantai penuh, maka material yang perlu disediakan yaitu material a (biru muda) untuk kolom lantai basement zona 1, material b (kuning) untuk kolom lantai basement zona 2, material c (merah) untuk kolom lantai 1 zona 1, material d (magenta) untuk kolom lantai 1 zona 2. Keempat material tersebut akan dilakukan rotasi secara bergantian seperti yang terlihat pada gambar 4.17 dan disesuaikan pula dengan masa pakainya.

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Untuk rotasi 2 lantai, maka perhitungan awal yaitu kebutuhan material untuk kolom dari lantai 0 – lantai 1

➤ *Kebutuhan Material Phenolic*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan phenolic pada lantai 0 - lantai 1 yaitu,

$$\begin{aligned}
 \text{Phenolic} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} \\
 &= 37\text{lbr} + 51\text{lbr} + 35\text{lbr} + 39\text{lbr} \\
 &= 162 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$

Karena phenolic memiliki masa pakai sampai 5 kali, sehingga kebutuhan phenolic ini bisa digunakan kembali

untuk lantai – lantai selanjutnya. Akan dilakukan pembelian baru bila sudah melebihi masa pakai.

➤ *Kebutuhan Hollow 50.50.1,6*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan hollow 50.50.1,6 pada lantai 0 - lantai 1 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} \\ &= 124\text{btg} + 164\text{btg} + 112\text{btg} + 111\text{btg} \\ &= 511 \text{ batang} \end{aligned}$$

Sedangkan hollow, karena memiliki masa pakai selamanya sehingga kebutuhan hollow ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya dan tidak perlu membeli baru.

➤ *Kebutuhan Material Hollow 20.20.0,6*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan hollow 20.20.0,6 pada lantai 0 - lantai 1 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} \\ &= 136\text{btg} + 184\text{btg} + 108\text{btg} + 108\text{btg} \\ &= 536 \text{ batang} \end{aligned}$$

Hollow 20.20.0,6 juga memiliki masa pakai selamanya sehingga kebutuhan hollow ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya dan tidak perlu membeli baru.

➤ *Kebutuhan Material Sekrup*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan sekrup pada lantai 0 - lantai 1 yaitu,

$$\text{Sekrup} = \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1Z1} + \text{L.1 Z2}$$

$$= 1333bh + 1263bh + 1877bh + 1419bh$$

$$= 5892 \text{ buah}$$

Untuk sekrup, akan membeli baru setiap ada pergantian multiplek (adanya pembelian baru).

➤ *Kebutuhan Material Tie Rod*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan tie rod pada lantai 0 - lantai 1 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Tie Rod} &= L.\text{Base Z1} + L.\text{Base Z2} + L.1Z1 + L.1 \\ &\quad Z2 \\ &= 408bh + 552bh + 324bh + 324bh \\ &= 1608 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena tie rod memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material tie rod ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Wing Nut*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan wing nut pada lantai 0 - lantai 1 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Wing Nut} &= L.\text{Base Z1} + L.\text{Base Z2} + L.1Z1 + L.1 \\ &\quad Z2 \\ &= 816bh + 1104bh + 648bh + 648bh \\ &= 3216 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena wing nut memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material wing nut ini juga bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Push Pull Prop*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (lihat rekapitulasi volume kolom) kebutuhan push pull prop pada lantai 0 - lantai 1 yaitu

$$\begin{aligned} \text{PushPullProp} &= L.\text{Base Z1} + L.\text{Base Z2} + L.1Z1 + L.1 \\ &\quad Z2 \end{aligned}$$

$$= 68bh + 92bh + 36bh + 36bh$$

$$= 232 \text{ buah}$$

Karena push pull prop memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material push pull prop ini juga akan digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Kicker Brace*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan kicker brace pada lantai 0 - lantai 1 yaitu

- Kicker Brace = L.Base Z1 + L.Base Z2 + L.1Z1 + L.1Z2

$$= 68bh + 92bh + 36bh + 36bh$$

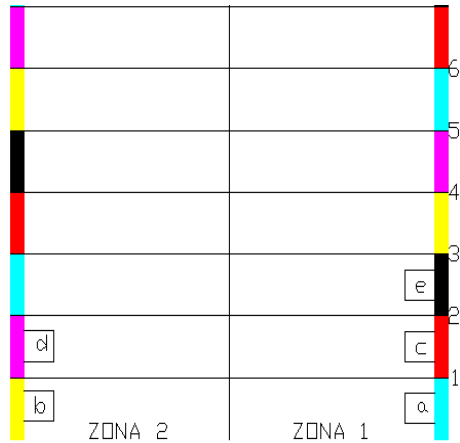
$$= 232 \text{ buah}$$

Karena kicker brace memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material kicker brace ini akan digunakan kembali.

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.2

- Rotasi Material Bekisting Kolom 2,5 lantai

Rotasi material untuk bekisting kolom yang akan dijelaskan berikut adalah rotasi 2,5 lantai. Maksud dari 2,5 lantai di sini yaitu material bekisting yang akan dipersiapkan untuk kolom adalah sebanyak 2,5 lantai penuh.



Gambar 4. 18 Rotasi Kolom 2,5 lantai

Karena material yang akan dipersiapkan sebanyak 2,5 lantai penuh, maka material yang perlu disediakan yaitu material a (biru muda) untuk kolom lantai basement zona 1, material b (kuning) untuk kolom lantai basement zona 2, material c (merah) untuk kolom lantai 1 zona 1, material d (magenta) untuk kolom lantai 1 zona 2, dan material e (hitam) untuk kolom lantai 2 zona 1. Kelima material tersebut akan dilakukan rotasi secara bergantian seperti yang terlihat pada gambar 4.18 dan disesuaikan pula dengan masa pakainya.

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Untuk rotasi 2,5 lantai, maka perhitungan awal yaitu kebutuhan material untuk kolom dari lantai 0 – lantai 1,5

➤ *Kebutuhan Material Phenolic*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (lihat rekapitulasi volume kolom) kebutuhan phenolic pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu,

$$\begin{aligned}
 \text{Phenolic} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1Z1} + \text{L.1} \\
 &\quad \text{Z2} + \text{L.2. Z1} \\
 &= 37\text{lbr} + 51\text{lbr} + 35\text{lbr} + 39\text{lbr} + 25\text{lbr} \\
 &= 187 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$

Karena phenolic memiliki masa pakai sampai 5 kali, sehingga kebutuhan phenolic ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya. Akan dilakukan pembelian baru bila sudah melebihi masa pakai.

➤ *Kebutuhan Hollow 50.50.1,6*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (lihat rekapitulasi volume kolom) kebutuhan hollow 50.50.1,6 pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1 Z1} + \text{L.1} \\ &\quad \text{Z2} + \text{L2. Z1} \\ &= 124\text{btg} + 164\text{btg} + 112\text{btg} + 111\text{btg} + \\ &\quad 80\text{btg} \\ &= 591 \text{ batang} \end{aligned}$$

Sedangkan hollow, karena memiliki masa pakai selamanya sehingga kebutuhan hollow ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya dan tidak perlu membeli baru.

➤ *Kebutuhan Material Hollow 20.20.0,6*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan hollow 20.20.0,6 pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1 Z1} + \text{L.1} \\ &\quad \text{Z2} + \text{L2. Z1} \\ &= 136\text{btg} + 184\text{btg} + 108\text{btg} + 108\text{btg} + \\ &\quad 77\text{btg} \\ &= 613 \text{ batang} \end{aligned}$$

Hollow 20.20.0,6 juga memiliki masa pakai selamanya sehingga kebutuhan hollow ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya dan tidak perlu membeli baru.

➤ *Kebutuhan Material Sekrup*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan sekrup pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu,

$$\begin{aligned}
 \text{Sekrup} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1Z1} + \text{L.1} \\
 &\quad \text{Z2} + \text{L2. Z1} \\
 &= 1333bh + 1263bh + 1877bh + 1419bh \\
 &\quad + 898bh \\
 &= 6790 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Untuk sekrup, akan membeli baru setiap ada pergantian multiplex (adanya pembelian baru).

➤ *Kebutuhan Material Tie Rod*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan tie rod pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

$$\begin{aligned}
 \text{Tie Rod} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1Z1} + \text{L.1} \\
 &\quad \text{Z2} + \text{L2. Z1} \\
 &= 408bh + 552bh + 324bh + 324bh + \\
 &\quad 252bh \\
 &= 1860 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Karena tie rod memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material tie rod ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Wing Nut*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan wing nut pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

$$\begin{aligned}
 \text{Wing Nut} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1Z1} + \text{L.1} \\
 &\quad \text{Z2} + \text{L2. Z1} \\
 &= 816bh + 1104bh + 648bh + 648bh + \\
 &\quad 504bh \\
 &= 3720 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Karena wing nut memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material wing nut ini juga bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Push Pull Prop*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (lihat rekapitulasi volume kolom) kebutuhan push pull prop pada lantai 0 - lantai 1 yaitu

$$\begin{aligned} \text{PushPullProp} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1Z1} + \text{L.1} \\ &\quad \text{Z2} + \text{L2. Z1} \\ &= 68bh + 92bh + 36bh + 36bh + 36bh \\ &= 268 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena push pull prop memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material push pull prop ini juga akan digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Kicker Brace*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.1 dan tabel 4.2) kebutuhan kicker brace pada lantai 0 - lantai 1 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Kicker Brace} &= \text{L.Base Z1} + \text{L.Base Z2} + \text{L.1Z1} + \text{L.1} \\ &\quad \text{Z2} + \text{L2. Z1} \\ &= 68bh + 92bh + 36bh + 36bh + 36bh \\ &= 268 \text{ buah} \end{aligned}$$

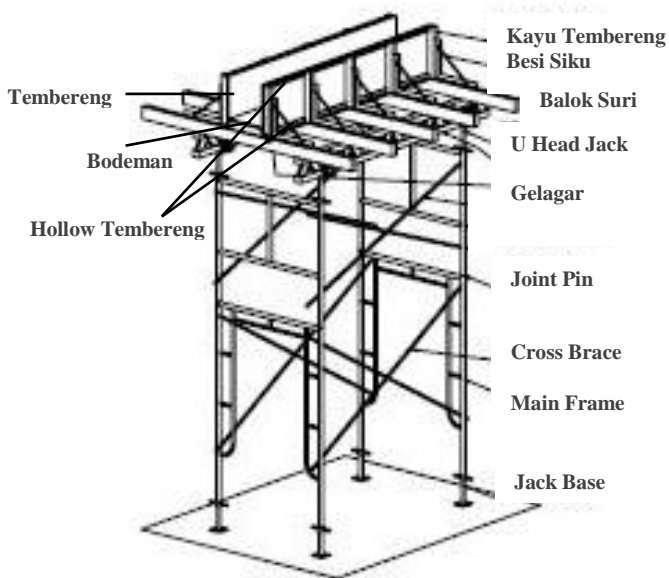
Karena kicker brace memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material kicker brace ini akan digunakan kembali.

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.2.

4.2.2 Perhitungan Volume Balok

Berikut ini akan dibahas tentang kebutuhan material yang diperlukan untuk struktur balok (pada tiap zona) yaitu kebutuhan multiplex, balok suri, balok gelagar, hollow, kayu tembereng,

paku, sekrup, besi siku, perancah dan komponen lainnya. Seperti yang terlihat pada gambar 4.19.



Gambar 4. 19 Material Bekisting Pada Balok

- Balok Lantai 2 Zona 1

Dimensi balok AS C ; 1-2 :

Lebar balok (b) = 0,30 m

Tinggi balok (h) = 0,50 m

Panjang balok (L) = 5,80 m

Tebal plat (t) = 0,12 m

Heff = h - t = 0,38 m

➤ *Kebutuhan Material Multiplek Phenolic*

- Luas bodeman = $b \times L \times n$
= $0,3 \times 5,80 \times 1$
= $1,74 \text{ m}^2$
- Luas Tembereng = $2 \times \text{heff} \times L \times n$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times 0,38 \times 5,80 \times 1 \\
 &= 4,41 \text{ m}^2 \\
 \text{▪ Luas Total} &= \text{L. bod} + \text{L. temb} \\
 &= 1,74 + 4,41 \\
 &= 6,15 \text{ m}^2 \\
 \text{▪ Multiplek} &= \frac{\text{Luas Total}}{1,22 \times 2,44} \\
 &= \frac{6,15}{1,22 \times 2,44} \\
 &= 2,06 \text{ lembar} \approx 3 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Balok Suri*

Balok suri direncanakan menggunakan kayu glugu berukuran 6/12cm x 1,2 m dengan jarak antar suri yaitu 0,5 m.

$$\begin{aligned}
 \text{▪ n Balok Suri} &= \frac{L}{\text{jarak suri}} + 1 \\
 &= \frac{5,80}{0,5} + 1 \\
 &= 12,6 \text{ buah} \approx 13 \text{ buah} \\
 \text{▪ Keb. Balok Suri} &= b_{\text{suri}} \times h_{\text{suri}} \times L_{\text{suri}} \times n \\
 &= 0,06 \times 0,12 \times 1,2 \times 13 \\
 &= 0,112 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Balok Gelagar*

Balok gelagar direncanakan menggunakan kayu glugu berukuran 8/12cm.

$$\begin{aligned}
 \text{▪ Keb. Balok Gelagar} &= 2 \times b_{\text{gel}} \times h_{\text{gel}} \times L \\
 &= 2 \times 0,08 \times 0,12 \times 5,80 \\
 &= 0,111 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Kayu Tembereng*

Kayu tembereng dipasang secara vertikal pada bekisting dinding balok (tembereng). Direncanakan menggunakan kayu glugu ukuran 5/7cm.

- n kayu tembereng = n balok suri
= 13 buah
- Panjang Kayu = $2 \times (\text{heff} - (2 \times 0,05)) \times n$
= $2 \times (0,38 - 0,1) \times 13$
= 7,28 m
- Keb. Kayu = $b_{\text{kayu}} \times h_{\text{kayu}} \times P_{\text{kayu}}$
= $0,05 \times 0,07 \times 7,28$
= $0,025 \text{ m}^3$

➤ *Kebutuhan Material Hollow*

Kebutuhan material hollow terdapat 2 macam, yaitu besi hollow untuk bodeman dan besi hollow untuk tembereng. Besi hollow dipasang secara horizontal. Dan akan digunakan besi hollow dengan ukuran 50.50.1,6mm.

- Hollow bodeman = $\frac{b}{\text{jarak hollow}} + 1 \times L \times n$
= $\frac{0,3}{0,15} + 1 \times 5,80 \times 1$
= 17,40 m
- Hollow tembereng = $2 \times (L \times 2b)$
= $2 \times (5,80 \times 2)$
= 23,20 m

Karena di pasaran untuk 1 batang hollow memiliki panjang 6 m, maka banyaknya hollow yang dibutuhkan untuk balok AS C ; 1-2 pada lantai 2 zona 1 ini adalah,

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \frac{\text{Hollow bod.} + \text{Hollow temb.}}{6 \text{ m}} \\ &= \frac{17,40 + 23,20}{6} \\ &= 6,77 \text{ batang} \approx 7 \text{ batang} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Paku*

Kebutuhan paku untuk bekisting balok adalah $3,64 \text{ kg}/10 \text{ m}^2$. Maka,

- Paku = $\frac{\text{Luas Tembereng}}{10 \text{ m}^2} \times 3,64 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{4,41}{10} \times 3,64 \\
 &= 1,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Sekrup*

Kebutuhan sekrup untuk bekisting balok adalah 3,64kg/10m². Maka,

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Sekrup} &= \frac{\text{Luas Tembereng}}{10\text{m}^2} \times 3,64\text{kg} \\
 &= \frac{4,41}{10} \times 3,64 \\
 &= 1,6 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Karena di pasaran material sekrup dijual perbuah, sehingga untuk mengetahui jumlah sekrup yang dibutuhkan dibagi dengan berat sekrup

$$\begin{aligned}
 \text{Sekrup} &= \frac{\text{kebutuhan sekrup}}{\text{berat sekrup}} \\
 &= \frac{1,6 \text{ kg}}{0,022 \text{ kg}} \\
 &= 73 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Besi Siku*

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Keb. Siku} &= 2 \times n \text{ balok siku} \\
 &= 2 \times 13 \\
 &= 26 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Perancah (Main Frame)*

Untuk mengetahui banyaknya jumlah Main Frame yang akan digunakan, yaitu dengan melihat ketinggian balok tersebut. Main frame yang akan digunakan yaitu tipe T190 dengan jarak antar main frame 1,8 m.

$$\begin{aligned}
 \blacksquare n \text{ Main Frme} &= \frac{L}{\text{jarak main frame}} + 1 \\
 &= \frac{5,8}{1,8} + 1 \\
 &= 4,2 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Karena letak balok As 1 ; A2-B ini berada pada lantai 2, dimana jarak antara lantai 1 dan lantai 2 yaitu 4,5 m, maka perlu adanya penyambungan main frame (main frame disusun bertingkat). Sehingga,

$$\begin{aligned} \text{Keb. Main Frme} &= 2 \times n \text{ main frame} \\ &= 2 \times 5 \text{ buah} \\ &= 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Cross Brace*

$$\begin{aligned} \text{Cross Brace} &= 2 \times 2 \times (n \text{ main frme} - 1) \\ &= 2 \times 2 \times (5 - 1) \\ &= 16 \text{ buah} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Jack Base*

$$\begin{aligned} \text{Keb. Jack base} &= 2 \times n \text{ main frame} \\ &= 2 \times 5 \text{ buah} \\ &= 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material U-Head Jack*

$$\begin{aligned} \text{Keb. U-Head Jack} &= 2 \times n \text{ main frame} \\ &= 2 \times 5 \text{ buah} \\ &= 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Joint Pin*

$$\begin{aligned} \text{Keb. Joint Pin} &= 2 \times n \text{ main frame} \\ &= 2 \times 5 \text{ buah} \\ &= 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada tabel 4.4

• Balok Lantai 2 Zona 2

Dimensi balok AS 1 ; A2-B :

Lebar balok (b) = 0,30 m

Tinggi balok (h) = 0,60 m

Panjang balok (L) = 2,36 m

$$\begin{aligned} \text{Tebal plat (t)} &= 0,12 \text{ m} \\ \text{Heff} &= h - t = 0,48 \text{ m} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Multiplek Phenolic*

- Luas bodeman $= b \times L \times n$
 $= 0,3 \times 2,36 \times 1$
 $= 0,71 \text{ m}^2$
- Luas Tembereng $= 2 \times \text{heff} \times L \times n$
 $= 2 \times 0,48 \times 2,36 \times 1$
 $= 2,27 \text{ m}^2$
- Luas Total $= \text{L. bod} + \text{L. temb}$
 $= 0,71 + 2,27$
 $= 2,98 \text{ m}^2$
- Multiplek $= \frac{\text{Luas Total}}{1,22 \times 2,44}$
 $= \frac{2,98}{2,98}$
 $= \frac{1,22 \times 2,44}{1,22 \times 2,44}$
 $= 1 \text{ lembar}$

➤ *Kebutuhan Material Balok Suri*

Balok suri direncanakan menggunakan kayu glugu berukuran 6/12cm x 1,2 m dengan jarak antar suri yaitu 0,5 m.

- n Balok Suri $= \frac{L}{\text{jarak suri}} + 1$
 $= \frac{2,36}{0,5} + 1$
 $= 5,72 \text{ buah} \approx 6 \text{ buah}$
- Keb. Balok Suri $= b_{\text{suri}} \times h_{\text{suri}} \times L_{\text{suri}} \times n$
 $= 0,06 \times 0,12 \times 1,2 \times 6$
 $= 0,052 \text{ m}^3$

➤ *Kebutuhan Material Balok Gelagar*

Balok gelagar direncanakan menggunakan kayu glugu berukuran 8/12cm.

- Keb. Balok Gelagar $= 2 \times b_{\text{gel}} \times h_{\text{gel}} \times L$

$$\begin{aligned}
 &= 2 \times 0,08 \times 0,12 \times 2,36 \\
 &= 0,045 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Kayu Tembereng*

Kayu tembereng dipasang secara vertikal pada bekisting dinding balok (tembereng). Direncanakan menggunakan kayu glugu ukuran 5/7cm.

- n kayu tembereng = n balok suri
= 6 buah
- Panjang Kayu = $2 \times (\text{heff} - (2 \times 0,05)) \times n$
= $2 \times (0,48 - 0,1) \times 6$
= 4,56 m
- Keb. Kayu = $b_{\text{kayu}} \times h_{\text{kayu}} \times P_{\text{kayu}}$
= $0,05 \times 0,07 \times 4,56$
= $0,016 \text{ m}^3$

➤ *Kebutuhan Material Hollow*

Kebutuhan material hollow terdapat 2 macam, yaitu besi hollow untuk bodeman dan besi hollow untuk tembereng. Besi hollow dipasang secara horizontal. Dan akan digunakan besi hollow dengan ukuran 50.50.1,6mm.

- Hollow bodeman = $\frac{b}{\text{jarak hollow}} + 1 \times L \times n$
= $\frac{0,3}{0,15} + 1 \times 2,36 \times 1$
= 7,08 m
- Hollow tembereng = $2 \times (L \times 2bh)$
= $2 \times (2,36 \times 2)$
= 9,44 m

Karena di pasaran untuk 1 batang hollow memiliki panjang 6 m, maka banyaknya hollow yang dibutuhkan untuk balok AS 1 ; A2-B pada lantai 2 zona 2 ini adalah,

$$\begin{aligned}
 \text{Hollow} &= \frac{\text{Hollow bod.} + \text{Hollow temb.}}{6 \text{ m}} \\
 &= \frac{7,08 + 9,44}{6}
 \end{aligned}$$

$$= 2,75 \text{ batang} \approx 3 \text{ batang}$$

➤ *Kebutuhan Material Paku*

Kebutuhan paku untuk bekisting balok adalah 3,64kg/10m². Maka,

$$\begin{aligned} \text{Paku} &= \frac{\text{Luas Tembereng}}{10\text{m}^2} \times 3,64\text{kg} \\ &= \frac{2,27}{10} \times 3,64 \\ &= 0,82 \text{ kg} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Sekrup*

Kebutuhan sekrup untuk bekisting balok adalah 3,64kg/10m². Maka,

$$\begin{aligned} \text{Sekrup} &= \frac{\text{Luas Tembereng}}{10\text{m}^2} \times 3,64\text{kg} \\ &= \frac{2,27}{10} \times 3,64 \\ &= 0,82 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena di pasaran material sekrup dijual perbuah, sehingga untuk mengetahui jumlah sekrup yang dibutuhkan dibagi dengan berat sekrup

$$\begin{aligned} \text{Sekrup} &= \frac{\text{kebutuhan sekrup}}{\text{berat sekrup}} \\ &= \frac{0,82 \text{ kg}}{0,022 \text{ kg}} \\ &= 38 \text{ buah} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Besi Siku*

$$\begin{aligned} \text{Keb. Siku} &= 2 \times n \text{ balok suri} \\ &= 2 \times 6 \\ &= 12 \text{ buah} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Perancah (Main Frame)*

Untuk mengetahui banyaknya jumlah Main Frame yang akan digunakan, yaitu dengan melihat ketinggian balok

tersebut. Main frame yang akan digunakan yaitu tipe T190 dengan jarak antar main frame 1,8 m.

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad n \text{ Main Frme} &= \frac{L}{\text{jarak main frame}} + 1 \\
 &= \frac{2,36}{1,8} + 1 \\
 &= 2,3 \text{ buah} \approx 3 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Karena letak balok As 1 ; A2-B ini berada pada lantai 2, dimana jarak antara lantai 1 dan lantai 2 yaitu 4,5 m, maka perlu adanya penyambungan main frame (main frame disusun bertingkat). Sehingga,

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad \text{Keb. Main Frme} &= 2 \times n \text{ main frame} \\
 &= 2 \times 3 \text{ buah} \\
 &= 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Cross Brace*

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad \text{Cross Brace} &= 2 \times 2 \times (n \text{ main frme} - 1) \\
 &= 2 \times 2 \times (3 - 1) \\
 &= 8 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Jack Base*

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad \text{Keb. Jack base} &= 2 \times n \text{ main frame} \\
 &= 2 \times 3 \text{ buah} \\
 &= 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material U-Head Jack*

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad \text{Keb. U-Head Jack} &= 2 \times n \text{ main frame} \\
 &= 2 \times 3 \text{ buah} \\
 &= 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Joint Pin*

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \quad \text{Keb. Joint Pin} &= 2 \times n \text{ main frame} \\
 &= 2 \times 3 \text{ buah} \\
 &= 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada tabel 4.5

Tabel 4. 4 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Balok Zona 1 Tiap Lantai

REKAPITULASI KEBUTUHAN MATERIAL BEKISTING BALOK PER LANTAI															
ZONA 1															
LANTAI	Luas (m ²)	Phenolic (lembar)	Kayu 6/12 (m ³)	Kayu 8/12 (m ³)	Hollow 50 (betang)	Kayu 5/7 (m ³)	Besi Siku (buah)	Paku (kg)	Sebrup (buah)	Main Frame (buah)	Cross Brace (buah)	Jack Base (buah)	U Head (buah)	Joint Pin (buah)	Support (buah)
II.1	228,58	77	5,24	4,78	278	0,98	1214	60,16	2735	253	348	506	506	0	0
II.2	119,50	41	3,03	2,67	153	0,50	702	31,48	1432	318	428	318	318	318	0
II.3	119,50	41	3,03	2,67	153	0,50	702	31,48	1432	159	214	318	318	0	0
II.4	119,50	41	3,03	2,67	153	0,50	702	31,48	1432	159	214	318	318	0	0
II.5	116,23	40	2,93	2,59	149	0,48	678	30,61	1392	153	206	306	306	0	0
II.6	116,23	40	2,93	2,59	149	0,48	678	30,61	1392	153	206	306	306	0	0
II.7	119,50	41	3,03	2,67	153	0,50	702	31,48	1432	159	214	318	318	0	0
II.8	116,23	40	2,93	2,59	149	0,48	678	30,61	1392	153	206	306	306	0	0
II.9	116,23	40	2,93	2,59	149	0,48	678	30,61	1392	153	206	306	306	0	0
II.10	116,23	40	2,93	2,59	149	0,48	678	30,61	1392	153	206	306	306	0	0
II.11	119,50	41	3,03	2,67	153	0,50	702	31,48	1432	159	214	318	318	0	0
II.12	116,23	40	2,93	2,59	149	0,48	678	30,61	1392	153	206	306	306	0	0
II. Kolam	169,61	57	1,35	1,27	114	0,73	312	45,22	2066	96	140	192	192	0	28
II.13	65,22	22	1,44	1,33	79	0,27	334	16,92	769	130	184	130	130	130	0
II.14	48,12	17	1,08	0,99	58	0,21	250	12,73	579	50	70	100	100	0	0
II. Atap	49,67	17	1,13	1,04	61	0,21	262	13,20	600	51	72	102	102	0	0

Tabel 4. 5 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Balok Zona 2 Tiap Lantai

REKAPITULASI KEBUTUHAN MATERIAL BEKISTING BALOK PER LANTAI														
ZONA 2														
LANTAI	Luas (m ²)	Phenolic (lembar)	Kayu 6/12 (m ³)	Kayu 8/12 (m ³)	Hollow 50 (batang)	Kayu 5/7 (m ³)	Besi Siku (buah)	Paku (kg)	Sekrup (buah)	Main Frame (buah)	Cross Brace (buah)	Jack Base (buah)	U Head (buah)	Joint Pin (buah)
LT. 1	247,03	83	4,97	4,59	272	1,12	1150	66,16	3008	237	336	474	474	0
LT. 2	119,48	41	2,75	2,47	144	0,52	636	31,68	1441	296	408	296	296	296
LT. 3	119,48	41	2,75	2,47	144	0,52	636	31,68	1441	148	204	296	296	0
LT. 4	116,49	40	2,65	2,39	140	0,51	614	30,89	1404	141	196	282	282	0
LT. 5	114,14	39	2,57	2,33	136	0,50	594	30,26	1376	136	190	272	272	0
LT. 6	119,48	41	2,75	2,47	144	0,52	636	31,68	1441	148	204	296	296	0
LT. 7	114,14	39	2,57	2,33	136	0,50	594	30,26	1376	136	190	272	272	0
LT. 8	119,48	41	2,75	2,47	144	0,52	636	31,68	1441	148	204	296	296	0
LT. 9	119,48	41	2,75	2,47	144	0,52	636	31,68	1441	148	204	296	296	0
LT. 10	114,14	39	2,57	2,33	136	0,50	594	30,26	1376	136	190	272	272	0
LT. 11	114,14	39	2,57	2,33	136	0,50	594	30,26	1376	136	190	272	272	0
LT. 12	116,49	40	2,65	2,39	140	0,51	614	30,89	1404	141	196	282	282	0
LT. Kolam														
LT. 13	95,80	33	2,23	2,03	118	0,41	516	25,23	1147	218	300	218	218	218
LT. 14	57,33	20	1,49	1,31	75	0,25	346	15,11	687	75	100	150	150	0
LT. Atap	40,76	14	1,07	0,95	54	0,17	248	10,89	495	51	68	102	102	0

4.2.2.1 Kebutuhan Material Balok Berdasarkan Rotasi

Jika sudah melakukan perhitungan volume material untuk balok dari masing – masing lantai dan di setiap zonanya, kemudian material tersebut dianalisa kebutuhannya berdasarkan rotasi. Material yang akan ditinjau untuk rotasi pada balok ini yaitu multiplek phenolic, kayu 6/12, kayu 8/12, kayu 5/7, besi hollow, paku, sekrup, main frame, cross brace, jack base, u-head jack, join pin, dan besi siku. Masa pemakaian material balok dapat dilihat pada tabel 4.6 berikut :

Tabel 4. 6 Masa Pemakaian Material Bekisting Balok

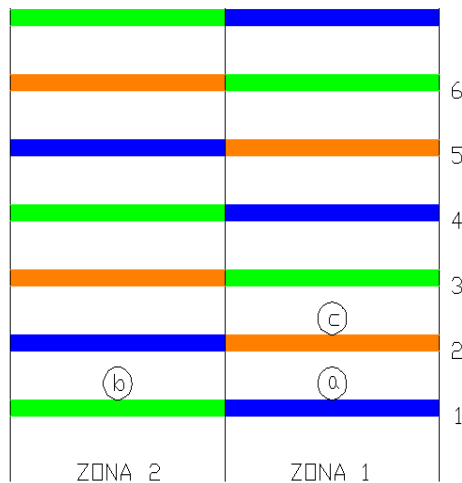
Material	Masa Pakai
Phenolic 15mm	5 kali pakai
Kayu 6/12	Tereduksi 10% tiap lantai
Kayu 8/12	Tereduksi 10% tiap lantai
Kayu 5/7	Tereduksi 10% tiap lantai
Besi Hollow	Selamanya
Paku	Sekali pakai
Sekrup	Tiap pergantian multiplek
Main Frame	Selamanya
Cross Brace	Selamanya
Jack base	Selamanya
U-Head Jack	Selamanya
Join Pin	Selamanya
Besi Siku	Selamanya

**Catatan : pada saat survey lapangan, diperoleh data bahwa material phenolic dapat digunakan 4 hingga 6 kali pakai. Namun dalam penelitian ini, phenolic akan digunakan hanya dalam 5 kali pakai saja karena diasumsikan akan mengalami kerusakan setelah 5 kali pemakaian. Sedangkan untuk material kayu, dapat digunakan untuk selamanya, namun pada penelitian akan*

diasumsikan mengalami reduksi setiap lantai karena akan mengalami kerusakan akibat adanya pemakuan material.

- Rotasi Material Bekisting Balok 1,5 lantai

Rotasi material untuk bekisting balok yang akan dijelaskan berikut adalah rotasi 1,5 lantai. Maksud dari 1,5 lantai di sini yaitu material bekisting yang akan dipersiapkan untuk balok adalah sebanyak 1,5 lantai penuh.



Gambar 4. 20 Rotasi Balok 1,5 Lantai

Seperti pada gambar 4.20, material yang akan dipersiapkan yaitu material a, material b, dan material c. Rotasi material pada balok ini dimungkinkan untuk dilakukan rotasi secara menyilang dikarenakan material balok pada lantai 1, baik pada zona 1 maupun zona 2 memiliki volume yang besar sehingga rotasi dapat dilakukan secara bergantian (selang-seling) seperti yang terlihat pada gambar. Serta disesuaikan dengan durasi pelaksanaan dari masing-masing lantainya. Karena material yang akan dipersiapkan sebanyak 1,5 lantai penuh, maka material yang perlu disediakan yaitu material a (biru tua)

untuk balok lantai 1 zona 1, material b (hijau) untuk balok lantai 1 zona 2, dan material c (orange) untuk balok lantai 2 zona 1.

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Untuk rotasi 1,5 lantai, maka perhitungan awal yaitu kebutuhan material untuk balok dari lantai 0 – lantai 1,5

➤ *Kebutuhan Material Phenolic*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan phenolic pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Phenolic} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} \\ &= 77\text{lbr} + 83\text{lbr} + 41\text{lbr} \\ &= 201 \text{ lembar} \end{aligned}$$

Karena phenolic memiliki masa pakai sampai 5 kali, sehingga kebutuhan phenolic ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya. Akan dilakukan pembelian baru bila sudah melebihi masa pakai.

➤ *Kebutuhan Material Kayu 6/12*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan kayu 6/12 pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Kayu 6/12} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} \\ &= 5,24\text{m}^3 + 4,97\text{m}^3 + 3,03\text{m}^3 \\ &= 13,25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk kayu, diasumsikan akan mengalami kerusakan sebesar 10% pada setiap lantai, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya akan dilakukan pembelian kayu baru hanya sebesar 10% dari kebutuhan awal.

➤ *Kebutuhan Material Kayu 8/12*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan kayu 8/12 pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu,

- Kayu 8/12 = L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1
= 4,78m³ + 4,59m³ + 2,67m³
= 12,04 m³

➤ *Kebutuhan Material Kayu 5/7*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan kayu 5/7 pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu,

- Kayu 5/7 = L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1
= 0,98m³ + 1,12m³ + 0,5m³
= 2,59 m³

➤ *Kebutuhan Material Hollow 50.50.1,6*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan hollow 50.50.1,6 pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

- Hollow = L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1
= 278btg + 272btg + 153btg
= 703 batang

Sedangkan hollow, karena memiliki masa pakai selamanya sehingga kebutuhan hollow ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya dan tidak perlu membeli baru.

➤ *Kebutuhan Material Paku*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan paku pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu,

- Paku = L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1
= 60,16kg + 66,16kg + 31,48kg
= 157,8 kg

Karena paku hanya bisa digunakan sekali, maka untuk lantai selanjutnya akan membeli baru sesuai dengan volume dari setiap lantainya.

➤ *Kebutuhan Material Sekrup*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (lihat rekapitulasi volume balok) kebutuhan sekrup pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Sekrup} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 \\ &= 2735bh + 3008bh + 1432bh \\ &= 7175bh \end{aligned}$$

Untuk sekrup, akan membeli baru setiap ada pergantian multiplex (adanya pembelian baru).

➤ *Kebutuhan Material Besi Siku*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan besi siku pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Besi Siku} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 \\ &= 1214bh + 1150bh + 702bh \\ &= 3066 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena besi siku memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material besi siku ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Main Frame*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan main frame pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Main Frme} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 \\ &= 253bh + 237bh + 318bh \\ &= 808 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena main frame memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material main frame ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Cross Brace*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan cross brace pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

$$\begin{aligned}\text{Cross brace} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} \\ &= 348bh + 336bh + 428bh \\ &= 1112 \text{ buah}\end{aligned}$$

Karena cross brace memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material cross brace ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Jack Base*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan jack base pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

$$\begin{aligned}\text{Jack Base} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} \\ &= 506bh + 474bh + 318bh \\ &= 1298 \text{ buah}\end{aligned}$$

Karena jack base memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material jack base ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material U-Head Jack*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan u-head jack pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

$$\begin{aligned}\text{U-head} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} \\ &= 506bh + 474bh + 318bh \\ &= 1298 \text{ buah}\end{aligned}$$

Karena u-head jack memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material u-head jack ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Join Pin*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan join pin pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

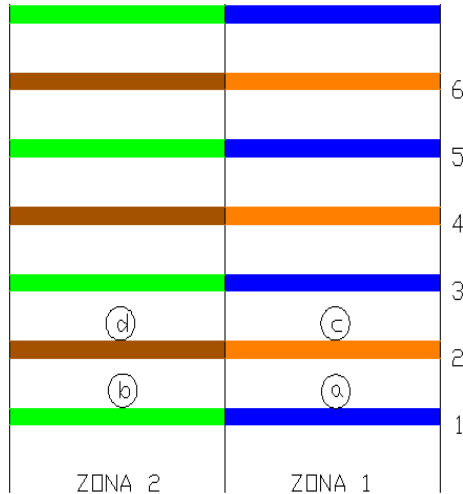
$$\begin{aligned} \text{Join Pin} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 \\ &= 0 + 0 + 318bh \\ &= 318 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena join pin memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material ini bisa digunakan kembali.

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.2.

- Rotasi Material Bekisting Balok 2 lantai

Rotasi material untuk bekisting balok yang akan dijelaskan berikut adalah rotasi 2 lantai. Maksud dari 2 lantai di sini yaitu material bekisting yang akan dipersiapkan untuk balok adalah sebanyak 2 lantai penuh.



Gambar 4. 21 Rotasi Balok 2 lantai

Karena material yang akan dipersiapkan sebanyak 2 lantai penuh, maka material yang perlu disediakan yaitu material a (biru tua) untuk balok lantai 1 zona 1, material b (hijau) untuk balok lantai 1 zona 2, material c (orange) untuk balok lantai 2 zona 1, material d (cokelat) untuk balok lantai 2 zona 2. Keempat material tersebut, akan dilakukan rotasi secara bergantian seperti yang terlihat pada gambar 4.21 dan disesuaikan pula dengan masa pakainya.

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Untuk rotasi 2 lantai, maka perhitungan awal yaitu kebutuhan material untuk balok dari lantai 0 – lantai 2

➤ *Kebutuhan Material Phenolic*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan phenolic pada lantai 0 – lantai 2 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Phenolic} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 \\ &= 77\text{lbr} + 83\text{lbr} + 41\text{lbr} + 41\text{lbr} \\ &= 242 \text{ lembar} \end{aligned}$$

Karena phenolic memiliki masa pakai sampai 5 kali, sehingga kebutuhan phenolic ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya. Akan dilakukan pembelian baru bila sudah melebihi masa pakai.

➤ *Kebutuhan Material Kayu 6/12*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan kayu 6/12 pada lantai 0 - lantai 2 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Kayu 6/12} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 \\ &= 5,24\text{m}^3 + 4,97\text{m}^3 + 3,03\text{m}^3 + 2,75\text{m}^3 \\ &= 16 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk kayu, diasumsikan akan mengalami kerusakan sebesar 10% pada setiap lantai, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya akan dilakukan pembelian kayu baru hanya sebesar 10% dari kebutuhan awal.

➤ *Kebutuhan Material Kayu 8/12*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan kayu 8/12 pada lantai 0 - lantai 2 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Kayu 8/12} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} \\ &= 4,78\text{m}^3 + 4,59\text{m}^3 + 2,67\text{m}^3 + 2,47\text{m}^3 \\ &= 14,51 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Kayu 5/7*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan kayu 5/7 pada lantai 0 - lantai 2 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Kayu 5/7} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} \\ &= 0,98\text{m}^3 + 1,12\text{m}^3 + 0,5\text{m}^3 + 0,52\text{m}^3 \\ &= 3,11 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Hollow 50.50.1,6*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan hollow 50.50.1,6 pada lantai 0 - lantai 2 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} \\ &= 278\text{btg} + 272\text{btg} + 153\text{btg} + 144\text{btg} \\ &= 847 \text{ batang} \end{aligned}$$

Sedangkan hollow, karena memiliki masa pakai selamanya sehingga kebutuhan material ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya dan tidak perlu membeli baru.

➤ *Kebutuhan Material Paku*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan paku pada lantai 0 - lantai 2 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Paku} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} \\ &= 60,16\text{kg} + 66,16\text{kg} + 31,48\text{kg} + \\ &= 31,68\text{kg} \end{aligned}$$

$$= 189,48 \text{ kg}$$

Karena paku hanya bisa digunakan sekali, maka untuk lantai selanjutnya akan membeli baru sesuai dengan volume dari setiap lantainya.

➤ *Kebutuhan Material Sekrup*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan sekrup pada lantai 0 - lantai 2 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{▪ Sekrup} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} \\ &= 2735bh + 3008bh + 1432bh + 1441bh \\ &= 8616bh \end{aligned}$$

Untuk sekrup, akan membeli baru setiap ada pergantian multiplex (adanya pembelian baru).

➤ *Kebutuhan Material Besi Siku*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan besi siku pada lantai 0 - lantai 2 yaitu

$$\begin{aligned} \text{▪ Besi Siku} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} \\ &= 1214bh + 1150bh + 702bh + 636bh \\ &= 3702 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena besi siku memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material besi siku ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Main Frame*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan main frame pada lantai 0 -lantai 2 yaitu

$$\begin{aligned} \text{▪ Main Frme} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} \\ &= 253bh + 237bh + 318bh + 296bh \\ &= 1104 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena main frame memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material main frame ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Cross Brace*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan cross brace pada lantai 0 - lantai 2 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Cross brace} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} \\ &= 348bh + 336bh + 428bh + 408bh \\ &= 1520 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena cross brace memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material cross brace ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Jack Base*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan jack base pada lantai 0 - lantai 2 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Jack Base} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} \\ &= 506bh + 474bh + 318bh + 296bh \\ &= 1594 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena jack base memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material jack base ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material U-Head Jack*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan u-head jack pada lantai 0 -lantai 2 yaitu

$$\begin{aligned} \text{U-head} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} \\ &= 506bh + 474bh + 318bh + 296bh \\ &= 1594 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena u-head jack memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material u-head jack ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Join Pin*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan join pin pada lantai 0 - lantai2 yaitu

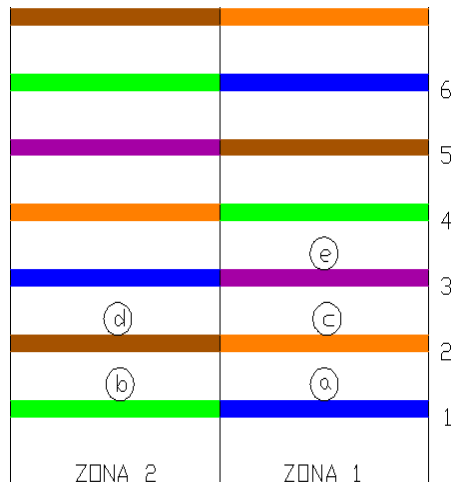
$$\begin{aligned} \text{Join Pin} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 \\ &= 0 + 0 + 318bh + 296bh \\ &= 614 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena join pin memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material ini bisa digunakan kembali.

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.2.

• **Rotasi Material Bekisting Balok 2,5 lantai**

Rotasi material untuk bekisting balok yang akan dijelaskan berikut adalah rotasi 2,5 lantai. Maksud dari 2,5 lantai di sini yaitu material bekisting yang akan dipersiapkan untuk balok adalah sebanyak 2,5 lantai penuh.



Gambar 4. 22 Rotasi Balok 2,5 lantai

Karena material yang akan dipersiapkan sebanyak 2,5 lantai penuh, maka material yang perlu disediakan yaitu material a (biru tua) untuk balok lantai 1 zona 1, material b (hijau) untuk balok lantai 1 zona 2, material c (orange) untuk balok lantai 2 zona 1, material d (cokelat) untuk balok lantai 2 zona 2, material e (ungu) untuk balok lantai 3 zona 1. Kelima material tersebut, dapat dilakukan rotasi secara bergantian seperti yang terlihat pada gambar 4.22 dan disesuaikan pula dengan masa pakainya.

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Untuk rotasi 2,5 lantai, maka perhitungan awal yaitu kebutuhan material untuk balok dari lantai 0 – lantai 2,5

➤ *Kebutuhan Material Phenolic*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (lihat rekapitulasi volume balok) kebutuhan phenolic pada lantai 0 – lantai 2,5 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Phenolic} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 + \\ &L.3. Z1 \\ &= 77\text{lbr} + 83\text{lbr} + 41\text{lbr} + 41\text{lbr} + 41\text{lbr} \\ &= 283 \text{ lembar} \end{aligned}$$

Karena phenolic memiliki masa pakai sampai 5 kali, sehingga kebutuhan phenolic ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya. Akan dilakukan pembelian baru bila sudah melebihi masa pakai.

➤ *Kebutuhan Material Kayu 6/12*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (lihat rekapitulasi volume balok) kebutuhan kayu 6/12 pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Kayu 6/12} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 + \\ &L.3. Z1 \\ &= 5,24\text{m}^3 + 4,97\text{m}^3 + 3,03\text{m}^3 + 2,75\text{m}^3 \\ &+ 3,03\text{m}^3 \\ &= 19,03 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk kayu, diasumsikan akan mengalami kerusakan sebesar 10% pada setiap lantai, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya akan dilakukan pembelian kayu baru hanya sebesar 10% dari kebutuhan awal.

➤ *Kebutuhan Material Kayu 8/12*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (lihat rekapitulasi volume balok) kebutuhan kayu 8/12 pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Kayu 8/12} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} + \\ &\quad \text{L3. Z1} \\ &= 4,78\text{m}^3 + 4,59\text{m}^3 + 2,67\text{m}^3 + 2,47\text{m}^3 \\ &\quad + 2,67\text{m}^3 \\ &= 17,18 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Kayu 5/7*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (lihat rekapitulasi volume balok) kebutuhan kayu 5/7 pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Kayu 5/7} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} + \\ &\quad \text{L3. Z1} \\ &= 0,98\text{m}^3 + 1,12\text{m}^3 + 0,5\text{m}^3 + 0,52\text{m}^3 + \\ &\quad 0,5\text{m}^3 \\ &= 3,61 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Hollow 50.50.1,6*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (lihat rekapitulasi volume balok) kebutuhan hollow 50.50.1,6 pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} + \\ &\quad \text{L3. Z1} \\ &= 278\text{btg} + 272\text{btg} + 153\text{btg} + 144\text{btg} + \\ &\quad 153\text{btg} \\ &= 1000 \text{ batang} \end{aligned}$$

Sedangkan hollow, karena memiliki masa pakai selamanya sehingga kebutuhan material ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya dan tidak perlu membeli baru.

➤ *Kebutuhan Material Paku*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan paku pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Paku} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} + \\ &\quad \text{L.3. Z1} \\ &= 60,16\text{kg} + 66,16\text{kg} + 31,48\text{kg} + \\ &\quad 31,68\text{kg} + 31,48\text{kg} \\ &= 220,96 \text{ kg} \end{aligned}$$

Karena paku hanya bisa digunakan sekali, maka untuk lantai selanjutnya akan membeli baru sesuai dengan volume dari setiap lantainya.

➤ *Kebutuhan Material Sekrup*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan sekrup pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Sekrup} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} + \\ &\quad \text{L.3. Z1} \\ &= 2735\text{bh} + 3008\text{bh} + 1432\text{bh} + 1441\text{bh} \\ &\quad + 1432\text{bh} \\ &= 10048\text{bh} \end{aligned}$$

Untuk sekrup, akan membeli baru setiap ada pergantian multiplex (adanya pembelian baru).

➤ *Kebutuhan Material Besi Siku*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan besi siku pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu

$$\text{Besi Siku} = \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} +$$

$$\begin{aligned}
 & \text{L3. Z1} \\
 & = 1214bh + 1150bh + 702bh + 636bh + \\
 & 702bh \\
 & = 4404 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Karena besi siku memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material besi siku ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Main Frame*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona(tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan main frame pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Main Frme} & = \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} + \\
 & \text{L3. Z1} \\
 & = 253bh + 237bh + 318bh + 296bh + \\
 & 159bh \\
 & = 1263 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Karena main frame memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material main frame ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Cross Brace*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona(tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan cross brace pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Cross brace} & = \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} + \\
 & \text{L3. Z1} \\
 & = 348bh + 336bh + 428bh + 408bh + \\
 & 214bh \\
 & = 1734 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Karena cross brace memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material cross brace ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Jack Base*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan jack base pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Jack Base} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} + \\ &\quad \text{L3. Z1} \\ &= 506bh + 474bh + 318bh + 296bh + \\ &\quad 318bh \\ &= 1912 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena jack base memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material jack base ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material U-Head Jack*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan u-head jack pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{U-head} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} + \\ &\quad \text{L3. Z1} \\ &= 506bh + 474bh + 318bh + 296bh + \\ &\quad 318bh \\ &= 1912 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena u-head jack memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material u-head jack ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Join Pin*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.4 dan tabel 4.5) kebutuhan join pin pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Join Pin} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} + \\ &\quad \text{L3. Z1} \\ &= 0 + 0 + 318bh + 296bh + 0 \\ &= 614 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena join pin memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material ini bisa digunakan kembali.

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.2.

4.2.3 Perhitungan Volume Plat

Berikut ini akan dibahas tentang kebutuhan material yang diperlukan untuk struktur plat (pada tiap zona) yaitu kebutuhan multiplek, balok suri, hollow, support dan komponen lainnya.

- Plat Lantai 2 Zona 1

Dimensi plat AS 3-4 ; C1-D :

Lebar plat (b) = 2,82 m

Panjang plat (p) = 2,86 m

- *Kebutuhan Material Multiplek Phenolic*

- Luas plat = $b \times p \times n$
 $= 2,82 \times 2,86 \times 1$
 $= 8,07 \text{ m}^2$

- Multiplek = $\frac{\text{Luas Plat}}{1,22 \times 2,44}$
 $= \frac{8,07}{1,22 \times 2,44}$
 $= 2,71 \text{ lembar} \approx 3 \text{ lembar}$

- *Kebutuhan Material Balok Suri*

Balok suri direncanakan menggunakan kayu glugu berukuran 8/12cm dengan jarak antar suri yaitu 1 m.

- n Balok Suri = $\frac{p}{\text{jarak suri}} + 1$
 $= \frac{2,86}{1} + 1$
 $= 3,86 \text{ buah} \approx 4 \text{ buah}$

Untuk panjang balok suri, akan direncanakan menyesuaikan lebar dari plat tersebut

- Keb. Balok Suri = $b_{\text{suri}} \times h_{\text{suri}} \times L_{\text{suri}} \times n$

$$= 0,08 \times 0,12 \times 2,82 \times 4$$

$$= 0,108 \text{ m}^3$$

➤ *Kebutuhan Material Hollow*

Pada plat, material hollow ini dipasang sebelum multiplek (setelah balok suri) secara horizontal sejajar dengan panjang dari plat tersebut. Berfungsi untuk menahan beban dari multiplek yang nantinya akan disalurkan ke balok suri. Akan digunakan besi hollow ukuran 50.50.1,6mm dengan jarak antar hollow adalah 0,5 m.

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \frac{b}{\text{jarak hollow}} + 1 \times p \times n \\ &= \frac{2,82}{0,5} + 1 \times 2,86 \times 1 \\ &= 18,99 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena di pasaran untuk 1 batang hollow memiliki panjang 6 m, maka banyaknya hollow yang dibutuhkan untuk plat AS 3-4 ; C1-D pada lantai 2 zona 1 ini adalah,

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \frac{\text{Hollow}}{\frac{6 \text{ m}}{18,99}} \\ &= \frac{6}{3,17} \\ &= 3,17 \text{ batang} \approx 4 \text{ batang} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Support*

Pada plat, material support ini menggunakan pipa galvanis yang dirangkai menjadi satu kesatuan dengan jack base dan u-head jack. Jarak antar support adalah 1 m. Berikut perhitungan untuk mengetahui kebutuhan support pada plat AS 3-4 ; C1-D lantai 2 zona 1 ini.

$$\begin{aligned} \text{Support} &= \frac{p}{\text{jarak support}} + 1 \times \frac{b}{\text{jarak support}} + 1 \\ &= \left(\frac{2,86}{1} + 1 \right) \times \left(\frac{2,82}{1} + 1 \right) \\ &= 16 \text{ buah} \end{aligned}$$

- *Kebutuhan Jack Base*
Jack Base dipasang pada dasar support. Sehingga,
 - Jack Base = Support
= 16 buah

- *Kebutuhan U-Head Jack*
Berbeda dengan Jack Base yang dipasang pada dasar support, untuk u-head jack ini dipasang pada ujung support atau bagian atas pipa support. Tetapi jumlah kebutuhannya sama. Sehingga,
 - U-Head Jack = Support
= 16 buah
 Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada tabel 4.7

- Plat Lantai 2 Zona 2
Dimensi plat AS 2C-4 ; A2-A3 :
Lebar plat (b) = 1,22 m
Panjang plat (p) = 4,70 m
 - *Kebutuhan Material Multiplek Phenolic*
 - Luas plat = $b \times p \times n$
= $1,22 \times 4,70 \times 1$
= $5,73 \text{ m}^2$
 - Multiplek = $\frac{\text{Luas Plat}}{1,22 \times 2,44}$
= $\frac{5,73}{1,22 \times 2,44}$
= $1,92 \text{ lembar} \approx 2 \text{ lembar}$

 - *Kebutuhan Material Balok Suri*
Balok suri direncanakan menggunakan kayu glugu berukuran 8/12cm dengan jarak antar suri yaitu 1 m.
 - n Balok Suri = $\frac{p}{\text{jarak suri}} + 1$
= $\frac{4,7}{1} + 1$

$$= 5,7 \text{ buah} \approx 6 \text{ buah}$$

Untuk panjang balok suri, akan direncanakan menyesuaikan lebar dari plat tersebut

$$\begin{aligned} \text{Keb. Balok Suri} &= b_{\text{suri}} \times h_{\text{suri}} \times L_{\text{suri}} \times n \\ &= 0,08 \times 0,12 \times 1,22 \times 6 \\ &= 0,07 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Hollow*

Pada plat, material hollow ini dipasang sebelum multiplek (setelah balok suri) secara horizontal sejajar dengan panjang dari plat tersebut. Berfungsi untuk menahan beban dari multiplek yang nantinya akan disalurkan ke balok suri. Akan digunakan besi hollow ukuran 50.50.1,6mm dengan jarak antar hollow adalah 0,5 m.

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \frac{b}{\text{jarak hollow}} + 1 \times p \times n \\ &= \frac{1,22}{0,5} + 1 \times 4,7 \times 1 \\ &= 16,17 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena di pasaran untuk 1 batang hollow memiliki panjang 6 m, maka banyaknya hollow yang dibutuhkan untuk plat AS 2C-4 ; A2-A3 pada lantai 2 zona 2 ini adalah,

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \frac{\text{Hollow}}{6 \text{ m}} \\ &= \frac{16,17}{6} \\ &= 2,7 \text{ batang} \approx 3 \text{ batang} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Material Support*

Pada plat, material support ini menggunakan pipa galvanis yang dirangkai menjadi satu kesatuan dengan jack base dan u-head jack. Jarak antar support adalah 1 m. Berikut perhitungan untuk mengetahui kebutuhan support pada plat AS 2C-4 ; A2-A3 lantai 2 zona 2 ini.

$$\text{Support} = \frac{p}{\text{jarak support}} + 1 \times \frac{b}{\text{jarak support}} + 1$$

$$\begin{aligned}
 &= \left(\frac{4,7}{1} + 1\right) \times \left(\frac{1,22}{1} + 1\right) \\
 &= 18 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Jack Base*

Jack Base dipasang pada dasar support. Sehingga,

- Jack Base = Support
= 18 buah

➤ *Kebutuhan U-Head Jack*

Berbeda dengan Jack Base yang dipasang pada dasar support, untuk u-head jack ini dipasang pada ujung support atau bagian atas pipa support. Tetapi jumlah kebutuhannya sama. Sehingga,

- U-Head Jack = Support
= 18 buah

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.8

Tabel 4. 7 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Plat Zona 1 Tiap Lantai

REKAPITULASI KEBUTUHAN MATERIAL BEKISTING PLAT PER LANTAI									
ZONA 1									
LANTAI	Luas	Phenolic	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Support	Jack Base	U Head		
	(m ²)	(lembar)	(m ³)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)		
LT. 1	279,61	94	3,65	118	654	654	654		
LT. 2	101,07	34	1,46	51	366	366	366		
LT. 3	83,59	29	1,28	40	288	288	288		
LT. 4	100,52	34	1,46	51	364	364	364		
LT. 5	82,26	28	1,26	38	278	278	278		
LT. 6	82,26	28	1,26	38	278	278	278		
LT. 7	87,69	30	1,33	42	310	310	310		
LT. 8	82,26	28	1,26	38	278	278	278		
LT. 9	82,26	28	1,26	38	278	278	278		
LT. 10	82,26	28	1,26	38	278	278	278		
LT. 11	87,69	30	1,33	42	310	310	310		
LT. 12	82,26	28	1,26	38	278	278	278		
LT. Kolum	81,11	28	1,06	33	175	175	175		
LT. 13	57,27	20	0,76	27	157	157	157		
LT. 14	37,00	13	0,61	16	90	90	90		
LT. ATAP	61,27	21	0,79	27	151	151	151		

Tabel 4. 8 Rekapitulasi Kebutuhan Material Bekisting Plat Zona 2 Tiap Lantai

REKAPITULASI KEBUTUHAN MATERIAL BEKISTING PLAT PER LANTAI							
ZONA 2							
LANTAI	Luas (m ²)	Phenolic (lembar)	Kayu 8/12 (m ³)	Hollow 50.50.1,6 (batang)	Support (buah)	Jack Base (buah)	U Head (buah)
LT. 1	265,19	89	3,36	111	604	604	604
LT. 2	128,65	44	1,68	62	405	405	405
LT. 3	110,62	38	1,49	50	325	325	325
LT. 4	125,98	43	1,65	60	389	389	389
LT. 5	108,86	37	1,46	48	309	309	309
LT. 6	114,62	39	1,54	53	345	345	345
LT. 7	108,86	37	1,46	48	309	309	309
LT. 8	114,62	39	1,54	53	345	345	345
LT. 9	114,62	39	1,54	53	345	345	345
LT. 10	108,86	37	1,46	48	309	309	309
LT. 11	108,86	37	1,46	48	309	309	309
LT. 12	113,96	39	1,53	52	339	339	339
LT. Kolam							
LT. 13	102,77	35	1,45	45	286	286	286
LT. 14	63,19	22	1,07	27	158	158	158
LT. ATAP	69,59	24	0,87	29	146	146	146

4.2.3.1 Kebutuhan Material Plat Berdasarkan Rotasi

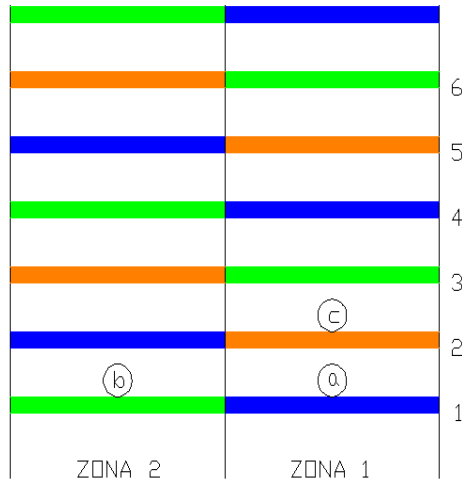
Jika sudah melakukan perhitungan volume material untuk plat dari masing – masing lantai dan di setiap zonanya, kemudian material tersebut dianalisa kebutuhannya berdasarkan rotasi. Material yang akan ditinjau untuk rotasi pada plat ini yaitu multiplex phenolic, kayu 8/12, besi hollow, support, jack base, dan u-head. Masa pemakaian material plat dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut :

Tabel 4. 9 Masa Pemakaian Material Bekisting Plat

Material	Masa Pakai
Phenolic 15mm	5 kali pakai
Kayu 8/12	Tereduksi 10% tiap lantai
Besi Hollow	Selamanya
Support	Selamanya
Jack base	Selamanya
U-Head Jack	Selamanya

**Catatan : pada saat survey lapangan, diperoleh data bahwa material phenolic dapat digunakan 4 hingga 6 kali pakai. Namun dalam penelitian ini, phenolic akan digunakan hanya dalam 5 kali pakai saja karena diasumsikan akan mengalami kerusakan setelah 5 kali pemakaian. Sedangkan untuk material kayu, dapat digunakan untuk selamanya, namun pada penelitian akan diasumsikan mengalami reduksi setiap lantai karena akan mengalami kerusakan akibat adanya pemakuan material.*

- Rotasi Material Bekisting Plat 1,5 lantai
Rotasi material untuk bekisting yang akan dijelaskan berikut adalah rotasi plat 1,5 lantai. Konsep dari rotasi plat 1,5 lantai ini sama seperti rotasi 1,5 lantai pada balok. Yang membedakan hanya macam – macam material yang ditinjau.



Gambar 4. 23 Rotasi Plat 1,5 Lantai

Rotasi material pada plat ini dimungkinkan untuk dilakukan rotasi secara menyilang seperti pada gambar 4.23. Karena material yang akan dipersiapkan sebanyak 1,5 lantai penuh, maka material yang perlu disediakan yaitu material a (biru tua) untuk plat lantai 1 zona 1, material b (hijau) untuk plat lantai 1 zona 2, dan material c (orange) untuk plat lantai 2 zona 1.

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Untuk rotasi 1,5 lantai, maka perhitungan awal yaitu kebutuhan material untuk balok dari lantai 0 – lantai 1,5

➤ *Kebutuhan Material Phenolic*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan phenolic pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu,

$$\begin{aligned}
 \text{Phenolic} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 \\
 &= 94\text{lbr} + 89\text{lbr} + 34\text{lbr} \\
 &= 217 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$

Karena phenolic memiliki masa pakai sampai 5 kali, sehingga kebutuhan phenolic ini bisa digunakan kembali

untuk lantai – lantai selanjutnya. Akan dilakukan pembelian baru bila sudah melebihi masa pakai.

➤ *Kebutuhan Material Kayu 8/12*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan kayu 8/12 pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{Kayu 8/12} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} \\ &= 3,65\text{m}^3 + 3,36\text{m}^3 + 1,46\text{m}^3 \\ &= 8,47 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk kayu, diasumsikan akan mengalami kerusakan sebesar 10% pada setiap lantai, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya akan dilakukan pembelian kayu baru hanya sebesar 10% dari kebutuhan awal.

➤ *Kebutuhan Hollow 50.50.1,6*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan hollow 50.50.1,6 pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} \\ &= 118\text{btg} + 111\text{btg} + 51\text{btg} \\ &= 280 \text{ batang} \end{aligned}$$

Sedangkan hollow, karena memiliki masa pakai selamanya sehingga kebutuhan hollow ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya dan tidak perlu membeli baru.

➤ *Kebutuhan Material Support*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan support pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Support} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} \\ &= 654\text{bh} + 604\text{bh} + 366\text{bh} \\ &= 1624 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena support memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material ini juga akan digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Jack Base*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan jack base pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Jack Base} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} \\ &= 654bh + 604bh + 366bh \\ &= 1624 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena jack base memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material jack base ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material U-Head Jack*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan u-head jack pada lantai 0 - lantai 1,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{U-head} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} \\ &= 654bh + 604bh + 366bh \\ &= 1624 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena u-head jack memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material u-head jack ini bisa digunakan kembali.

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.2.

• Rotasi Material Bekisting Plat 2 lantai

Rotasi material untuk bekisting yang akan dijelaskan berikut adalah rotasi plat 2 lantai. Konsep dari rotasi plat 2 lantai ini sama seperti rotasi 2 lantai pada balok. Yang membedakan hanya macam – macam material yang ditinjau.



Gambar 4. 24 Rotasi Plat 2 lantai

Karena material yang akan dipersiapkan sebanyak 2 lantai penuh, maka material yang perlu disediakan yaitu material a (biru tua) untuk plat lantai 1 zona 1, material b (hijau) untuk plat lantai 1 zona 2, material c (orange) untuk plat lantai 2 zona 1, material d (cokelat) untuk plat lantai 2 zona 2. Keempat material tersebut, akan dilakukan rotasi secara bergantian seperti yang terlihat pada gambar 4.24 dan disesuaikan pula dengan masa pakainya.

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Untuk rotasi 2 lantai, maka perhitungan awal yaitu kebutuhan material untuk balok dari lantai 0 – lantai 2

➤ *Kebutuhan Material Phenolic*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan phenolic pada lantai 0 – lantai 2 yaitu,

$$\begin{aligned}
 \text{Phenolic} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 \\
 &= 94\text{lbr} + 89\text{lbr} + 34\text{lbr} + 44\text{lbr} \\
 &= 261 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$

Karena phenolic memiliki masa pakai sampai 5 kali, sehingga kebutuhan phenolic ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya. Akan dilakukan pembelian baru bila sudah melebihi masa pakai.

➤ *Kebutuhan Material Kayu 8/12*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan kayu 8/12 pada lantai 0 - lantai 2 yaitu,

$$\begin{aligned} \text{▪ Kayu 8/12} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} \\ &= 3,65\text{m}^3 + 3,36\text{m}^3 + 1,46\text{m}^3 + 1,68\text{m}^3 \\ &= 10,15 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Untuk kayu, diasumsikan akan mengalami kerusakan sebesar 10% pada setiap lantai, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya akan dilakukan pembelian kayu baru hanya sebesar 10% dari kebutuhan awal.

➤ *Kebutuhan Hollow 50.50.1,6*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan hollow 50.50.1,6 pada lantai 0 - lantai 2 yaitu

$$\begin{aligned} \text{▪ Hollow} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} \\ &= 118\text{btg} + 111\text{btg} + 51\text{btg} + 62\text{btg} \\ &= 342 \text{ batang} \end{aligned}$$

Sedangkan hollow, karena memiliki masa pakai selamanya sehingga kebutuhan hollow ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya dan tidak perlu membeli baru.

➤ *Kebutuhan Material Support*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan support pada lantai 0 - lantai 2 yaitu

$$\begin{aligned} \text{▪ Support} &= \text{L.1 Z1} + \text{L.1 Z2} + \text{L.2 Z1} + \text{L.2 Z2} \\ &= 654\text{bh} + 604\text{bh} + 366\text{bh} + 405\text{bh} \end{aligned}$$

= 2029 buah

Karena support memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material ini juga akan digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Jack Base*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8)) kebutuhan jack base pada lantai 0 - lantai 2 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Jack Base} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 \\ &= 654bh + 604bh + 366bh + 405bh \\ &= 2029 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena jack base memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material jack base ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material U-Head Jack*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan u-head jack pada lantai 0 - lantai 2 yaitu

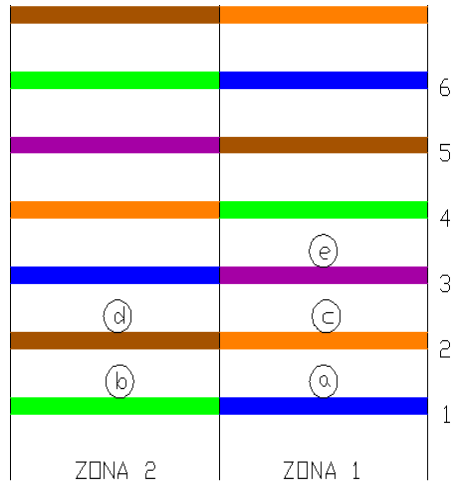
$$\begin{aligned} \text{U-head} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 \\ &= 654bh + 604bh + 366bh + 405bh \\ &= 2029 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena u-head jack memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material u-head jack ini bisa digunakan kembali.

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.2.

• **Rotasi Material Bekisting Plat 2,5 lantai**

Rotasi material untuk bekisting yang akan dijelaskan berikut adalah rotasi plat 2,5 lantai. Konsep dari rotasi plat 2,5 lantai ini sama seperti rotasi 2,5 lantai pada balok. Yang membedakan hanya macam – macam material yang ditinjau.



Gambar 4. 25 Rotasi Plat 2,5 lantai

Karena material yang akan dipersiapkan sebanyak 2,5 lantai penuh, maka material yang perlu disediakan yaitu material a (biru tua) untuk plat lantai 1 zona 1, material b (hijau) untuk plat lantai 1 zona 2, material c (orange) untuk plat lantai 2 zona 1, material d (cokelat) untuk plat lantai 2 zona 2, material e (ungu) untuk plat lantai 3 zona 1. Kelima material tersebut, dapat dilakukan rotasi secara bergantian (selang-seling) seperti yang terlihat pada gambar 4.25. Karena adanya masa pakai, sehingga untuk lantai selanjutnya hanya perlu menunggu saja material bekisting dari lantai sebelumnya. Material bekisting akan dilakukan pembelian baru bila sudah melewati batas masa pakai.

Contoh perhitungannya adalah sebagai berikut :

Untuk rotasi 2,5 lantai, maka perhitungan awal yaitu kebutuhan material untuk balok dari lantai 0 – lantai 2,5

➤ *Kebutuhan Material Phenolic*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan phenolic pada lantai 0 – lantai 2,5 yaitu,

- Phenolic = L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 + L3. Z1
= 94lbr + 89lbr + 34lbr + 44lbr + 29lbr
= 290 lembar

Karena phenolic memiliki masa pakai sampai 5 kali, sehingga kebutuhan phenolic ini bisa digunakan kembali untuk lantai – lantai selanjutnya. Akan dilakukan pembelian baru bila sudah melebihi masa pakai.

➤ *Kebutuhan Material Kayu 8/12*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan kayu 8/12 pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu,

- Kayu 8/12 = L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 + L3. Z1
= 3,65m³ + 3,36m³ + 1,46m³ + 1,68m³
+ 1,28
= 11,43 m³

Untuk kayu, diasumsikan akan mengalami kerusakan sebesar 10% pada setiap lantai, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya akan dilakukan pembelian kayu baru hanya sebesar 10% dari kebutuhan awal.

➤ *Kebutuhan Hollow 50.50.1,6*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan hollow 50.50.1,6 pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu

- Hollow = L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 + L3. Z1
= 118btg + 111btg + 51btg + 62btg + 40btg
= 382 batang

Sedangkan hollow, karena memiliki masa pakai selamanya sehingga kebutuhan hollow ini bisa digunakan kembali

untuk lantai – lantai selanjutnya dan tidak perlu membeli baru.

➤ *Kebutuhan Material Support*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan support pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Support} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 + \\ &L3. Z1 \\ &= 654bh + 604bh + 366bh + 405bh + \\ &288bh \\ &= 2317 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena support memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material ini juga akan digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material Jack Base*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan jack base pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{Jack Base} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 + \\ &L3. Z1 \\ &= 654bh + 604bh + 366bh + 405bh + \\ &288bh \\ &= 2317 \text{ buah} \end{aligned}$$

Karena jack base memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material jack base ini bisa digunakan kembali.

➤ *Kebutuhan Material U-Head Jack*

Berdasarkan dari hasil perhitungan volume tiap lantai dan tiap zona (tabel 4.7 dan tabel 4.8) kebutuhan u-head jack pada lantai 0 - lantai 2,5 yaitu

$$\begin{aligned} \text{U-head} &= L.1 Z1 + L.1 Z2 + L.2 Z1 + L.2 Z2 + \\ &L3. Z1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 654bh + 604bh + 366bh + 405bh + \\
 &288bh \\
 &= 2317 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

Karena u-head jack memiliki masa pakai selamanya, sehingga untuk lantai – lantai selanjutnya material u-head jack ini bisa digunakan kembali.

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.2.

4.3 Analisa Produktivitas dan Durasi

Analisa produktivitas dan durasi pada penelitian ini dilakukan berdasarkan wawancara di lapangan yang nantinya akan dijadikan acuan dalam membuat penjadwalan. Penjadwalan tidak menggunakan perhitungan dari SNI karena produktivitas yang dihasilkan terlalu kecil. Pertimbangan lain yang mendasari menggunakan wawancara (pengamatan) di lapangan adalah karena data yang didapatkan lebih akurat sesuai dengan kondisi di lapangan. Untuk pelaksanaan bekisting kolom, balok dan plat pada tugas akhir ini menggunakan 2 macam zona (zona 1 & zona 2) dimana untuk perhitungan durasi akan dilakukan pada tiap zonanya sesuai dengan kebutuhan volume dari masing – masing zona.

4.3.1 Perhitungan Produktivitas & Durasi Kolom

Berdasarkan pengamatan di lapangan, untuk 1 hari kerja (8 jam), 1 grup kerja dapat menyelesaikan pekerjaan bekisting kolom sebesar 13 m²/hari. Dan melakukan pembongkaran bekisting kolom sebesar 15 m²/hari. Dimana 1 grup kerja tersebut terdiri dari 1 tukang dan 1 pekerja (buruh).

- Kolom Lantai 1 Zona 1

Dari perhitungan volume, didapatkan luas total bekisting untuk kolom lantai 1 zona 1 ini adalah sebesar 101,7 m².

➤ *Kebutuhan Durasi Memasang*

Kebutuhan durasi untuk memasang bekisting kolom bila menggunakan 1 grup kerja adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Durasi pasang} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.pasang}} \\ &= \frac{101,7}{13} \\ &= 7,82 \text{ hari} \approx 8 \text{ hari} \end{aligned}$$

Direncanakan untuk pekerjaan bekisting kolom dalam 1 zona akan diselesaikan oleh 3 grup kerja. Maka,

$$\begin{aligned} \text{Durasi pasang} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.pasang} \times 3 \text{ grup}} \\ &= \frac{101,7}{13 \times 3} \\ &= 2,61 \text{ hari} \approx 3 \text{ hari} \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Durasi Membongkar*

Untuk membongkar bekisting kolom direncanakan menggunakan jumlah grup yang sama dengan memasang bekisting kolom, yaitu 3 grup kerja.

$$\begin{aligned} \text{Durasi bongkar} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.bongkar} \times 3 \text{ grup}} \\ &= \frac{101,7}{15 \times 3} \\ &= 2,26 \text{ hari} \approx 3 \text{ hari} \end{aligned}$$

• Kolom Lantai 1 Zona 2

Dari perhitungan volume, didapatkan luas total bekisting untuk kolom lantai 1 zona 2 ini adalah sebesar 114,3 m².

➤ *Kebutuhan Durasi Memasang*

Kebutuhan durasi untuk memasang bekisting kolom bila menggunakan 1 grup kerja adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Durasi pasang} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.pasang}} \\ &= \frac{114,3}{13} \\ &= 8,79 \text{ hari} \approx 9 \text{ hari} \end{aligned}$$

Direncanakan untuk pekerjaan bekisting kolom dalam 1 zona akan diselesaikan oleh 3 grup kerja. Maka,

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi pasang} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.pasang} \times 3 \text{ grup}} \\
 &= \frac{114,3}{13 \times 3} \\
 &= 2,93 \text{ hari} \approx 3 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Durasi Membongkar*

Untuk membongkar bekisting kolom direncanakan menggunakan jumlah grup yang sama dengan memasang bekisting kolom, yaitu 3 grup kerja.

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi bongkar} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.bongkar} \times 3 \text{ grup}} \\
 &= \frac{114,3}{15 \times 3} \\
 &= 2,54 \text{ hari} \approx 3 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.3.

4.3.2 Perhitungan Produktivitas & Durasi Balok

Berdasarkan pengamatan di lapangan, untuk 1 hari kerja (8 jam), 1 grup kerja dapat menyelesaikan pekerjaan bekisting balok sebesar 10 m²/hari. Dan melakukan pembongkaran bekisting kolom sebesar 15 m²/hari. Dimana 1 grup kerja tersebut terdiri dari 1 tukang dan 1 pekerja (buruh).

• Balok Lantai 2 Zona 1

Dari perhitungan volume, didapatkan luas total bekisting untuk balok lantai 2 zona 1 ini adalah sebesar 119,5 m².

➤ *Kebutuhan Durasi Memasang*

Kebutuhan durasi untuk memasang bekisting balok bila menggunakan 1 grup kerja adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi pasang} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.pasang}} \\
 &= \frac{119,5}{10} \\
 &= 11,95 \text{ hari} \approx 12 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Direncanakan untuk pekerjaan bekisting balok dalam 1 zona akan diselesaikan oleh 4 grup kerja. Maka,

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi pasang} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.pasang} \times 4 \text{ grup}} \\
 &= \frac{119,5}{10 \times 4} \\
 &= 2,99 \text{ hari} \approx 3 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Durasi Membongkar*

Untuk membongkar bekisting balok direncanakan menggunakan jumlah grup yang sama dengan memasang bekisting balok, yaitu 4 grup kerja.

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi bongkar} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.bongkar} \times 4 \text{ grup}} \\
 &= \frac{119,5}{15 \times 4} \\
 &= 1,99 \text{ hari} \approx 2 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

• Balok Lantai 2 Zona 2

Dari perhitungan volume, didapatkan luas total bekisting untuk balok lantai 2 zona 2 ini adalah sebesar 119,48 m².

➤ *Kebutuhan Durasi Memasang*

Kebutuhan durasi untuk memasang bekisting balok bila menggunakan 1 grup kerja adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi pasang} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.pasang}} \\
 &= \frac{119,48}{10} \\
 &= 11,95 \text{ hari} \approx 12 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Direncanakan untuk pekerjaan bekisting balok dalam 1 zona akan diselesaikan oleh 4 grup kerja. Maka,

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi pasang} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.pasang} \times 4 \text{ grup}} \\
 &= \frac{119,48}{10 \times 4} \\
 &= 2,99 \text{ hari} \approx 3 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

➤ *Kebutuhan Durasi Membongkar*

Untuk membongkar bekisting balok direncanakan menggunakan jumlah grup yang sama dengan memasang bekisting balok, yaitu 4 grup kerja.

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi bongkar} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.bongkar} \times 4 \text{ grup}} \\
 &= \frac{119,48}{15 \times 4} \\
 &= 1,99 \text{ hari} \approx 2 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.3

4.3.3 Perhitungan Produktivias & Durasi Plat

Berdasarkan pengamatan di lapangan, untuk 1 hari kerja (8 jam), 1 grup kerja dapat menyelesaikan pekerjaan bekisting plat sebesar 10 m²/hari. Dan melakukan pembongkaran bekisting plat sebesar 15 m²/hari. Dimana 1 grup kerja tersebut terdiri dari 1 tukang dan 1 pekerja (buruh).

- Plat Lantai 2 Zona 1

Dari perhitungan volume, didapatkan luas total bekisting untuk plat lantai 2 zona 1 ini adalah sebesar 101,07 m².

- *Kebutuhan Durasi Memasang*

Kebutuhan durasi untuk memasang bekisting plat bila menggunakan 1 grup kerja adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi pasang} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.pasang}} \\
 &= \frac{101,07}{10} \\
 &= 10,11 \text{ hari} \approx 11 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Direncanakan untuk pekerjaan bekisting plat dalam 1 zona akan diselesaikan oleh 4 grup kerja. Maka,

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi pasang} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.pasang} \times 4 \text{ grup}} \\
 &= \frac{101,07}{10 \times 4} \\
 &= 2,53 \text{ hari} \approx 3 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

- *Kebutuhan Durasi Membongkar*

Untuk membongkar bekisting plat direncanakan menggunakan jumlah grup yang sama dengan memasang bekisting plat, yaitu 4 grup kerja.

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi bongkar} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.bongkar} \times 4 \text{ grup}} \\
 &= \frac{101,07}{15 \times 4} \\
 &= 1,68 \text{ hari} \approx 2 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

- Plat Lantai 2 Zona 2

Dari perhitungan volume, didapatkan luas total bekisting untuk plat lantai 2 zona 2 ini adalah sebesar 128,65 m².

- *Kebutuhan Durasi Memasang*

Kebutuhan durasi untuk memasang bekisting plat bila menggunakan 1 grup kerja adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi pasang} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.pasang}} \\
 &= \frac{128,65}{10} \\
 &= 12,87 \text{ hari} \approx 13 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Direncanakan untuk pekerjaan bekisting plat dalam 1 zona akan diselesaikan oleh 4 grup kerja. Maka,

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi pasang} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.pasang} \times 4 \text{ grup}} \\
 &= \frac{128,65}{10 \times 4} \\
 &= 3,22 \text{ hari} \approx 4 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

- *Kebutuhan Durasi Membongkar*

Untuk membongkar bekisting plat direncanakan menggunakan jumlah grup yang sama dengan memasang bekisting plat, yaitu 4 grup kerja.

$$\begin{aligned}
 \blacksquare \text{ Durasi bongkar} &= \frac{\text{vol.1 zona}}{\text{kap.prod.bongkar} \times 4 \text{ grup}} \\
 &= \frac{128,65}{15 \times 4} \\
 &= 2,14 \text{ hari} \approx 3 \text{ hari}
 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan pada lampiran 4.3.

4.3.4 Rekapitulasi Durasi Pekerjaan Bekisting Kolom, Balok dan Plat Semi Sistem berdasarkan Rotasi Bekisting

Dari hasil penjadwalan pelaksanaan pekerjaan bekisting kolom, balok, dan plat berdasarkan rotasi bekisting yang tercantum dalam lampiran penjadwalan, diperoleh total durasi sebagai berikut :

1. Rotasi 1,5 lantai = 126 hari
2. Rotasi 2 lantai = 107 hari
3. Rotasi 2,5 lantai = 105 hari

Untuk perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada lampiran penjadwalan.

4.4 Analisa Biaya

Pada subbab ini, biaya yang dianalisa dan diperhitungkan yaitu biaya material dan upah sesuai dengan metode rotasi yang dilaksanakan. Untuk mendapatkan biaya material bekisting dari tiap rotasi, kebutuhan material berdasarkan rotasi akan dikalikan dengan harga satuan yang diperoleh dari survey pasar. Sedangkan untuk mendapatkan biaya upah, durasi total yang diperoleh dari penjadwalan tiap rotasi akan dikalikan dengan kebutuhan tenaga pada tiap rotasi serta dikalikan dengan harga upah setiap tenaganya.

4.4.1 Rotasi 1,5 Lantai

- Biaya Material Kolom

Untuk perhitungan awal, yaitu kebutuhan material kolom dari lantai 0 – lantai basement setengah (lantai 1 zona 1) akan dikalikan dengan harga satuan material seperti yang terlihat pada tabel 4.10.

Tabel 4. 10 Harga Material Bekisting Kolom

Material	Satuan	Harga
Phenolic 15mm	lembar	265,000.00
Hollow 50.50.1,6	batang	238,500.00

Hollow 20.20.0,6	batang	35,500.00
Sekrup	buah	300.00
Tie Rod	buah	5,000.00
Wing Nut	buah	4,000.00
Push Pull Prop	buah	50,600.00
Kicker Brace	buah	20,000.00

- *Biaya Material Phenolic*
 Phenolic = Phenolic_{0-base} x harga satuan
 = 123 lbr x Rp 265.000,00
 = Rp 32.595.000,00

- *Biaya Material Hollow 50.50.1,6*
 Hollow = Hollow_{0-base} x harga satuan
 = 400 btg x Rp 238.500,00
 = Rp 95.400.000,00

- *Biaya Material Hollow 20.20.0,6*
 Hollow = Hollow_{0-base} x harga satuan
 = 428 btg x Rp 35.500,00
 = Rp 15.194.000,00

- *Biaya Material Sekrup*
 Sekrup = Sekrup_{0-base} x harga satuan
 = 4473 bh x Rp 300.00
 = Rp 1.341.900,00

Sedangkan untuk material support beserta komponennya akan direncanakan menyewa, sehingga biaya yang dikeluarkan adalah biaya sewa per bulan. Maka, biaya materialnya yaitu kebutuhan material support dan komponennya akan dikalikan dengan harga sewa kemudian dikalikan juga dengan durasi total. Pada rotasi 1,5 lantai ini diperoleh durasi pelaksanaan bekisting selama 126 hari \approx 5 bulan.

- *Biaya Material Tie Rod*

$$\begin{aligned} \text{Tie Rod} &= \text{Tie Rod}_{0\text{-base}} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi} \\ &= 1284 \text{ bh} \times \text{Rp } 5,000.00 \times 5 \\ &= \text{Rp } 32.100.000,00 \end{aligned}$$
- *Biaya Material Wing Nut*

$$\begin{aligned} \text{Wing Nut} &= \text{Wing nut}_{0\text{-base}} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi} \\ &= 2568 \text{ bh} \times \text{Rp } 4.000,00 \times 5 \\ &= \text{Rp } 51.360.000,00 \end{aligned}$$
- *Biaya Material Push Pull Prop*

$$\begin{aligned} \text{PushPullProp} &= \text{PushPullProp}_{0\text{-base}} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi} \\ &= 196 \text{ buah} \times \text{Rp } 50.600,00 \times 5 \\ &= \text{Rp } 49.588.000,00 \end{aligned}$$
- *Biaya Material Kicker Brace*

$$\begin{aligned} \text{Kicker Brace} &= \text{Kicker Brace}_{0\text{-base}} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi} \\ &= 196 \text{ buah} \times \text{Rp } 20.000,00 \times 5 \\ &= \text{Rp } 19.600.000,00 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, biaya material kolom lantai basement setengah hingga lantai 14, akan dilakukan dengan cara yang sama sesuai dengan kebutuhan materialnya.

- **Biaya Material Balok**

Untuk perhitungan awal, yaitu kebutuhan material balok dari lantai 0 – lantai 1,5 akan dikalikan dengan harga satuan material seperti yang terlihat pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11 Harga Material Bekisting Balok

Material	Satuan	Harga
Phenolic 15mm	lembar	265,000.00
Hollow 50.50.1,6	batang	238,500.00
Kayu 5/7	m3	1,500,000.00
Kayu 6/12	m3	1,500,000.00

Kayu 8/12	m3	1,500,000.00
Paku	kg	16,000.00
Sekrup	buah	300.00
Besi Siku	buah	6,000.00
Main Frame	buah	8,000.00
Cross Brace	buah	5,000.00
Jack Base	buah	5,500.00
U Head	buah	5,500.00
Join Pin	buah	2,000.00
Push Pull Prop	buah	50,600.00

- *Biaya Material Phenolic*
Phenolic = Phenolic $_{0-1,5}$ x harga satuan
= 201 lbr x Rp 265.000,00
= Rp 53.265.000,00

- *Biaya Material Kayu 6/12*
Kayu 6/12 = Kayu $_{0-1,5}$ x harga satuan
= 13,25 m3 x Rp 1.500.000,00
= Rp 19.867.680,00

- *Biaya Material Kayu 8/12*
Kayu 8/12 = Kayu $_{0-1,5}$ x harga satuan
= 12,04 m3 x Rp 1.500.000,00
= Rp 18.049.248,00

- *Biaya Material Kayu 5/7*
Kayu 5/7 = Kayu $_{0-1,5}$ x harga satuan
= 2,59 m3 x Rp 1.500.000,00
= Rp 3.889.620,00

- *Biaya Material Hollow 50.50.1,6*
Hollow = Hollow $_{0-1,5}$ x harga satuan

$$= 703 \text{ btg} \times \text{Rp } 238.500,00$$

$$= \text{Rp } 167.665.500,00$$

➤ *Biaya Material Paku*

$$\text{Paku} = \text{Paku}_{0-1,5} \times \text{harga satuan}$$

$$= 157,8 \text{ kg} \times \text{Rp } 16,000,00$$

$$= \text{Rp } 2.524.825,00$$

➤ *Biaya Material Sekrup*

$$\text{Sekrup} = \text{Sekrup}_{0-1,5} \times \text{harga satuan}$$

$$= 7175 \text{ bh} \times \text{Rp } 300,00$$

$$= \text{Rp } 2.152.500,00$$

Untuk material perancah beserta komponennya akan direncanakan menyewa, sehingga biaya yang dikeluarkan adalah biaya sewa per bulan. Maka biaya materialnya yaitu kebutuhan material perancah dan komponennya akan dikalikan dengan harga sewa kemudian dikalikan juga dengan durasi total, dimana durasi untuk rotasi 1,5 lantai ini adalah 126 hari \approx 5 bulan.

➤ *Biaya Material Besi Siku*

$$\text{Besi Siku} = \text{Besi Siku}_{0-1,5} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi}$$

$$= 3066 \text{ buah} \times \text{Rp } 6.000,00 \times 5$$

$$= \text{Rp } 91.980.000,00$$

➤ *Biaya Material Main Frame*

$$\text{Main Frme} = \text{Main Frame}_{0-1,5} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi}$$

$$= 808 \text{ buah} \times \text{Rp } 8.000,00 \times 5$$

$$= \text{Rp } 32.320.000,00$$

➤ *Biaya Material Cross Brace*

$$\text{Cross brace} = \text{Cross Brace}_{0-1,5} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi}$$

$$= 1112 \text{ buah} \times \text{Rp } 5.000,00 \times 5$$

$$= \text{Rp } 27.800.000,00$$

- *Biaya Material Jack Base*
 Jack Base = Jack Base $_{0-1,5}$ x harga satuan x durasi
 = 1298 buah x Rp 5.500,00 x 5
 = Rp 35.695.000,00
- *Biaya Material U-Head Jack*
 U-head = U-Head $_{0-1,5}$ x harga satuan x durasi
 = 1298 buah x Rp 5.500,00 x 5
 = Rp 35.695.000,00
- *Biaya Material Join Pin*
 Join Pin = join pin $_{0-1,5}$ x harga satuan x durasi
 = 318 buah x Rp 2.000,00 x 5
 = Rp 3.180.000,00

Untuk perhitungan selanjutnya, biaya material balok lantai 1,5 hingga atap, akan dilakukan dengan cara yang sama sesuai dengan kebutuhan materialnya.

- **Biaya Material Plat**

Untuk perhitungan awal, yaitu kebutuhan material plat dari lantai 0 – lantai 1,5 akan dikalikan dengan harga satuan material seperti yang terlihat pada tabel 4.12.

Tabel 4. 12 Harga Material Bekisting Plat

Material	Satuan	Harga
Phenolic 15mm	lembar	265,000.00
Hollow 50.50.1,6	batang	238,500.00
Kayu 8/12	m3	1,500,000.00
Jack Base	buah	5,500.00
U Head	buah	5,500.00
Pipa Galvanis	buah	21,000.00

- *Biaya Material Phenolic*
 Phenolic = Phenolic $_{0-1,5}$ x harga satuan

- $$= 217 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00$$
- $$= \text{Rp } 57.505.000,00$$
- *Kebutuhan Material Kayu 8/12*
 Kayu 8/12 = Kayu_{0-1,5} x harga satuan
 = 8,47 m³ x Rp 1.500.000,00
 = Rp 12.701.520,00
 - *Biaya Material Hollow 50.50.1,6*
 Hollow = Hollow_{0-1,5} x harga satuan
 = 280 btg x Rp 238.500,00
 = Rp 66.780.000,00

Untuk material support beserta komponennya akan direncanakan menyewa, sehingga biaya yang dikeluarkan adalah biaya sewa per bulan. Maka biaya materialnya yaitu kebutuhan material support dan komponennya akan dikalikan dengan harga sewa kemudian dikalikan juga dengan durasi total (= 5 bulan).

- *Biaya Material Support*
 Support = Support_{0-1,5} x harga satuan x durasi
 = 1624 bh x Rp 21.000,00 x 5
 = Rp 170.520.000,00
- *Biaya Material Jack Base*
 Jack Base = Jack Base_{0-1,5} x harga satuan x durasi
 = 1624 buah x Rp 5.500,00 x 5
 = Rp 44.660.000,00
- *Biaya Material U-Head Jack*
 U-head = U Head_{0-1,5} x harga satuan x durasi
 = 1624 bh x Rp 5.500,00 x 5
 = Rp 44.660.000,00

Untuk perhitungan selanjutnya, biaya material plat lantai 1,5 hingga atap, akan dilakukan dengan cara yang sama sesuai dengan kebutuhan materialnya.

➤ *Biaya Upah*

Tabel 4. 13 Harga Upah Tenaga

Tenaga	Satuan	Harga
Mandor	OH	150,000.00
Tukang	OH	120,000.00
Buruh	OH	90,000.00

Dari hasil penjadwalan untuk rotasi 1,5 lantai, didapatkan durasi total 126 hari dengan kebutuhan tenaga sebanyak 3 grup kerja (pada masing - masing zona) untuk bekisting kolom, 4 grup kerja (pada masing - masing zona) untuk bekisting balok dan plat. Total kebutuhan tenaga untuk rotasi 1,5 lantai ini adalah :

- n Tukang bekisting kolom = 3 org x n zona
= 3 org x 2
= **6 orang**
 - n Tukang bekisting balok = 4 org x n zona
= 4 org x 2
= **8 orang**
 - n Tukang bekisting plat = 4 org x n zona
= 4 org x 2
= **8 orang**
-
- +
- ∑ Tukang = **22 orang**
 - n Buruh bekisting kolom = 3 org x n zona
= 3 org x 2
= **6 orang**
 - n Buruh bekisting balok = 4 org x n zona
= 4 org x 2
= **8 orang**
 - n Buruh bekisting plat = 4 org x n zona
= 4 org x 2

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \text{Hollow}_{0-1} \times \text{harga satuan} \\ &= 536 \text{ batang} \times \text{Rp } 35.500,00 \\ &= \text{Rp } 19.028.000,00 \end{aligned}$$

➤ *Biaya Material Sekrup*

$$\begin{aligned} \text{Sekrup} &= \text{Sekrup}_{0-1} \times \text{harga satuan} \\ &= 5892 \text{ buah} \times \text{Rp } 300,00 \\ &= \text{Rp } 1.767.600,00 \end{aligned}$$

Sama seperti metode rotasi 1,5 lantai, untuk material support beserta komponen pada metode rotasi 2 lantai ini akan direncanakan menyewa, sehingga biaya yang dikeluarkan adalah biaya sewa per bulan. Maka biaya materialnya yaitu kebutuhan material support dan komponennya akan dikalikan dengan harga sewa kemudian dikalikan juga dengan durasi total. Pada rotasi 2 lantai ini diperoleh durasi pelaksanaan bekisting selama 107 hari \approx 4 bulan.

➤ *Biaya Material Tie Rod*

$$\begin{aligned} \text{Tie Rod} &= \text{Tie Rod}_{0-1} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi} \\ &= 1608 \text{ buah} \times \text{Rp } 5000,00 \times 4 \\ &= \text{Rp } 32.160.000,00 \end{aligned}$$

➤ *Biaya Material Wing Nut*

$$\begin{aligned} \text{Wing Nut} &= \text{Wing nut}_{0-1} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi} \\ &= 3216 \text{ buah} \times \text{Rp } 4000,00 \times 4 \\ &= \text{Rp } 51.456.000,00 \end{aligned}$$

➤ *Biaya Material Push Pull Prop*

$$\begin{aligned} \text{PushPullProp} &= \text{PushPullProp}_{0-1} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi} \\ &= 232 \text{ buah} \times \text{Rp } 50.600,00 \times 4 \\ &= \text{Rp } 46.956.800,00 \end{aligned}$$

➤ *Biaya Material Kicker Brace*

$$\text{Kicker Brace} = \text{Kicker Brace}_{0-1} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi}$$

$$= 232 \text{ buah} \times \text{Rp } 20.000,00 \times 4$$

$$= \text{Rp } 18.560.000,00$$

Untuk perhitungan selanjutnya, biaya material kolom lantai 1 hingga lantai 14, akan dilakukan dengan cara yang sama sesuai dengan kebutuhan materialnya.

- **Biaya Material Balok**

Untuk perhitungan awal yaitu kebutuhan material balok dari lantai 0 – lantai 2 akan dikalikan dengan harga satuan material.

- *Biaya Material Phenolic*

$$\text{Phenolic} = \text{Phenolic}_{0-2} \times \text{harga satuan}$$

$$= 242 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00$$

$$= \text{Rp } 64.130.000,00$$

- *Biaya Material Kayu 6/12*

$$\text{Kayu 6/12} = \text{Kayu}_{0-2} \times \text{harga satuan}$$

$$= 16 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00$$

$$= \text{Rp } 23.988.960,00$$

- *Biaya Material Kayu 8/12*

$$\text{Kayu 8/12} = \text{Kayu}_{0-2} \times \text{harga satuan}$$

$$= 14,51 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00$$

$$= \text{Rp } 21.751.776,00$$

- *Biaya Material Kayu 5/7*

$$\text{Kayu 5/7} = \text{Kayu}_{0-2} \times \text{harga satuan}$$

$$= 3,11 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00$$

$$= 4.675.440,00$$

- *Biaya Material Hollow 50.50.1,6*

$$\text{Hollow} = \text{Hollow}_{0-2} \times \text{harga satuan}$$

$$= 847 \text{ btg} \times \text{Rp } 238.500,00$$

$$= \text{Rp } 202.009.500,00$$

- *Biaya Material Paku*

$$\text{Paku} = \text{Paku}_{0-2} \times \text{harga satuan}$$

$$= 189,48 \text{ kg} \times \text{Rp } 16.000,00$$

$$= \text{Rp } 3.031.749,00$$

➤ *Biaya Material Sekrup*

$$\text{Sekrup} = \text{Sekrup}_{0-2} \times \text{harga satuan}$$

$$= 8616 \text{ bh} \times \text{Rp } 300,00$$

$$= \text{Rp } 2.584.800,00$$

Sama seperti metode rotasi 1,5 lantai, untuk material perancah beserta komponennya pada metode rotasi 2 lantai ini akan direncanakan menyewa, sehingga biaya yang dikeluarkan adalah biaya sewa per bulan. Maka biaya materialnya yaitu kebutuhan material perancah dan komponennya akan dikalikan dengan harga sewa kemudian dikalikan juga dengan durasi total, dimana durasi untuk rotasi 2 lantai ini adalah 107 hari \approx 4 bulan.

➤ *Biaya Material Besi Siku*

$$\text{Besi Siku} = \text{Besi Siku}_{0-2} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi}$$

$$= 3702 \text{ bh} \times \text{Rp } 6.000,00 \times 4$$

$$= \text{Rp } 88.848.000,00$$

➤ *Biaya Material Main Frame*

$$\text{Main Frame} = \text{Main Frame}_{0-2} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi}$$

$$= 1104 \text{ bh} \times \text{Rp } 8.000,00 \times 4$$

$$= \text{Rp } 35.328.000,00$$

➤ *Biaya Material Cross Brace*

$$\text{Cross brace} = \text{Cross Brace}_{0-2} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi}$$

$$= 1520 \text{ bh} \times \text{Rp } 5.000,00 \times 4$$

$$= \text{Rp } 30.400.000,00$$

➤ *Biaya Material Jack Base*

$$\text{Jack Base} = \text{Jack Base}_{0-2} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi}$$

$$= 1594 \text{ bh} \times \text{Rp } 5.500,00 \times 4$$

$$= \text{Rp } 35.068.000,00$$

➤ *Biaya Material U-Head Jack*
 U-head = $u_{head_{0-2}} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi}$
 = $1594 \text{ bh} \times \text{Rp } 5.500,00 \times 4$
 = $\text{Rp } 35.068.000,00$

➤ *Biaya Material Join Pin*
 Join Pin = $\text{Join Pin}_{0-2} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi}$
 = $614 \text{ buah} \times \text{Rp } 2000,00 \times 4$
 = $\text{Rp } 4.912.000,00$

Untuk perhitungan selanjutnya, biaya material balok lantai 2 hingga atap, akan dilakukan dengan cara yang sama sesuai dengan kebutuhan materialnya.

• **Biaya Material Plat**

Untuk perhitungan awal yaitu kebutuhan material plat dari lantai 0 – lantai 2 akan dikalikan dengan harga satuan material.

➤ *Biaya Material Phenolic*
 Phenolic = $\text{Phenolic}_{0-2} \times \text{harga satuan}$
 = $261 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00$
 = $\text{Rp } 69.165.000,00$

➤ *Biaya Material Kayu 8/12*
 Kayu 8/12 = $\text{Kayu}_{0-2} \times \text{harga satuan}$
 = $10,15 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00$
 = $\text{Rp } 15.224.112,00$

➤ *Biaya Material Hollow 50.50.1,6*
 Hollow = $\text{Hollow}_{0-2} \times \text{harga satuan}$
 = $342 \text{ btg} \times \text{Rp } 238.500,00$
 = $\text{Rp } 81.567.000,00$

Sama seperti metode rotasi 1,5 lantai, untuk material supportbeserta komponennya pada metode rotasi 2 lantai ini juga akan direncanakan menyewa, sehingga biaya yang

dikeluarkan adalah biaya sewa per bulan. Maka biaya materialnya yaitu kebutuhan material support dan komponennya akan dikalikan dengan harga sewa kemudian dikalikan juga dengan durasi total (= 4 bulan).

➤ *Biaya Material Support*

$$\begin{aligned} \text{Support} &= \text{Support}_{0-2} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi} \\ &= 2029 \text{ bh} \times \text{Rp } 21.000,00 \times 4 \\ &= \text{Rp } 170.436.000,00 \end{aligned}$$

➤ *Biaya Material Jack Base*

$$\begin{aligned} \text{Jack Base} &= \text{Jack Base}_{0-2} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi} \\ &= 2029 \text{ bh} \times \text{Rp } 5.500,00 \times 4 \\ &= \text{Rp } 44.638.000,00 \end{aligned}$$

➤ *Biaya Material U-Head Jack*

$$\begin{aligned} \text{U Head} &= \text{U head}_{0-2} \times \text{harga satuan} \times \text{durasi} \\ &= 2029 \text{ bh} \times \text{Rp } 5.500,00 \times 4 \\ &= \text{Rp } 44.638.000,00 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, biaya material plat lantai 2 hingga atap, akan dilakukan dengan cara yang sama sesuai dengan kebutuhan materialnya.

➤ *Biaya Upah*

Dari hasil penjadwalan untuk rotasi 2 lantai, didapatkan durasi total 107 hari dengan kebutuhan tenaga sama seperti metode rotasi 1,5 lantai, yaitu sebanyak 3 grup kerja (pada masing - masing zona) untuk bekisting kolom, 4 grup kerja (pada masing - masing zona) untuk bekisting balok dan plat. Total kebutuhan tenaga untuk rotasi 2 lantai ini adalah :

- \sum Tukang = 22 orang
- \sum Buruh = 22 orang
- \sum Mandor = 1,1 orang

Maka biaya upah tenaga untuk metode rotasi 2 lantai dapat dihitung sebagai berikut :

- Tukang = $\sum \text{tukang} \times \text{durasi} \times \text{harga upah}$
 = $22 \times 107 \times \text{Rp } 120.000,00$
 = Rp 282.480.000,00
- Buruh = $\sum \text{buruh} \times \text{durasi} \times \text{harga upah}$
 = $22 \times 107 \times \text{Rp } 90.000,00$
 = Rp 211.860.000,00
- Mandor = $\sum \text{mandor} \times \text{durasi} \times \text{harga upah}$
 = $1,1 \times 107 \times \text{Rp } 150.000,00$
 = Rp 17.655.000,00

4.4.3 Rotasi 2,5 Lantai

- Biaya Material Kolom

Untuk perhitungan awal yaitu kebutuhan material kolom dari lantai 0 – lantai 1,5 akan dikalikan dengan harga satuan material.

- *Biaya Material Phenolic*

$$\begin{aligned} \text{Phenolic} &= \text{Phenolic}_{0-1,5} \times \text{harga satuan} \\ &= 187 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 49.555.000,00 \end{aligned}$$

- *Biaya Material Hollow 50.50.1,6*

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \text{Hollow}_{0-1,5} \times \text{harga satuan} \\ &= 591 \text{ btg} \times \text{Rp } 238.500,00 \\ &= \text{Rp } 140.953.500,00 \end{aligned}$$

Sama seperti metode rotasi 1,5 dan 2lantai, untuk material support beserta komponennya pada metode rotasi 2,5 lantai ini akan direncanakan menyewa, sehingga biaya yang dikeluarkan adalah biaya sewa per bulan. Maka biaya materialnya yaitu kebutuhan material support dan komponennya akan dikalikan dengan harga sewa kemudian dikalikan juga dengan durasi total.

- **Biaya Material Balok**

Untuk perhitungan awal yaitu kebutuhan material balok dari lantai 0 – lantai 2,5 akan dikalikan dengan harga satuan material.

- *Biaya Material Phenolic*

$$\begin{aligned} \text{Phenolic} &= \text{Phenolic}_{0-2,5} \times \text{harga satuan} \\ &= 283 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 74.995.000,00 \end{aligned}$$

- *Biaya Material Hollow 50.50.1,6*

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \text{Hollow}_{0-2,5} \times \text{harga satuan} \\ &= 1000 \text{ btg} \times \text{Rp } 238.500,00 \\ &= \text{Rp } 238.500.000,00 \end{aligned}$$

Sama seperti metode rotasi 1,5 dan 2 lantai, untuk material perancah beserta komponennya pada metode rotasi 2,5 lantai ini akan direncanakan menyewa, sehingga biaya yang dikeluarkan adalah biaya sewa per bulan. Maka biaya materialnya yaitu kebutuhan material perancah dan komponennya akan dikalikan dengan harga sewa kemudian dikalikan juga dengan durasi total.

- **Biaya Material Plat**

Untuk perhitungan awal yaitu kebutuhan material plat dari lantai 0 – lantai 2,5 akan dikalikan dengan harga satuan material.

- *Biaya Material Phenolic*

$$\begin{aligned} \text{Phenolic} &= \text{Phenolic}_{0-2,5} \times \text{harga satuan} \\ &= 290 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 76.850.000,00 \end{aligned}$$

- *Biaya Material Hollow 50.50.1,6*

$$\begin{aligned} \text{Hollow} &= \text{Hollow}_{0-2,5} \times \text{harga satuan} \\ &= 382 \text{ btg} \times \text{Rp } 238.500,00 \end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 91.107.000,00$$

Sama seperti metode rotasi 1,5 dan 2 lantai, untuk material support beserta komponennya pada metode rotasi 2,5 lantai ini juga akan direncanakan menyewa, sehingga biaya yang dikeluarkan adalah biaya sewa per bulan. Maka biaya materialnya yaitu kebutuhan material support dan komponennya akan dikalikan dengan harga sewa kemudian dikalikan juga dengan durasi total.

➤ *Biaya Upah*

Dari hasil penjadwalan untuk rotasi 2,5 lantai, didapatkan durasi total 106 hari dengan kebutuhan tenaga sama seperti metode rotasi 1,5 dan 2 lantai, yaitu sebanyak 3 grup kerja (pada masing - masing zona) untuk bekisting kolom, 4 grup kerja (pada masing - masing zona) untuk bekisting balok dan plat. Total kebutuhan tenaga untuk rotasi 2,5 lantai ini adalah :

- \sum Tukang = 22 orang
- \sum Buruh = 22 orang
- \sum Mandor = 1,1 orang

Maka biaya upah tenaga untuk metode rotasi 2,5 lantai dapat dihitung sebagai berikut :

- Tukang = \sum tukang x durasi x harga upah
 $= 22 \times 105 \times \text{Rp } 120.000,00$
 $= \text{Rp } 277.200.000,00$
- Buruh = \sum buruh x durasi x harga upah
 $= 22 \times 105 \times \text{Rp } 90.000,00$
 $= \text{Rp } 207.900.000,00$
- Mandor = \sum mandor x durasi x harga upah
 $= 1,1 \times 105 \times \text{Rp } 150.000,00$
 $= \text{Rp } 17.325.000,00$

4.4.4 Rekapitulasi Biaya Pekerjaan Bekisting Kolom, Balok dan Plat Semi Sistem berdasarkan Rotasi Bekisting

Dari hasil perhitungan biaya material dan upah pada pekerjaan bekisting kolom, balok, dan plat semi sistem berdasarkan rotasi bekisting diperoleh hasil total biaya seperti pada tabel 4.14 berikut :

Tabel 4. 14 Rekapitulasi Total Biaya Berdasarkan Rotasi

Rotasi	Material			Upah	Total Biaya
	Kolom	Balok	Plat		
	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)
1,5 Lantai	324.761.900,00	595.064.797,00	449.543.050,00	602.910.000,00	1.972.279.747,00
2 Lantai	363.966.100,00	644.720.001,00	471.834.996,00	511.995.000,00	1.992.516.097,00
2,5 Lantai	405.192.700,00	744.212.971,00	528.789.752,00	502.425.000,00	2.180.620.423,00

1. Rotasi 1,5 lantai = Rp 1.972.279.747,00
2. Rotasi 2 lantai = Rp 1.992.516.097,00
3. Rotasi 2,5 lantai = Rp 2.180.620.423,00

Untuk perhitungan selengkapnya akan ditabelkan dalam lampiran 4.4

4.5 Analisa Sisa Material

Analisa sisa material (waste material) yang akan diperhitungkan ada 2 macam, yaitu waste akibat sisa potongan yang tidak terpakai dan akibat kerusakan. Material bekisting yang akan mengalami waste yaitu multiplek dan kayu.

4.5.1 Rotasi 1,5 Lantai

Berikut akan dibahas waste material akibat sisa potongan dan kerusakan pada kolom, balok dan pelat semi sistem berdasarkan rotasi 1,5 lantai

4.5.1.1 Waste Material Akibat Sisa Potongan

Waste akibat sisa potongan terjadi pada material phenolic, karena pada penelitian tugas akhir ini, kebutuhan material phenolic akan direncanakan membeli dengan dimensi dan harga yang telah tersedia di pasaran. Telah dijelaskan pada subbab sebelumnya bahwa material phenolic memiliki masa pakai sampai 5 kali. Dimana, bila phenolic sudah lebih dari 5 kali pemakaian, maka harus melakukan pembelian material baru sesuai dengan kebutuhannya.

- Kolom

Berikut contoh perhitungan waste material phenolic kolom untuk rotasi 1,5 lantai.

- *Lantai 0 – Lantai Basement Setengah*

- Zona 1

$$\begin{aligned} \text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 72 \text{ lembar} \\ \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 70,17 \text{ lembar} \\ \text{Volume waste} &= d - p \\ &= 72 - 70,17 \\ &= 1,83 \text{ lembar} \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned} \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 1,83 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 485.536,91 \end{aligned}$$

- Zona 2

$$\begin{aligned} \text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 51 \text{ lembar} \\ \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 50,74 \text{ lembar} \\ \text{Volume waste} &= d - p \\ &= 51 - 50,74 \\ &= 0,26 \text{ lembar} \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,26 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 69.362,42\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\ &= \text{Rp } 485.536,91 + \text{Rp } 69.362,42 \\ &= \text{Rp } 554.899,33\end{aligned}$$

- Balok

Berikut contoh perhitungan waste material phenolic balok untuk rotasi 1,5 lantai.

- *Lantai 0 – Lantai 1,5*

- Zona 1

$$\begin{aligned}\text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 118 \text{ lembar} \\ \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 116,8 \text{ lembar} \\ \text{Volume waste} &= d - p \\ &= 118 - 116,8 \\ &= 1,2 \text{ lembar}\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 1,2 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 316.932,89\end{aligned}$$

- Zona 2

$$\begin{aligned}\text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 83 \text{ lembar} \\ \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 82,9 \text{ lembar} \\ \text{Volume waste} &= d - p \\ &= 83 - 82,9 \\ &= 0,11 \text{ lembar}\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,11 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 27.825,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\ &= \text{Rp } 316.932,89 + \text{Rp } 27.825,00 \\ &= \text{Rp } 344.757,89\end{aligned}$$

- Plat

Berikut contoh perhitungan waste material phenolic plat untuk rotasi 1,5 lantai.

- *Lantai 0 – Lantai 1,5*

- Zona 1

$$\begin{aligned}\text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 128 \text{ lembar} \\ \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 127,75 \text{ lembar} \\ \text{Volume waste} &= d - p \\ &= 128 - 127,75 \\ &= 0,25 \text{ lembar}\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,25 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 67.334,90\end{aligned}$$

- Zona 2

$$\begin{aligned}\text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 89 \text{ lembar} \\ \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 88,99 \text{ lembar} \\ \text{Volume waste} &= d - p \\ &= 89 - 88,99 \\ &= 0,01 \text{ lembar}\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,01 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 2.614,43\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost } Z1 + \text{WasteCost } Z2 \\ &= \text{Rp } 67.334,90 + \text{Rp } 2.614,43 \\ &= \text{Rp } 69.949,33\end{aligned}$$

Tabel 4. 15 Total Waste Cost Akibat Sisa Potongan Berdasarkan Rotasi 1,5 Lantai

Rotasi	Waste Cost Akibat Sisa Potongan			Total Waste Cost
	Kolom	Balok	Plat	
	(Rp)	(Rp)	(Rp)	(Rp)
1,5 Lantai	1.205.838,93	1.262.324,83	747.051,01	3.215.214,77

Berdasarkan dari hasil perhitungan, waste cost yang diakibatkan sisa potongan material phenolic pada rotasi 1,5 lantai ini sebesar Rp 3.215.214,77.

4.5.1.2 Waste Material Akibat Kerusakan

Waste akibat kerusakan terjadi pada material kayu. Diasumsikan pada setiap lantai kayu akan mengalami kerusakan sebesar 10%. Berikut contoh perhitungannya :

- Balok

- Kayu 6/12 (Lantai 1,5 – Lantai 3)

- Zona 1

$$\begin{aligned}\text{Volumekerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.1,5} \\ &= 10\% \times 8,28 \text{ m}^3 \\ &= 0,83 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\text{Waste cost} = \text{Volume waste} \times \text{harga satuan}$$

$$= 0,83 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00$$

$$= \text{Rp } 1.241.568,00$$

- Zona 2

$$\text{Volumekerusakan} = 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.1,5}$$

$$= 10\% \times 4,97 \text{ m}^3$$

$$= 0,5 \text{ m}^3$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\text{Waste cost} = \text{Volume waste} \times \text{harga satuan}$$

$$= 0,5 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00$$

$$= \text{Rp } 745.200,00$$

$$\text{Total Waste Cost} = \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2}$$

$$= \text{Rp } 1.241.568 + \text{Rp } 745.200,00$$

$$= \text{Rp } 1.986.768,00$$

- *Kayu 8/12 (Lantai 1,5 – Lantai 3)*

- Zona 1

$$\text{Volumekerusakan} = 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.1,5}$$

$$= 10\% \times 7,45 \text{ m}^3$$

$$= 0,74 \text{ m}^3$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\text{Waste cost} = \text{Volume waste} \times \text{harga satuan}$$

$$= 0,74 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00$$

$$= \text{Rp } 1.116.864,00$$

- Zona 2

$$\text{Volume kerusakan} = 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.1,5}$$

$$= 10\% \times 4,59 \text{ m}^3$$

$$= 0,46 \text{ m}^3$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,46 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 688.060,80\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\ &= \text{Rp } 1.116.864 + \text{Rp } 688.060,80 \\ &= \text{Rp } 1.804.924,80\end{aligned}$$

➤ *Kayu 5/7 (Lantai 1,5 – Lantai 3)*

▪ Zona 1

$$\begin{aligned}\text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.1,5} \\ &= 10\% \times 1,47 \text{ m}^3 \\ &= 0,15 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,15 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 220.962,00\end{aligned}$$

▪ Zona 2

$$\begin{aligned}\text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.1,5} \\ &= 10\% \times 1,12 \text{ m}^3 \\ &= 0,11 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,11 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 168.000,80\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\ &= \text{Rp } 220.962,00 + \text{Rp } 168.000,80 \\ &= \text{Rp } 388.962,80\end{aligned}$$

- Plat

- Kayu 8/12 (Lantai 1,5 – Lantai 3)

- Zona 1

$$\begin{aligned}\text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.1,5} \\ &= 10\% \times 5,11 \text{ m}^3 \\ &= 0,51 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,51 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 766.396,80\end{aligned}$$

- Zona 2

$$\begin{aligned}\text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.1,5} \\ &= 10\% \times 3,36 \text{ m}^3 \\ &= 0,34 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,34 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 503.755,20\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\ &= \text{Rp } 766.396,80 + \text{Rp } 503.755,20 \\ &= \text{Rp } 1.270.152,00\end{aligned}$$

Tabel 4. 16 Total Waste Cost Akibat Kerusakan Berdasarkan Rotasi 1,5 Lantai

Rotasi	Waste Cost Akibat Kerusakan		Total Waste Cost
	Balok	Plat	
	(Rp)	(Rp)	(Rp)
1,5 Lantai	41.806.548,00	12.701.520,00	54.508.068,00

Berdasarkan dari hasil perhitungan, waste cost yang diakibatkan kerusakan material kayu pada rotasi 1,5 lantai ini sebesar Rp 54.508.068,00.

4.5.2 Rotasi 2 Lantai

Berikut akan dibahas waste material akibat sisa potongan dan kerusakan pada kolom, balok dan pelat semi sistem berdasarkan rotasi 2 lantai

4.5.2.1 Waste Material Akibat Sisa Potongan

Waste akibat sisa potongan terjadi pada material phenolic. Berikut contoh perhitungan waste akibat sisa potongan pada kolom, balok dan plat untuk rotasi 2 lantai.

- Kolom

- *Lantai 0 – Lantai 1*

- Zona 1

Volume kedatangan phenolic (d)	= 72 lembar
Volume terpasang phenolic (p)	= 70,17 lembar
Volume waste	= d – p
	= 72 – 70,17
	= 1,83 lembar

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned} \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 1,83 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 485.536,91 \end{aligned}$$

- Zona 2

Volume kedatangan phenolic (d)	= 90 lembar
Volume terpasang phenolic (p)	= 89,09 lembar
Volume waste	= d – p
	= 90 - 89,09
	= 0,91 lembar

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,91 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 240.100,67\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\ &= \text{Rp}485.536,91 + \text{Rp}240.100,67 \\ &= \text{Rp } 725.637,58\end{aligned}$$

- Balok

- *Lantai 0 – Lantai 2*

- Zona 1

$$\begin{aligned}\text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 118 \text{ lembar} \\ \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 116,8 \text{ lembar} \\ \text{Volume waste} &= d - p \\ &= 118 - 116,8 \\ &= 1,2 \text{ lembar}\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 1,2 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 316.932,89\end{aligned}$$

- Zona 2

$$\begin{aligned}\text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 124 \text{ lembar} \\ \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 122,99 \text{ lembar} \\ \text{Volume waste} &= d - p \\ &= 124 - 122,99 \\ &= 1,01 \text{ lembar}\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 1,01 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00\end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 267.872,32$$

$$\begin{aligned} \text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\ &= \text{Rp } 316.932,89 + \text{Rp } 267.872,32 \\ &= \text{Rp } 584.805,20 \end{aligned}$$

- Plat

- *Lantai 0 – Lantai 2*

- Zona 1

$$\begin{aligned} \text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 128 \text{ lembar} \\ \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 127,75 \text{ lembar} \\ \text{Volume waste} &= d - p \\ &= 128 - 127,75 \\ &= 0,25 \text{ lembar} \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned} \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,25 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 67.334,90 \end{aligned}$$

- Zona 2

$$\begin{aligned} \text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 133 \text{ lembar} \\ \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 132,16 \text{ lembar} \\ \text{Volume waste} &= d - p \\ &= 133 - 132,16 \\ &= 0,84 \text{ lembar} \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned} \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,84 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\ &= \text{Rp } 221.977,52 \end{aligned}$$

$$\text{Total Waste Cost} = \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2}$$

$$= \text{Rp } 67.334,90 + \text{Rp } 221.977,52$$

$$= \text{Rp } 289.312,42$$

Tabel 4. 17 Total Waste Cost Akibat Sisa Potongan Berdasarkan Rotasi 2 Lantai

Rotasi	Waste Cost Akibat Sisa Potongan			Total Waste Cost
	Kolom	Balok	Plat	
	(Rp)	(Rp)	(Rp)	
2 Lantai	1.497.516,78	1.513.656,88	871.556,54	3.882.730,20

Berdasarkan dari hasil perhitungan, waste cost yang diakibatkan sisa potongan material phenolic pada rotasi 2 lantai ini sebesar Rp 3.882.730,20

4.5.2.2 Waste Material Akibat Kerusakan

Waste akibat kerusakan terjadi pada material kayu. Sama seperti rotasi 1,5 lantai, untuk rotasi 2 lantai ini juga akan diasumsikan bahwa pada setiap lantai, kayu akan mengalami kerusakan sebesar 10%. Berikut contoh perhitungannya :

- Balok

- Kayu 6/12 (Lantai 2 – Lantai 4)

- Zona 1

$$\begin{aligned} \text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2} \\ &= 10\% \times 8,28 \text{ m}^3 \\ &= 0,83 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned} \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,83 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.241.568,00 \end{aligned}$$

- Zona 2

$$\begin{aligned} \text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2} \\ &= 10\% \times 7,72 \text{ m}^3 \\ &= 0,77 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,77 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.157.328,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\ &= \text{Rp}1.241.568 + \text{Rp}1.157.328,00 \\ &= \text{Rp } 2.398.896,00\end{aligned}$$

➤ *Kayu 8/12 (Lantai 2 – Lantai 4)*

▪ Zona 1

$$\begin{aligned}\text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2} \\ &= 10\% \times 7,45 \text{ m}^3 \\ &= 0,74 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,74 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.116.864,00\end{aligned}$$

▪ Zona 2

$$\begin{aligned}\text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2} \\ &= 10\% \times 7,06 \text{ m}^3 \\ &= 0,71 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,71 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.058.313,60\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\ &= \text{Rp}1.116.864 + \text{Rp}1.058.313,60\end{aligned}$$

$$= \text{Rp } 2.175.177,60$$

➤ *Kayu 5/7 (Lantai 2 – Lantai 4)*

▪ Zona 1

$$\begin{aligned} \text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2} \\ &= 10\% \times 1,47 \text{ m}^3 \\ &= 0,15 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned} \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,15 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 220.962,00 \end{aligned}$$

▪ Zona 2

$$\begin{aligned} \text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2} \\ &= 10\% \times 1,64 \text{ m}^3 \\ &= 0,16 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned} \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,16 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 246.582,00 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\ &= \text{Rp } 220.962,00 + \text{Rp } 246.582,00 \\ &= \text{Rp } 467.544,00 \end{aligned}$$

• Plat

➤ *Kayu 8/12 (Lantai 2 – Lantai 4)*

▪ Zona 1

$$\begin{aligned} \text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2} \\ &= 10\% \times 5,11 \text{ m}^3 \\ &= 0,51 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,51 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 766.396,80\end{aligned}$$

- **Zona 2**

$$\begin{aligned}\text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2} \\ &= 10\% \times 5,04 \text{ m}^3 \\ &= 0,5 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,5 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 756.014,40\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\ &= \text{Rp } 766.396,80 + \text{Rp } 756.014,40 \\ &= \text{Rp } 1.522.411,20\end{aligned}$$

Tabel 4. 18 Total Waste Cost Akibat Kerusakan Berdasarkan Rotasi 2 Lantai

Rotasi	Waste Cost Akibat Kerusakan		Total Waste Cost
	Balok	Plat	
	(Rp)	(Rp)	(Rp)
2 Lantai	35.291.323,20	10.656.878,40	45.948.201,60

Berdasarkan dari hasil perhitungan, waste cost yang diakibatkan kerusakan material kayu pada rotasi 2 lantai ini sebesar Rp 45.948.201,60.

4.5.3 Rotasi 2,5 Lantai

Berikut akan dibahas waste material akibat sisa potongan dan kerusakan pada kolom, balok dan pelat semi sistem berdasarkan rotasi 2,5 lantai

4.5.3.1 Waste Material Akibat Sisa Potongan

Waste akibat sisa potongan terjadi pada material phenolic. Berikut contoh perhitungan waste akibat sisa potongan pada kolom, balok dan plat untuk rotasi 2,5 lantai.

- Kolom

- *Lantai 0 – Lantai 1,5*

- Zona 1

$$\begin{aligned}
 \text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 97 \text{ lembar} \\
 \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 94,44 \text{ lembar} \\
 \text{Volume waste} &= d - p \\
 &= 97 - 94,44 \\
 &= 2,56 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}
 \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\
 &= 2,56 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\
 &= \text{Rp } 679.395,97
 \end{aligned}$$

- Zona 2

$$\begin{aligned}
 \text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 90 \text{ lembar} \\
 \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 89,09 \text{ lembar} \\
 \text{Volume waste} &= d - p \\
 &= 90 - 89,09 \\
 &= 0,91 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}
 \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\
 &= 0,91 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\
 &= \text{Rp } 240.100,67
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\
 &= \text{Rp } 679.395,97 + \text{Rp } 240.100,67 \\
 &= \text{Rp } 919.496,64
 \end{aligned}$$

- Balok

- *Lantai 0 – Lantai 2,5*

- Zona 1

$$\begin{aligned}
 \text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 159 \text{ lembar} \\
 \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 156,9 \text{ lembar} \\
 \text{Volume waste} &= d - p \\
 &= 159 - 156,9 \\
 &= 2,1 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}
 \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\
 &= 2,1 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\
 &= \text{Rp } 555.450,67
 \end{aligned}$$

- Zona 2

$$\begin{aligned}
 \text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 124 \text{ lembar} \\
 \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 122,99 \text{ lembar} \\
 \text{Volume waste} &= d - p \\
 &= 124 - 122,99 \\
 &= 1,01 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}
 \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\
 &= 1,01 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\
 &= \text{Rp } 267.872,32
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\
 &= \text{Rp } 555.450,67 + \text{Rp } 267.872,32 \\
 &= \text{Rp } 823.322,99
 \end{aligned}$$

- Plat

- *Lantai 0 – Lantai 2,5*

- Zona 1

$$\text{Volume kedatangan phenolic (d)} = 157 \text{ lembar}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 155,8 \text{ lembar} \\
 \text{Volume waste} &= d - p \\
 &= 157 - 155,8 \\
 &= 1,2 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}
 \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\
 &= 1,2 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\
 &= \text{Rp } 319.236,07
 \end{aligned}$$

▪ Zona 2

$$\begin{aligned}
 \text{Volume kedatangan phenolic (d)} &= 133 \text{ lembar} \\
 \text{Volume terpasang phenolic (p)} &= 132,16 \text{ lembar} \\
 \text{Volume waste} &= d - p \\
 &= 133 - 132,16 \\
 &= 0,84 \text{ lembar}
 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}
 \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\
 &= 0,84 \text{ lbr} \times \text{Rp } 265.000,00 \\
 &= \text{Rp } 221.977,52
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\
 &= \text{Rp } 319.236,07 + \text{Rp } 221.977,52 \\
 &= \text{Rp } 541.213,59
 \end{aligned}$$

Tabel 4. 19 Total Waste Cost Akibat Sisa Potongan Berdasarkan Rotasi 2,5 Lantai

Rotasi	Waste Cost Akibat Sisa Potongan			Total Waste Cost (Rp)
	Kolom	Balok	Plat	
	(Rp)	(Rp)	(Rp)	
2,5 Lantai	1.316.107,38	1.618.056,21	1.573.655,37	4.507.818,96

Berdasarkan dari hasil perhitungan, waste cost yang diakibatkan sisa potongan material phenolic pada rotasi 2,5 lantai ini sebesar Rp 4.507.818,96

4.5.3.2 Waste Material Akibat Kerusakan

Waste akibat kerusakan terjadi pada material kayu. Sama seperti rotasi 1,5 lantai dan 2 lantai, untuk rotasi 2,5 lantai ini juga akan diasumsikan bahwa pada setiap lantai, kayu akan mengalami kerusakan sebesar 10%. Berikut contoh perhitungannya :

- Balok
 - Kayu 6/12 (*Lantai 2,5 – Lantai 5*)
 - Zona 1
 - Volume kerusakan = $10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2,5}$
 = $10\% \times 11,31 \text{ m}^3$
 = $1,13 \text{ m}^3$
 - Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.
 Waste cost = Volume waste x harga satuan
 = $1,13 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00$
 = $\text{Rp } 1.696.464,00$
 - Zona 2
 - Volume kerusakan = $10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2,5}$
 = $10\% \times 7,72 \text{ m}^3$
 = $0,77 \text{ m}^3$
 - Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.
 Waste cost = Volume waste x harga satuan
 = $0,77 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00$
 = $\text{Rp } 1.157.328,00$
- Total Waste Cost = WasteCost Z1+WasteCost Z2
 =Rp1.696.464+ Rp1.157.328,00

$$= \text{Rp } 2.853.792,00$$

➤ *Kayu 8/12 (Lantai 2,5 – Lantai 5)*

▪ Zona 1

$$\begin{aligned} \text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2,5} \\ &= 10\% \times 10,12 \text{ m}^3 \\ &= 1,01 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned} \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 1,01 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.517.414,00 \end{aligned}$$

▪ Zona 2

$$\begin{aligned} \text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2,5} \\ &= 10\% \times 7,06 \text{ m}^3 \\ &= 0,71 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned} \text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,71 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 1.058.313,60 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\ &= \text{Rp } 1.517.414 + \text{Rp } 1.058.313,60 \\ &= \text{Rp } 2.575.728,00 \end{aligned}$$

➤ *Kayu 5/7 (Lantai 2,5 – Lantai 5)*

▪ Zona 1

$$\begin{aligned} \text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2,5} \\ &= 10\% \times 1,97 \text{ m}^3 \\ &= 0,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,2 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 295.596,00\end{aligned}$$

- Zona 2

$$\begin{aligned}\text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2,5} \\ &= 10\% \times 1,64 \text{ m}^3 \\ &= 0,16 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,16 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 246.582,00\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total Waste Cost} &= \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2} \\ &= \text{Rp } 295.596,00 + \text{Rp } 246.582,00 \\ &= \text{Rp } 542.178,00\end{aligned}$$

- Plat

- Kayu 8/12 (*Lantai 2,5 – Lantai 5*)

- Zona 1

$$\begin{aligned}\text{Volume kerusakan} &= 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2,5} \\ &= 10\% \times 6,39 \text{ m}^3 \\ &= 0,64 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\begin{aligned}\text{Waste cost} &= \text{Volume waste} \times \text{harga satuan} \\ &= 0,64 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00 \\ &= \text{Rp } 957.844,80\end{aligned}$$

- Zona 2

$$\text{Volume kerusakan} = 10\% \times \text{Vol. Kayu Lt.0- Lt.2,5}$$

$$= 10\% \times 5,04 \text{ m}^3$$

$$= 0,5 \text{ m}^3$$

Dari volume waste, maka akan diketahui waste cost yang dihasilkan, yaitu dengan mengalikan material tersebut dengan harga satuan.

$$\text{Waste cost} = \text{Volume waste} \times \text{harga satuan}$$

$$= 0,5 \text{ m}^3 \times \text{Rp } 1.500.000,00$$

$$= \text{Rp } 756.014.,40$$

$$\text{Total Waste Cost} = \text{WasteCost Z1} + \text{WasteCost Z2}$$

$$= \text{Rp } 957.844,80 + \text{Rp } 756.014,40$$

$$= \text{Rp } 1.713.859,20$$

Tabel 4. 20 Total Waste Cost Akibat Kerusakan Berdasarkan Rotasi 2,5 Lantai

Rotasi	Waste Cost Akibat Kerusakan		Total Waste Cost
	Balok	Plat	
	(Rp)	(Rp)	(Rp)
2,5 Lantai	35.830.188,00	10.283.155,20	46.113.343,20

Berdasarkan dari hasil perhitungan, waste cost yang diakibatkan kerusakan material kayu pada rotasi 2,5 lantai ini sebesar Rp 46.113.343,20

4.6 Perbandingan Waktu, Biaya dan Waste Pekerjaan Bekisting Kolom, Balok dan Plat Semi Sistem Berdasarkan Rotasi

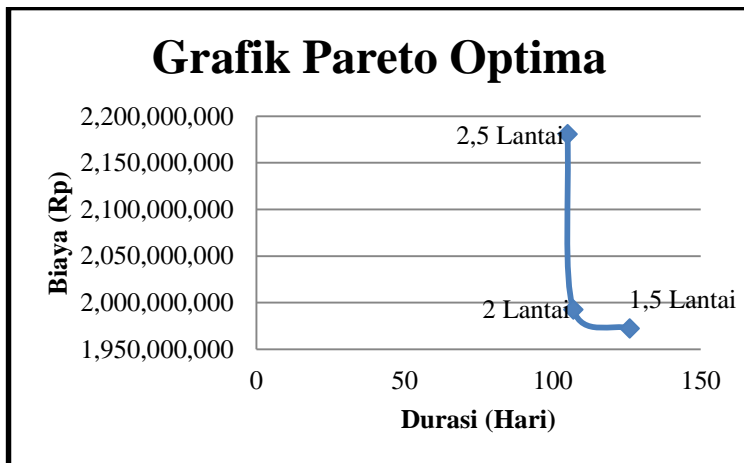
Dari hasil simulasi pekerjaan bekisting kolom, balok dan plat berdasarkan rotasi yang telah dilakukan, maka diperoleh perbandingan waktu, biaya dan waste seperti terlihat pada tabel 4.21 berikut :

Tabel 4. 21 Perbandingan Waktu, Biaya dan Waste Pekerjaan Bekisting Berdasarkan Antar Rotasi

Rotasi	Durasi	Biaya Total	Waste
	(hari)	(Rp)	(Rp)
1,5 LANTAI	126	1,972,279,747.00	57,723,282.77
2 LANTAI	107	1,992,516,097.00	49,830,931.80
2,5 LANTAI	105	2,180,620,423.00	50,621,162.16

Durasi dan biaya total yang telah diperoleh tersebut kemudian dimasukkan ke dalam grafik pareto optima

Grafik 4. 1 Grafik Pareto Optima Perbandingan Biaya dan Waktu



Telah dijelaskan pada bab sebelumnya, bahwa bila dilihat dari grafik 4.1, ketiga metode tersebut (1,5 lantai, 2 lantai, dan 2,5 lantai) sama – sama merupakan metode rotasi bekisting yang paling optimal dengan keunggulannya masing – masing. Untuk rotasi 1,5 lantai, merupakan metode yang paling optimal, namun bila dilihat dari segi biaya. Pada rotasi 2,5 lantai, juga merupakan metode yang paling optimal, tapi hanya dari segi waktunya saja.

Sedangkan metode yang paling optimal dari keduanya (waktu dan biaya) yaitu metode dengan rotasi bekisting 2 lantai.

Untuk selisih durasi, biaya, dan waste antar rotasi dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 4. 22 Selisih Durasi Pelaksanaan Bekisting Antar Rotasi

	1,5 LANTAI	2 LANTAI	2,5 LANTAI
Durasi (hari)	126	107	105
Selisih (%)		15.08	16.67

Durasi yang dihasilkan dari ketiga metode tersebut mengalami perbedaan waktu yang tidak begitu jauh (signifikan). Hal tersebut dikarenakan dalam analisa juga memperhitungkan pekerjaan bekisting kolom. Bila pekerjaan bekisting kolom juga ikut dipertimbangkan, meskipun menggunakan metode rotasi yang bermacam – macam, (1,5 lantai, 2 lantai, dan 2,5 lantai) maka pelaksanaan pekerjaan bekisting di lapangan untuk balok dan plat tetap harus menunggu bekisting kolom selesai dikerjakan.

Tabel 4. 23 Selisih Biaya Bekisting Antar Rotasi

	1,5 LANTAI	2 LANTAI	2,5 LANTAI
Biaya (Rp)	1,972,279,747	1,992,516,097	2,180,620,423
Selisih (%)		1.03	10,56

Sedangkan untuk biaya yang dihasilkan dari ketiga metode tersebut memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Hal tersebut dikarenakan bila semakin banyak rotasi yang dilakukan, semakin banyak pula material yang digunakan. Sehingga, biaya yang dikeluarkan pun juga bertambah.

Tabel 4. 24 Prsentase Waste Cost Material Bekisting Antar Rotasi

	1,5 LANTAI	2 LANTAI	2,5 LANTAI
Waste (Rp)	57,723,282.77	49,830,931.80	50,621,162.16
(%)	2,93	2,50	2.32

Dari tabel 4.24, prosentase waste cost terhadap biaya total yang paling minimal adalah rotasi 2,5 lantai

4.7 Analisa Harga Satuan

Berdasarkan grafik pareto optima diperoleh metode yang paling optimal dari segi waktu dan biaya adalah metode dengan rotasi bekisting 2 lantai. Dari analisa durasi dan biaya yang telah dilakukan untuk rotasi 2 lantai tersebut, selanjutnya dapat dibuat analisa harga satuan bekisting kolom, balok dan pelat semi sistem.

A. Kolom

a. Tenaga

Untuk mendapatkan koefisien tenaga, langkah awal yaitu menghitung koefisien pada tenaga yang paling berpengaruh, yaitu tukang. Sedangkan untuk buruh dan mandor akan dilakukan perbandingan. Contoh perhitungan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} \\ &= \frac{2291,75}{107} \\ &= 21,418 \text{ m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

- Tukang

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Tukang} &= \frac{1}{\text{produktivitas}} \\ &= \frac{1}{21,418} \\ &= 0,047 \end{aligned}$$

- Buruh

Jumlah kebutuhan tenaga tukang dan buruh adalah sama, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Buruh} &= \text{koefisien tukang} \\ &= 0,047 \end{aligned}$$

- Mandor

Karena mandor dapat membawahi 20 tukang, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Koefien Mandor} &= \frac{\text{koef tukang}}{20} \\ &= \frac{0,047}{20} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

b. Material

Untuk mendapatkan koefisien material, yaitu dengan menghitung volume persediaan (lihat lampiran 4.2) dibagi dengan volume kebutuhan (lihat tabel 4.1 & tabel 4.2). Contoh perhitungan adalah sebagai berikut :

- Phenolic

$$\begin{aligned} \text{Volume kebutuhan} &= \sum \text{keb. phenolic Z1} + \sum \text{keb.} \\ &\quad \text{phenolic Z2} \\ &= 371 \text{ lbr} + 417 \text{ lbr} \\ &= 788 \text{ lembar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume persediaan} &= \sum \text{persediaan phenolic Z1} + \\ &\quad \sum \text{persediaan phenolic Z2} \\ &= \left(\frac{72+90}{5}\right) + \left(\frac{50+56}{3}\right) \\ &= 67,73 \text{ lembar} \end{aligned}$$

*dibagi 5 karena phenolic dipakai 5 kali mulai dari lantai 0 hingga lantai 9, dan dibagi 3 karena phenolic dipakai 3 kali mulai dari lantai 9 hingga 14.

$$\begin{aligned} \text{Koefisien phenolic} &= \frac{\text{vol.persediaan}}{\text{vol.kebutuhan}} \\ &= \frac{67,73}{788} \\ &= 0,087 \end{aligned}$$

- Hollow 50.50.1,6

$$\begin{aligned} \text{Volume kebutuhan} &= \sum \text{keb. hollow Z1} + \sum \text{keb.} \\ &\quad \text{HollowZ2} \\ &= 1212 \text{ btg} + 1226 \text{ btg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2438 \text{ batang} \\
 \text{Volume persediaan} &= \sum \text{persediaan phenolic Z1} + \\
 &\quad \sum \text{persediaan phenolic Z2} \\
 &= 236 \text{ btg} + 275 \text{ btg} \\
 &= 511 \text{ batang} \\
 \text{Koefisien hollow} &= \frac{\text{vol.persediaan}}{\text{vol.kebutuhan}} \\
 &= \frac{511}{2438} \\
 &= 0,210
 \end{aligned}$$

Bila koefisien telah didapatkan, langkah selanjutnya mengalikan koefisien tersebut dengan harga satuan untuk mendapatkan jumlah harga. Perhitungan selengkapnya akan ditabelkan seperti pada tabel 4.25 berikut :

Tabel 4. 25 Analisa Harga Satuan Bekisting Kolom

Keterangan	Uraian	Satuan	Koef	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
TENAGA	Buruh	OH	0,047	90.000,00	4.202,03
	Tukang	OH	0,047	120.000,00	5.602,71
	Mandor	OH	0,002	150.000,00	350,17
MATERIAL	Phenolic	Lembar	0,086	265.000,00	22.778,34
	Hollow 50.50.1,6	Batang	0,210	238.500,00	49.989,13
	Hollow 20.20.0,6	Batang	0,214	35.500,00	7.605,12
	Sekrup	Buah	0,086	300,00	25,83
SEWA ALAT		Set	0,003	334.400,00	985,04
					91.538,36

- * Catatan :
- 1 hari, 2 zona = 6 tukang
 - 1 tukang = 1 buruh
 - 1 mandor dapat membawahi 20 tukang
 - Multiplek jenis phenolic dapat digunakan hingga 5 kali
 - Penggunaan masa sekrup mengikuti multiplek

- B. Balok
a. Tenaga

Untuk mendapatkan koefisien tenaga, langkah awal yaitu menghitung koefisien pada tenaga yang paling berpengaruh, yaitu tukang. Sedangkan untuk buruh dan mandor akan dilakukan perbandingan. Contoh perhitungan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} \\ &= \frac{3583,9}{107} \\ &= 33,494 \text{ m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

- Tukang

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Tukang} &= \frac{1}{\text{produktivitas}} \\ &= \frac{1}{33,494} \\ &= 0,03 \end{aligned}$$

- Buruh

Jumlah kebutuhan tenaga tukang dan buruh adalah sama, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Buruh} &= \text{koefisien tukang} \\ &= 0,03 \end{aligned}$$

- Mandor

Karena mandor dapat membawahi 20 tukang, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Koefien Mandor} &= \frac{\text{koef tukang}}{20} \\ &= \frac{0,03}{20} \\ &= 0,001 \end{aligned}$$

- b. Material

Untuk mendapatkan koefisien material, yaitu dengan menghitung volume persediaan (lihat lampiran 4.2) dibagi dengan volume kebutuhan (lihat tabel 4.4 & tabel 4.5). Contoh perhitungan adalah sebagai berikut :

- Phenolic

$$\begin{aligned}\text{Volume kebutuhan} &= \sum \text{keb. phenolic Z1} + \sum \text{keb.} \\ &\quad \text{phenolic Z2} \\ &= 635 \text{ lbr} + 591 \text{ lbr} \\ &= 1226 \text{ lembar}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume persediaan} &= \sum \text{persediaan phenolic Z1} + \\ &\quad \sum \text{persediaan phenolic Z2} \\ &= \left(\frac{118+124}{5}\right) + \left(\frac{81+79}{3}\right) \\ &= 101,73 \text{ lembar}\end{aligned}$$

*dibagi 5 karena phenolic dipakai 5 kali mulai dari lantai 0 hingga lantai 10, dan dibagi 3 karena phenolic dipakai 3 kali mulai dari lantai 10 hingga lantai atap.

$$\begin{aligned}\text{Koefisien phenolic} &= \frac{\text{vol.persediaan}}{\text{vol.kebutuhan}} \\ &= \frac{101,73}{1226} \\ &= 0,083\end{aligned}$$

- Hollow 50.50.1,6

$$\begin{aligned}\text{Volume kebutuhan} &= \sum \text{keb. hollow Z1} + \sum \text{keb.} \\ &\quad \text{HollowZ2} \\ &= 2249 \text{ btg} + 2063 \text{ btg} \\ &= 4312 \text{ batang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume persediaan} &= \sum \text{persediaan phenolic Z1} + \\ &\quad \sum \text{persediaan phenolic Z2} \\ &= 431 \text{ btg} + 416 \text{ btg} \\ &= 847 \text{ batang}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Koefisien hollow} &= \frac{\text{vol.persediaan}}{\text{vol.kebutuhan}} \\ &= \frac{847}{4312} \\ &= 0,196\end{aligned}$$

Bila koefisien telah didapatkan, langkah selanjutnya mengalikan koefisien tersebut dengan harga satuan untuk

mendapatkan jumlah harga. Perhitungan selengkapnya akan ditabelkan seperti pada tabel 4.26 berikut :

Tabel 4. 26 Analisa Harga Satuan Bekisting Balok

Keterangan	Uraian	Satuan	Koef	Harga Satuan	Jumlah Harga
TENAGA	Buruh	OH	0,030	90.000,00	2.687,01
	Tukang	OH	0,030	120.000,00	3.582,69
	Mandor	OH	0,001	150.000,00	223,92
MATERIAL	Phenolic	Lembar	0,083	265.000,00	21.989,67
	Kayu 5/7	M3	0,028	1.500.000,00	41.834,75
	Hollow 50.50.1,6	Batang	0,196	238.500,00	46.848,21
	Paku	Kg	0,125	16.000,00	2.000,00
	Sekrup	Buah	0,083	300,00	24,99
SEWA ALAT		Set	0,007	175.200,00	1.209,33
					120.400,58

- * Catatan :
- 1 hari, 2 zona = 8 tukang
 - 1 tukang = 1 buruh
 - 1 mandor dapat membawahi 20 tukang
 - Multiplek jenis phenolic dapat digunakan hingga 5 kali
 - Penggunaan masa sekrup mengikuti multiplek

C. Plat

a. Tenaga

Untuk mendapatkan koefisien tenaga, langkah awal yaitu menghitung koefisien pada tenaga yang paling berpengaruh, yaitu tukang. Sedangkan untuk buruh dan mandor akan dilakukan perbandingan. Contoh perhitungan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{Produktivitas} &= \frac{\text{volume}}{\text{durasi}} \\
 &= \frac{3229,67}{107} \\
 &= 30,184 \text{ m}^2/\text{hari}
 \end{aligned}$$

- Tukang

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Tukang} &= \frac{1}{\text{produktivitas}} \\ &= \frac{1}{30,184} \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

- Buruh

Jumlah kebutuhan tenaga tukang dan buruh adalah sama, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Koefisien Buruh} &= \text{koefisien tukang} \\ &= 0,033 \end{aligned}$$

- Mandor

Karena mandor dapat membawahi 20 tukang, sehingga :

$$\begin{aligned} \text{Koefien Mandor} &= \frac{\text{koef tukang}}{20} \\ &= \frac{0,033}{20} \\ &= 0,002 \end{aligned}$$

b. Material

Untuk mendapatkan koefisien material, yaitu dengan menghitung volume persediaan (lihat lampiran 4.2) dibagi dengan volume kebutuhan (lihat tabel 4.7 & tabel 4.8). Contoh perhitungan adalah sebagai berikut :

- Phenolic

$$\begin{aligned} \text{Volume kebutuhan} &= \sum \text{keb. phenolic Z1} + \sum \text{keb.} \\ &\quad \text{phenolic Z2} \\ &= 501 \text{ lbr} + 599 \text{ lbr} \\ &= 1100 \text{ lembar} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume persediaan} &= \sum \text{persediaan phenolic Z1} + \\ &\quad \sum \text{persediaan phenolic Z2} \\ &= \left(\frac{128+133}{5} \right) + \left(\frac{58+76}{3} \right) \end{aligned}$$

$$= 96,867 \text{ lembar}$$

*dibagi 5 karena phenolic dipakai 5 kali mulai dari lantai 0 hingga lantai 10, dan dibagi 3 karena phenolic dipakai 3 kali mulai dari lantai 10 hingga lantai atap.

$$\begin{aligned} \text{Koefisien phenolic} &= \frac{\text{vol.persediaan}}{\text{vol.kebutuhan}} \\ &= \frac{1100}{96,867} \\ &= 0,088 \end{aligned}$$

- Hollow 50.50.1,6

$$\begin{aligned} \text{Volume kebutuhan} &= \sum \text{keb. hollow Z1} + \sum \text{keb.} \\ &\quad \text{HollowZ2} \\ &= 675 \text{ btg} + 787 \text{ btg} \\ &= 1462 \text{ batang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume persediaan} &= \sum \text{persediaan phenolic Z1} + \\ &\quad \sum \text{persediaan phenolic Z2} \\ &= 169 \text{ btg} + 173 \text{ btg} \\ &= 342 \text{ batang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Koefisien hollow} &= \frac{\text{vol.persediaan}}{\text{vol.kebutuhan}} \\ &= \frac{342}{1462} \\ &= 0,234 \end{aligned}$$

Bila koefisien telah didapatkan, langkah selanjutnya mengalikan koefisien tersebut dengan harga satuan untuk mendapatkan jumlah harga. Perhitungan selengkapnya akan ditabelkan seperti pada tabel 4.27 berikut :

Tabel 4. 27 Analisa Harga Satuan Bekisting Plat

Keterangan	Uraian	Satuan	Koef	Harga Satuan	Jumlah Harga
TENAGA	Buruh	OH	0,033	90.000,00	2.981,73
	Tukang	OH	0,033	120.000,00	3.975,64
	Mandor	OH	0,002	150.000,00	248,48
MATERIAL	Phenolic	Lembar	0,088	265.000,00	23.336,06
	Hollow 50.50.1,6	Batang	0,234	238.500,00	55.791,38
SEWA ALAT		Set	0,008	156.800,00	1.321,12
					87.654,41

- * Catatan :
- 1 hari, 2 zona = 8 tukang
 - 1 tukang = 1 buruh
 - 1 mandor dapat membawahi 20 tukang
 - Multiplek jenis phenolic dapat digunakan hingga 5 kali

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari grafik pareto optima, didapatkan hasil yang paling optimal dari segi waktu dan biaya yaitu metode rotasi 2 lantai yang memiliki durasi pelaksanaan 107 hari dan biaya Rp 1,992,516,097.00, dengan waste material sebesar 2,5%.

Sedangkan hasil untuk masing – masing perencanaan metode rotasi bekisting semi sistem 1,5 lantai dan 2,5 lantai yang telah dilakukan pada Proyek Hotel Lifestyle Surabaya (14 lantai) ialah sebagai berikut :

1. Berdasarkan metode rotasi pekerjaan bekisting 1,5 lantai dengan pembagian 2 zona, diperoleh durasi pelaksanaan sebesar 126 hari dan biaya sebesar Rp 1,972,279,747.00, dengan waste material sebesar 2,93%.
2. Berdasarkan metode rotasi pekerjaan bekisting 2,5 lantai dengan pembagian 2 zona, diperoleh durasi pelaksanaan sebesar 105 hari dan biaya sebesar Rp 2,180,620,423.00, dengan waste material sebesar 2,32%.

5.2 Saran

Dari analisa yang telah dilakukan, didapatkan beberapa saran yang diharapkan dapat digunakan oleh pembaca untuk menyempurnakan pekerjaan di kemudian hari. Berikut ini adalah saran-saran yang didasarkan dari proses analisa yang dilakukan :

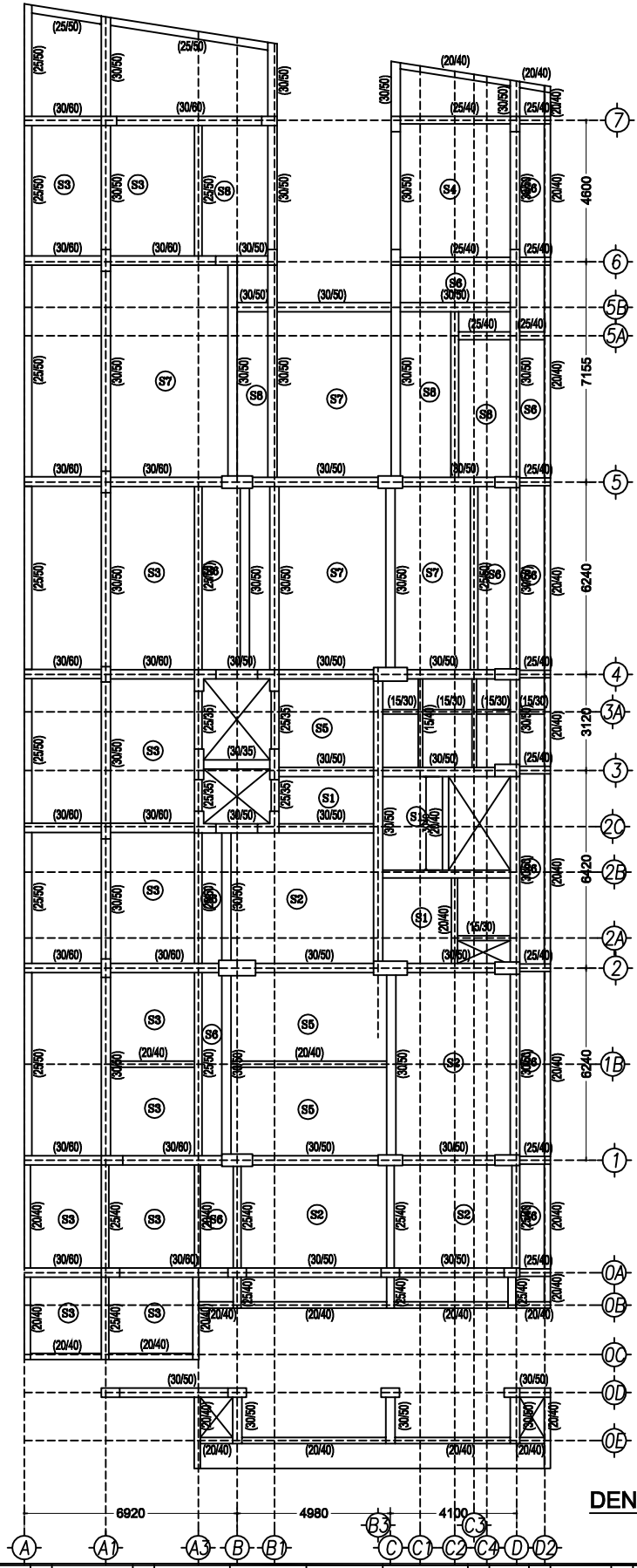
1. Untuk penelitian selanjutnya bisa dibandingkan metode rotasi untuk dua jenis bekisting yang berbeda.
2. Masih ada asumsi yang digunakan dalam perhitungan bab sebelumnya yaitu perhitungan waste material akibat kerusakan, dimana material yang mengalami kerusakan diasumsikan sebesar 10%. Diharapkan survey lapangan dilakukan terlebih dahulu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Afdhal, Chairil. 2014. *Pemasangan Bekisting Balok*.
<https://cyrilengineering.blogspot.com>
- Amalia, Ifadah. 2016. *Ngedak Lantai Tanpa Bekisting*.
<https://balitonclc.com>
- Clark, J.E. 1983. *Structural Concrete Cost Estimating*. New York: McGraw Hill Book Company.
- Ervianto, Wulfram I. 2006. *Eksplorasi Teknologi dalam Proyek Konstruksi (Beton Pracetak & Bekisting)*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Haposan, Jeremias. 2009. *Identifikasi Material Waste Pada Proyek Konstruksi Ruko San Diego Pakuwon City*. Surabaya: ITS.
- Kitairu. Table Formwork. <https://kitairu.net>
- Soedrajat, S. A. 1994. *Analisa (Cara Modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan*. Bandung: Nova.
- Sunggono, K. H. 1984. *Buku Teknik Sipil*. Bandung: Nova.
- Wigbout, F. Ing. 1992. *Buku Pedoman tentang Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta: Erlangga.

DENAH KOLOM BASEMENT & BALOK PLAT LT. 1
1 : 150



CATATAN :

* DIATAS KUSEN PINTU & JENDELA HARUS DICOR BALOK LATAI (120x150, 4φ10, ø8-200),
 BILA BENTANG KUSEN PINTU / JENDELA > 2M,
 * BALOK LATAI DIBERI PENGANTUNG DITENGAH KE BALOK STRUKTUR DIATASNYA (130x130, 4φ10, ø8-200)

KODE GAMBAR		TANGGAL
STR		
NO LEMBAR	JUMLAH LEMBAR	
1		
PERNYATAAN : BERSAMA SAMA AKAN DIJAWABKAN SEBAGAI GUGRAH PT. KARYA KAWAS INDONESIA PEKERJA		
1. ARSITECT SURABAYA 2. ARSITECT SURABAYA PERENCANA STRUKTUR		
LOKASI JL. SUDAMATTA No.18 SURABAYA		
PEMANGGUNG JAYAS MWA. MUDA, ST 1.1.01.2027.13.00013 PERENCANA ARSITEKTUR		
NAMA PROJEK THE LIFE STYLE HOTELS BINTANG 3		
PEMILIK : PT. KAHN KAIROS INDONESIA		
JUDUL GAMBAR SKALA		

Lampiran 4.1 Analisa Kekuatan Material

A. Kekuatan Phenolic

KOLOM																										
No.	b	p	L	tebal multipl	Bekisting Sisi b										Bekisting Sisi p											
					Jarak Hollow	Jarak Lock Beam	q	W	Inersia	Momen	σ	δ	δ_{ijin}	Kontrol σ	Kontrol δ	Jarak Hollow	Jarak Lock Beam	q	W	Inersia	Momen	σ	δ	δ_{ijin}	Kontrol σ	Kontrol δ
					(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg/cm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(kgcm)	(kg/cm ²)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg/cm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(kgcm)	(kg/cm ²)	(cm)	(cm)
1	30	50	450	1,5	20	50	3,00	18,75	14,06	150,00	8,00	0,006	0,07	Oke	Oke	20	50	1,80	18,75	14,06	90,00	4,80	0,003	0,07	Oke	Oke
2	30	80	450	1,5	20	50	4,80	18,75	14,06	240,00	12,80	0,009	0,07	Oke	Oke	20	50	1,80	18,75	14,06	90,00	4,80	0,003	0,07	Oke	Oke
3	30	70	450	1,5	20	50	4,20	18,75	14,06	210,00	11,20	0,008	0,07	Oke	Oke	20	50	1,80	18,75	14,06	90,00	4,80	0,003	0,07	Oke	Oke
4	40	100	450	1,5	20	50	6,00	18,75	14,06	300,00	16,00	0,011	0,07	Oke	Oke	20	50	2,40	18,75	14,06	120,00	6,40	0,004	0,07	Oke	Oke
5	50	120	450	1,5	20	50	7,20	18,75	14,06	360,00	19,20	0,013	0,07	Oke	Oke	20	50	3,00	18,75	14,06	150,00	8,00	0,006	0,07	Oke	Oke
6	30	100	450	1,5	20	50	6,00	18,75	14,06	300,00	16,00	0,011	0,07	Oke	Oke	20	50	1,80	18,75	14,06	90,00	4,80	0,003	0,07	Oke	Oke
7	35	80	450	1,5	20	50	4,80	18,75	14,06	240,00	12,80	0,009	0,07	Oke	Oke	20	50	2,10	18,75	14,06	105,00	5,60	0,004	0,07	Oke	Oke
8	45	110	450	1,5	20	50	6,60	18,75	14,06	330,00	17,60	0,012	0,07	Oke	Oke	20	50	2,70	18,75	14,06	135,00	7,20	0,005	0,07	Oke	Oke
9	40	80	450	1,5	20	50	4,80	18,75	14,06	240,00	12,80	0,009	0,07	Oke	Oke	20	50	2,40	18,75	14,06	120,00	6,40	0,004	0,07	Oke	Oke
10	30	60	450	1,5	20	50	3,60	18,75	14,06	180,00	9,60	0,007	0,07	Oke	Oke	20	50	1,80	18,75	14,06	90,00	4,80	0,003	0,07	Oke	Oke
15	30	40	300	1,5	20	50	2,40	18,75	14,06	120,00	6,40	0,004	0,07	Oke	Oke	20	50	1,80	18,75	14,06	90,00	4,80	0,003	0,07	Oke	Oke

BALOK																	
No.	b	h	t multipl	Jarak Suri	Jarak Hollow	B. Beton	B. Multipl	B. Hidup	q	Momen	W	Inersia	σ	δ	δ_{ijin}	Kontrol σ	Kontrol δ
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/m)	(kg/m)	(kg/m)	(kg/m)	(kgcm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(kg/cm ²)	(cm)	(cm)	σ	δ
1	0,15	0,30	0,015	0,5	0,15	360	2,475	50	412,48	116,01	18,75	14,06	6,19	0,002	0,05	Oke	Oke
2	0,15	0,40	0,015	0,5	0,15	480	2,475	50	532,48	149,76	18,75	14,06	7,99	0,003	0,05	Oke	Oke
3	0,20	0,30	0,015	0,5	0,15	360	2,475	50	412,48	116,01	18,75	14,06	6,19	0,002	0,05	Oke	Oke
4	0,20	0,40	0,015	0,5	0,15	480	2,475	50	532,48	149,76	18,75	14,06	7,99	0,003	0,05	Oke	Oke
5	0,25	0,35	0,015	0,5	0,15	420	2,475	50	472,48	132,88	18,75	14,06	7,09	0,003	0,05	Oke	Oke
6	0,25	0,40	0,015	0,5	0,15	480	2,475	50	532,48	149,76	18,75	14,06	7,99	0,003	0,05	Oke	Oke
7	0,25	0,50	0,015	0,5	0,15	600	2,475	50	652,48	183,51	18,75	14,06	9,79	0,004	0,05	Oke	Oke
8	0,30	0,35	0,015	0,5	0,15	420	2,475	50	472,48	132,88	18,75	14,06	7,09	0,003	0,05	Oke	Oke
9	0,30	0,50	0,015	0,5	0,15	600	2,475	50	652,48	183,51	18,75	14,06	9,79	0,004	0,05	Oke	Oke
10	0,30	0,60	0,015	0,5	0,15	720	2,475	50	772,48	217,26	18,75	14,06	11,59	0,005	0,05	Oke	Oke
11	0,35	0,60	0,015	0,5	0,15	720	2,475	50	772,48	217,26	18,75	14,06	11,59	0,005	0,05	Oke	Oke
12	0,35	0,65	0,015	0,5	0,15	780	2,475	50	832,48	234,13	18,75	14,06	12,49	0,005	0,05	Oke	Oke

PELAT

No.	b	p	t	t multipl	Jarak Suri	Jarak Hollow	B. Beton	B. Multipl	B. Hidup	q	Momen	W	Inersia	σ	δ	$\delta_{i,iii}$	Kontrol	Kontrol
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/m)	(kg/m)	(kg/m)	(kg/m)	(kgcm)	(cm3)	(cm4)	(kg/cm2)	(cm)	(cm)	σ	δ
1	2,25	6,88	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
2	2,95	5,12	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
3	2,60	3,65	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
4	2,78	3,35	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
5	3,67	4,73	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
6	1,24	5,95	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
7	3,82	6,90	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
8	1,00	5,36	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
9	2,15	4,23	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
10	0,80	11,18	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
11	1,95	3,05	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
12	3,73	5,94	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
13	4,24	4,63	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
14	3,58	4,33	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
15	2,87	5,06	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
16	1,05	5,95	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
17	3,47	5,95	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
18	2,45	5,95	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
19	1,65	5,37	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke
20	1,45	5,94	0,12	0,015	1,00	0,50	288	4,95	100	392,95	1227,97	37,50	28,13	32,7	0,142	0,17	Oke	Oke

B. Kekuatan Hollow

KOLOM																						
No.	b	p	L	Hollow Sisi b									Hollow Sisi p									
				Jarak Hollow	Jarak Lock Beam	q mult.	B. T Multiple k	B. Hollow	Inersia	δ	δ_{ijin}	Kontrol δ	Jarak Hollow	Jarak Lock Beam	q mult.	B. T Multiplek	B. Hollow	Inersia	δ	δ_{ijin}	Kontrol δ	
				(cm)	(cm)	(cm)	(kg/cm)	(kg)	(kg/m)	(cm ⁴)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(kg/cm)	(kg)	(kg/m)	(cm ⁴)	(cm)	(cm)	(cm)
1	30	50	450	20	50	3,00	30	19,63	52,08	0,0009	0,17	Oke	20	50	1,80	18	19,63	52,08	0,0006	0,17	Oke	
2	30	80	450	20	50	4,80	48	19,63	52,08	0,0014	0,17	Oke	20	50	1,80	18	19,63	52,08	0,0006	0,17	Oke	
3	30	70	450	20	50	4,20	42	19,63	52,08	0,0012	0,17	Oke	20	50	1,80	18	19,63	52,08	0,0006	0,17	Oke	
4	40	100	450	20	50	6,00	60	19,63	52,08	0,0017	0,17	Oke	20	50	2,40	24	19,63	52,08	0,0008	0,17	Oke	
5	50	120	450	20	50	7,20	72	19,63	52,08	0,0020	0,17	Oke	20	50	3,00	30	19,63	52,08	0,0009	0,17	Oke	
6	30	100	450	20	50	6,00	60	19,63	52,08	0,0017	0,17	Oke	20	50	1,80	18	19,63	52,08	0,0006	0,17	Oke	
7	35	80	450	20	50	4,80	48	19,63	52,08	0,0014	0,17	Oke	20	50	2,10	21	19,63	52,08	0,0007	0,17	Oke	
8	45	110	450	20	50	6,60	66	19,63	52,08	0,0018	0,17	Oke	20	50	2,70	27	19,63	52,08	0,0008	0,17	Oke	
9	40	80	450	20	50	4,80	48	19,63	52,08	0,0014	0,17	Oke	20	50	2,40	24	19,63	52,08	0,0008	0,17	Oke	
10	30	60	450	20	50	3,60	36	19,63	52,08	0,0011	0,17	Oke	20	50	1,80	18	19,63	52,08	0,0006	0,17	Oke	
15	30	40	300	20	50	2,40	24	19,63	52,08	0,0008	0,17	Oke	20	50	1,80	18	19,63	52,08	0,0006	0,17	Oke	

C. Kekuatan Balok Suri

BALOK																						
No.	b balo	h balo	b Suri	h Suri	q mult.	Jarak Suri	Jarak Hollow	Jarak Gelagar	B. Terpusat Mult.			B. Terpusat Hollow	B. Suri	Momen	W	Inersia	σ	δ	δ_{ijin}	Kontrol σ	Kontrol δ	
	(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/m)	(m)	(m)	(m)	P1	P2	P3	(kg)	(kg/m)	(kgcm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(kg/cm ²)	(cm)	(cm)			
	(m)	(m)	(m)	(m)	(kg/m)	(m)	(m)	(m)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg/m)	(kgcm)	(cm ³)	(cm ⁴)	(kg/cm ²)	(cm)	(cm)			
1	0,15	0,30	0,06	0,12	412,48	0,50	0,15	1,20	30,94	0,00	30,94	4,91	2,88	1675,96	144,00	864,00	11,64	0,03	0,40	Oke	Oke	
2	0,15	0,40	0,06	0,12	532,48	0,50	0,15	1,20	39,94	0,00	39,94	4,91	2,88	2148,46	144,00	864,00	14,92	0,04	0,40	Oke	Oke	
3	0,20	0,30	0,06	0,12	412,48	0,50	0,15	1,20	30,94	0,00	30,94	4,91	2,88	1598,62	144,00	864,00	11,10	0,03	0,40	Oke	Oke	
4	0,20	0,40	0,06	0,12	532,48	0,50	0,15	1,20	39,94	0,00	39,94	4,91	2,88	2048,62	144,00	864,00	14,23	0,04	0,40	Oke	Oke	
5	0,25	0,35	0,06	0,12	472,48	0,50	0,15	1,20	35,44	0,00	35,44	4,91	2,88	1735,03	144,00	864,00	12,05	0,03	0,40	Oke	Oke	
6	0,25	0,40	0,06	0,12	532,48	0,50	0,15	1,20	39,94	0,00	39,94	4,91	2,88	1948,78	144,00	864,00	13,53	0,03	0,40	Oke	Oke	
7	0,25	0,50	0,06	0,12	652,48	0,50	0,15	1,20	48,94	0,00	48,94	4,91	2,88	2376,28	144,00	864,00	16,50	0,04	0,40	Oke	Oke	
8	0,30	0,35	0,06	0,12	472,48	0,50	0,15	1,20	35,44	70,87	35,44	4,91	2,88	4140,55	144,00	864,00	28,75	0,07	0,40	Oke	Oke	
9	0,30	0,50	0,06	0,12	652,48	0,50	0,15	1,20	48,94	97,87	48,94	4,91	2,88	5558,05	144,00	864,00	38,60	0,10	0,40	Oke	Oke	
10	0,30	0,60	0,06	0,12	772,48	0,50	0,15	1,20	57,94	115,87	57,94	4,91	2,88	6503,05	144,00	864,00	45,16	0,11	0,40	Oke	Oke	
11	0,35	0,60	0,06	0,12	772,48	0,50	0,15	1,20	57,94	115,87	57,94	4,91	2,88	6352,78	144,00	864,00	44,12	0,11	0,40	Oke	Oke	
12	0,35	0,65	0,06	0,12	832,48	0,50	0,15	1,20	62,44	124,87	62,44	4,91	2,88	6814,51	144,00	864,00	47,32	0,12	0,40	Oke	Oke	

PELAT

No.	b	P	b	h	q mult.	Jarak Support	Jarak Hollow	Panjang Suri	B. Terpusat Mult.			B. Terpusat Hollow	B. Suri	Momen	W	Inersia	σ	δ	δ_{ijin}	Kontrol	Kontrol
	pelat	pelat	Suri	Suri					P1	P2	P3									σ	δ
	(m)	(m)	(m)	(m)					(kg)	(kg)	(kg)									(kg/cm ²)	(cm)
1	2,25	6,88	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
2	2,95	5,12	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
3	2,60	3,65	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
4	2,78	3,35	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
5	3,67	4,73	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
6	1,24	5,95	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
7	3,82	6,90	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
8	1,00	5,36	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
9	2,15	4,23	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
10	0,80	11,18	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
11	1,95	3,05	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
12	3,73	5,94	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
13	4,24	4,63	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
14	3,58	4,33	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
15	2,87	5,06	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
16	1,05	5,95	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
17	3,47	5,95	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
18	2,45	5,95	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
19	1,65	5,37	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke
20	1,45	5,94	0,08	0,12	392,95	1,00	0,50	1,00	98,24	196,48	98,24	9,81	3,84	5205,19	192,00	1152,00	27,1	0,05	0,33	Oke	Oke

D. Kekuatan Balok Gelagar

- b Gelagar = 0,08 m
- h Gelagar = 0,12 m
- Jarak Suri = 0,50 m
- Jarak Hollow = 0,15 m
- L Gelagar = 1,80 m

BALOK																									
No.	b balok (m)	h balok (m)	n Hollow (buah)	B. T. Multiplek (P _{mult}) (kg)	B. T. Hollow (P _{hol})					B. T. Suri (P _{sur}) (kg)	Beban Gelagar						Ra=Rb (kg)	Momen (kgcm)	W (cm3)	Inersia (cm4)	σ (kg/cm2)	δ (cm)	δ _{ijin} (cm)	Kontrol σ	Kontrol δ
					P1	P2	P3	P4	P5		P1	P2	P3	P4	P5	q									
					(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)		(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg)	(kg/m)									
1	0,15	0,30	2	30,94	4,91	9,81	9,81	9,81	4,91	1,73	37,57	42,48	42,48	42,48	37,57	3,84	94,20	3553,61	192,00	1152,00	18,5	0,11	0,60	Oke	Oke
2	0,15	0,40	2	39,94	4,91	9,81	9,81	9,81	4,91	1,73	46,57	51,48	51,48	51,48	46,57	3,84	115,20	4273,61	192,00	1152,00	22,3	0,13	0,60	Oke	Oke
3	0,20	0,30	2	30,94	4,91	9,81	9,81	9,81	4,91	1,73	37,57	42,48	42,48	42,48	37,57	3,84	94,20	3553,61	192,00	1152,00	18,5	0,11	0,60	Oke	Oke
4	0,20	0,40	2	39,94	4,91	9,81	9,81	9,81	4,91	1,73	46,57	51,48	51,48	51,48	46,57	3,84	115,20	4273,61	192,00	1152,00	22,3	0,13	0,60	Oke	Oke
5	0,25	0,35	2	35,44	4,91	9,81	9,81	9,81	4,91	1,73	42,07	46,98	46,98	46,98	42,07	3,84	104,70	3913,61	192,00	1152,00	20,4	0,12	0,60	Oke	Oke
6	0,25	0,40	2	39,94	4,91	9,81	9,81	9,81	4,91	1,73	46,57	51,48	51,48	51,48	46,57	3,84	115,20	4273,61	192,00	1152,00	22,3	0,13	0,60	Oke	Oke
7	0,25	0,50	2	48,94	4,91	9,81	9,81	9,81	4,91	1,73	55,57	60,48	60,48	60,48	55,57	3,84	136,20	4993,61	192,00	1152,00	26,0	0,15	0,60	Oke	Oke
8	0,30	0,35	3	70,87	7,36	14,72	14,72	14,72	7,36	1,73	79,96	87,32	87,32	87,32	79,96	3,84	196,38	7140,96	192,00	1152,00	37,2	0,21	0,60	Oke	Oke
9	0,30	0,50	3	97,87	7,36	14,72	14,72	14,72	7,36	1,73	106,96	114,32	114,32	114,32	106,96	3,84	259,38	9300,96	192,00	1152,00	48,4	0,28	0,60	Oke	Oke
10	0,30	0,60	3	115,87	7,36	14,72	14,72	14,72	7,36	1,73	124,96	132,32	132,32	132,32	124,96	3,84	301,38	10740,96	192,00	1152,00	55,9	0,32	0,60	Oke	Oke
11	0,35	0,60	3	115,87	7,36	14,72	14,72	14,72	7,36	1,73	124,96	132,32	132,32	132,32	124,96	3,84	301,38	10740,96	192,00	1152,00	55,9	0,32	0,60	Oke	Oke
12	0,35	0,65	3	124,87	7,36	14,72	14,72	14,72	7,36	1,73	133,96	141,32	141,32	141,32	133,96	3,84	322,38	11460,96	192,00	1152,00	59,7	0,34	0,60	Oke	Oke

Lampiran 4.2 Kebutuhan Material Berdasarkan Rotasi

A. Rotasi 1,5 Lantai

a. Kolom

KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK KOLOM (1,5 LT)																
LANTAI	ZONA 1								ZONA 2							
	Phenolic	Hollow 50.50.1,6	Hollow 20.20.0,6	Sekrup	Tie Road	Wing Nut	Push Pull Prop	Kicker Brace	Phenolic	Hollow 50.50.1,6	Hollow 20.20.0,6	Sekrup	Tie Road	Wing Nut	Push Pull Prop	Kicker Brace
	(lembar)	(batang)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(lembar)	(batang)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
0 – basement setengah basement setengah - 2 2 - 3,5 3,5 - 5 5 - 6,5 6,5 - 8 8 - 9,5 9,5 - 11 11 - kolam kolam - 13 13 - 14	72	236	244	2596	732	1464	104	104	51	164	184	1877	552	1104	92	92
	25			898					56			2018				
	11			403					8			291				

b. Balok

KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK BALOK (1,5 LT)														
LANTAI	ZONA 1													
	Phenolic	Kayu 6/12	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Kayu 5/7	Besi Siku	Paku	Sekrup	Main Frame	Cross Brace	Jack Base	U Head	Joint Pin	Support
	(lembar)	(m3)	(m3)	(batang)	(m3)	(buah)	(kg)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
0 - 1,5	118	8.28	7.45	431	1.47	1916	91.64	4167.00	571	776	824	824	318	0
1,5 - 3		0.83	0.74		0.15		31.48							
3 - 4,5		0.83	0.74		0.15		62.09							
4,5 - 6		0.83	0.74		0.15		30.61							
6 - 7,5		0.83	0.74		0.15		62.09							
7,5 - 9	40	0.83	0.74		0.15		30.61	1392.00						
9 - 10,5		0.83	0.74		0.15		62.09							
10,5 - 12		0.83	0.74		0.15		30.61							
12 - 13		0.83	0.74		0.15		62.13							28
13 - 14		0.83	0.74		0.15		12.73							
14 - atap	17	0.83	0.74		0.15		13.20	600.00						

KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK BALOK (1,5 LT)													
LANTAI	ZONA 2												
	Phenolic	Kayu 6/12	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Kayu 5/7	Besi Siku	Paku	Sekrup	Main Frame	Cross Brace	Jack Base	U Head	Joint Pin
	(lembar)	(m3)	(m3)	(batang)	(m3)	(buah)	(kg)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
0 - 1,5	83	4.97	4.59	272	1.12	1150	66.16	3008.00	237	336	474	474	0
1,5 - 3		0.50	0.46		0.11		63.37						296
3 - 4,5		0.50	0.46		0.11		30.89						
4,5 - 6		0.50	0.46		0.11		61.94						
6 - 7,5		0.50	0.46		0.11		30.26						
7,5 - 9	82	0.50	0.46		0.11		63.37	2882.00					
9 - 10,5		0.50	0.46		0.11		30.26						
10,5 - 12		0.50	0.46		0.11		61.14						
12 - 13		0.50	0.46		0.11		0.00						
13 - 14		0.50	0.46		0.11		40.33						
14 - atap	14	0.50	0.46		0.11		10.89	495.00					

c. Plat

KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK PLAT (1,5 LT)												
LANTAI	ZONA 1						ZONA 2					
	Phenolic	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Support	Jack Base	U Head	Phenolic	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Support	Jack Base	U Head
	(lembar)	(m3)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)	(lembar)	(m3)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)
0 - 1,5	128	5.11	169	1020	1020	1020	89	3.36	111	604	604	604
1,5 - 3		0.51						0.34				
3 - 4,5		0.51						0.34				
4,5 - 6		0.51						0.34				
6 - 7,5		0.51						0.34				
7,5 - 9	28	0.51					78	0.34				
9 - 10,5		0.51						0.34				
10,5 - 12		0.51						0.34				
12 - 13		0.51						0.34				
13 - 14		0.51						0.34				
14 - ATAP	21	0.51					24	0.34				

B. Rotasi 2 Lantai

a. Kolom

KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK KOLOM (2 LT)																
LANTAI	ZONA 1								ZONA 2							
	Phenolic	Hollow 50.50.1,6	Hollow 20.20.0,6	Sekrup	Tie Road	Wing Nut	Push Pull Prop	Kicker Brace	Phenolic	Hollow 50.50.1,6	Hollow 20.20.0,6	Sekrup	Tie Road	Wing Nut	Push Pull Prop	Kicker Brace
	(lembar)	(batang)	(batang)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(lembar)	(batang)	(batang)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
0 - 1 1 - 3 3 - 5 5 - 7	72	236	244	2596.00	732	1464	104	104	90	275	292	3296.00	876	1752	128	128
7 - 9 9 - 11 11 - kolam kolam - 14	50			1796.00					56			2018.00				

b. Balok

KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK BALOK (2 LT)															
LANTAI	ZONA 1														
	Phenolic	Kayu 6/12	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Kayu 5/7	Besi Siku	Paku	Sekrup	Main Frame	Cross Brace	Jack Base	U Head	Joint Pin	Support	
	(lembar)	(m3)	(m3)	(batang)	(m3)	(buah)	(kg)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	
0-2 2-4 4-6 6-8 8-10 10-12 12-13 13-ATAP	118	8.28	7.45	431	1.47	1916	91.64	4167.00	571	776	824	824	318	0	
		0.83	0.74		0.15		62.97								
		0.83	0.74		0.15		61.22								
		0.83	0.74		0.15		62.09								
		0.83	0.74		0.15		61.22								
	81	0.83	0.74		0.15		62.09	2824.00							
		0.83	0.74		0.15		62.13							28	
		0.83	0.74		0.15		25.93								

KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK BALOK (2 LT)														
LANTAI	ZONA 2													
	Phenolic	Kayu 6/12	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Kayu 5/7	Besi Siku	Paku	Sekrup	Main Frame	Cross Brace	Jack Base	U Head	Joint Pin	
	(lembar)	(m3)	(m3)	(batang)	(m3)	(buah)	(kg)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	
0-2	124	7.72	7.06	416	1.64	1786	97.84	4449.00	533	744	770	770	296	
2-4		0.77	0.71		0.16		62.57							
4-6		0.77	0.71		0.16		61.94							
6-8		0.77	0.71		0.16		61.94							
8-10		0.77	0.71		0.16		61.94							

10-12	79	0.77	0.71		0.16		61.14	2780.00				
12-13		0.77	0.71		0.16		25.23					
13-ATAP		0.77	0.71		0.16		25.99					

c. Plat

KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK PLAT (2 LT)												
LANTAI	ZONA 1						ZONA 2					
	Phenolic	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Support	Jack Base	U Head	Phenolic	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Support	Jack Base	U Head
	(lembar)	(m3)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)	(lembar)	(m3)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)
0-2	128	5.11	169	1020	1020	1020	133	5.04	173	1009	1009	1009
2-4		0.51						0.50				
4-6		0.51						0.50				
6-8		0.51						0.50				
8-10		0.51						0.50				
10-12	58	0.51					76	0.50				
12-13		0.51						0.50				
13-ATAP		0.51						0.50				

C. Rotasi 2,5 Lantai

a. Kolom

KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK KOLOM (2,5 LT)																
LANTAI	ZONA 1								ZONA 2							
	Phenolic	Hollow 50.50.1,6	Hollow 20.20.0,6	Sekrup	Tie Road	Wing Nut	Push Pull Prop	Kicker Brace	Phenolic	Hollow 50.50.1,6	Hollow 20.20.0,6	Sekrup	Tie Road	Wing Nut	Push Pull Prop	Kicker Brace
	(lembar)	(batang)	(batang)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(lembar)	(batang)	(batang)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
0 - 1,5	97	316	321	3494.00	984	1968	140	140	90	275	292	3296.00	876	1752	128	128
1,5 - 4																
4 - 6,5																
6,5 - 9																
9 - 11,5																
11,5 - 13	17			600					39			1422				
13 - 14	11			403												

b. Balok

KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK BALOK (2,5 LT)														
LANTAI	ZONA 1													
	Phenolic	Kayu 6/12	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Kayu 5/7	Besi Siku	Paku	Sekrup	Main Frame	Cross Brace	Jack Base	U Head	Joint Pin	Support
	(lembar)	(m3)	(m3)	(batang)	(m3)	(buah)	(kg)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
0-2,5	159	11.31	10.12	584	1.97	2618	123.13	5599.00	730	990	1142	1142	318	0
2,5-5		1.13	1.01		0.20		62.09							
5-7,5		1.13	1.01		0.20		92.70							
7,5-10		1.13	1.01		0.20		61.22							
10-kolam	57	1.13	1.01		0.20		107.31	2056.00						28
kolam-14,5	56	1.13	1.01		0.20		42.85	1948.00						
14,5-atap		1.13	1.01		0.20									

KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK BALOK (2,5 LT)													
LANTAI	ZONA 2												
	Phenolic	Kayu 6/12	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Kayu 5/7	Besi Siku	Paku	Sekrup	Main Frame	Cross Brace	Jack Base	U Head	Joint Pin
	(lembar)	(m3)	(m3)	(batang)	(m3)	(buah)	(kg)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
0-2,5	124	7.72	7.06	416	1.64	1786	97.84	4449.00	533	744	770	770	296
2,5-5		0.77	0.71		0.16		92.83						
5-7,5		0.77	0.71		0.16		61.94						
7,5-10		0.77	0.71		0.16		93.62						
10-kolam		0.77	0.71		0.16		61.14						
kolam-14,5	53	0.77	0.71		0.16		40.33	1834.00					
14,5-atap		0.77	0.71		0.16		10.89						

c. Plat

KEBUTUHAN MATERIAL UNTUK PLAT (2,5 LT)												
LANTAI	ZONA 1						ZONA 2					
	Phenolic	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Support	Jack Base	U Head	Phenolic	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Support	Jack Base	U Head
	(lembar)	(m3)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)	(lembar)	(m3)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)
0-2,5	157	6.39	209	1308	1308	1308	133	5.04	173	1009	1009	1009
2,5-5		0.64						0.50				
5-7,5		0.64						0.50				
7,5-10		0.64						0.50				
10-kolam	28	0.64						0.50				
kolam-14,5	54	0.64					57	0.50				
14,5-atap		0.64						0.50				

Lampiran 4.3 Kebutuhan Tenaga & Durasi

I. Kapasitas Produksi Kolom

1 gup dapat menyelesaikan bekisting kolom 13 m²/hari

1 grup dapat menyelesaikan pembongkaran bekisting kolom 15 m²/hari

1 grup terdiri dari 1 tukang & 1 buruh

LANTAI	ZONA 1							ZONA 2						
	Luas	Jumlah Tukang	Jumlah Buruh	Pasang		Bongkar		Luas	Jumlah Tukang	Jumlah Buruh	Pasang		Bongkar	
				Prod.	Durasi	Prod.	Durasi				Prod.	Durasi	Prod.	Durasi
	(m ²)	(orang)	(orang)	(m ² /hari)	(hari)	(m ² /hari)	(hari)	(m ²)	(orang)	(orang)	(m ² /hari)	(hari)	(m ² /hari)	(hari)
LT. Basement	107.40	3	3	39	3	45	3	151.20	3	3	39	4	45	4
LT. 1	101.70	3	3	39	3	45	3	114.30	3	3	39	3	45	3
LT. 2	72.32	3	3	39	2	45	2	81.28	3	3	39	3	45	2
LT. 3	72.32	3	3	39	2	45	2	81.28	3	3	39	3	45	2
LT. 4	72.32	3	3	39	2	45	2	81.28	3	3	39	3	45	2
LT. 5	72.32	3	3	39	2	45	2	81.28	3	3	39	3	45	2
LT. 6	72.32	3	3	39	2	45	2	81.28	3	3	39	3	45	2
LT. 7	72.32	3	3	39	2	45	2	81.28	3	3	39	3	45	2
LT. 8	72.32	3	3	39	2	45	2	81.28	3	3	39	3	45	2
LT. 9	72.32	3	3	39	2	45	2	81.28	3	3	39	3	45	2
LT. 10	72.32	3	3	39	2	45	2	81.28	3	3	39	3	45	2
LT. 11	72.32	3	3	39	2	45	2	81.28	3	3	39	3	45	2
LT. 12	62.55	3	3	39	2	45	2	73.10	3	3	39	2	45	2
LT. Kolam	13.50	3	3	39	1	45	1							
LT. 13	34.80	3	3	39	1	45	1	41.40	3	3	39	2	45	1
LT. 14	32.40	3	3	39	1	45	1	23.40	3	3	39	1	45	1

II. Kapasitas Produksi Balok

1 gup dapat menyelesaikan bekisting balok 10 m²/hari

1 grup dapat menyelesaikan pembongkaran bekisting balok 15 m²/hari

1 grup terdiri dari 1 tukang & 1 buruh

LANTAI	ZONA 1							ZONA 2						
	Luas	Jumlah Tukang	Jumlah Buruh	Pasang		Bongkar		Luas	Jumlah Tukang	Jumlah Buruh	Pasang		Bongkar	
				Prod.	Durasi	Prod.	Durasi				Prod.	Durasi	Prod.	Durasi
	(m ²)	(orang)	(orang)	(m ² /hari)	(hari)	(m ² /hari)	(hari)	(m ²)	(orang)	(orang)	(m ² /hari)	(hari)	(m ² /hari)	(hari)
LT. 1	228.58	4	4	40	6	60	4	247.03	4	4	40	7	60	5
LT. 2	119.50	4	4	40	3	60	2	119.48	4	4	40	3	60	2
LT. 3	119.50	4	4	40	3	60	2	119.48	4	4	40	3	60	2
LT. 4	119.50	4	4	40	3	60	2	116.49	4	4	40	3	60	2
LT. 5	116.23	4	4	40	3	60	2	114.14	4	4	40	3	60	2
LT. 6	116.23	4	4	40	3	60	2	119.48	4	4	40	3	60	2
LT. 7	119.50	4	4	40	3	60	2	114.14	4	4	40	3	60	2
LT. 8	116.23	4	4	40	3	60	2	119.48	4	4	40	3	60	2
LT. 9	116.23	4	4	40	3	60	2	119.48	4	4	40	3	60	2
LT. 10	116.23	4	4	40	3	60	2	114.14	4	4	40	3	60	2
LT. 11	119.50	4	4	40	3	60	2	114.14	4	4	40	3	60	2
LT. 12	116.23	4	4	40	3	60	2	116.49	4	4	40	3	60	2
LT. Kolam	169.61	4	4	40	5	60	3							
LT. 13	65.22	4	4	40	2	60	2	95.80	4	4	40	3	60	2
LT. 14	48.12	4	4	40	2	60	1	57.33	4	4	40	2	60	1
LT. Atap	49.67	4	4	40	2	60	1	40.76	4	4	40	2	60	1

III. Kapasitas Produksi Plat

1 grup dapat menyelesaikan bekisting plat 10 m²/hari

1 grup dapat menyelesaikan pembongkaran bekisting plat 15 m²/hari

1 grup terdiri dari 1 tukang & 1 buruh

LANTAI	ZONA 1							ZONA 2						
	Luas	Jumlah Tukang	Jumlah Buruh	Pasang		Bongkar		Luas	Jumlah Tukang	Jumlah Buruh	Pasang		Bongkar	
				Prod.	Durasi	Prod.	Durasi				Prod.	Durasi		
	(m ²)	(orang)	(orang)	(m ² /hari)	(hari)	(m ² /hari)	(hari)	(m ²)	(orang)	(orang)	(m ² /hari)	(hari)	(m ² /hari)	(hari)
LT. 1	279.61	4	4	40	7	60	5	265.19	4	4	40	7	60	5
LT. 2	101.07	4	4	40	3	60	2	128.65	4	4	40	4	60	3
LT. 3	83.59	4	4	40	3	60	2	110.62	4	4	40	3	60	2
LT. 4	100.52	4	4	40	3	60	2	125.98	4	4	40	4	60	3
LT. 5	82.26	4	4	40	3	60	2	108.86	4	4	40	3	60	2
LT. 6	82.26	4	4	40	3	60	2	114.62	4	4	40	3	60	2
LT. 7	87.69	4	4	40	3	60	2	108.86	4	4	40	3	60	2
LT. 8	82.26	4	4	40	3	60	2	114.62	4	4	40	3	60	2
LT. 9	82.26	4	4	40	3	60	2	114.62	4	4	40	3	60	2
LT. 10	82.26	4	4	40	3	60	2	108.86	4	4	40	3	60	2
LT. 11	87.69	4	4	40	3	60	2	108.86	4	4	40	3	60	2
LT. 12	82.26	4	4	40	3	60	2	113.96	4	4	40	3	60	2
LT. Kolam	81.11	4	4	40	3	60	2							
LT. 13	57.27	4	4	40	2	60	1	102.77	4	4	40	3	60	2
LT. 14	37.00	4	4	40	1	60	1	63.19	4	4	40	2	60	2
LT. Atap	61.27	4	4	40	2	60	2	69.59	4	4	40	2	60	2

Lampiran 4.4 Biaya Bekisting Berdasarkan Rotasi

A. Rotasi 1,5 Lantai

BIAYA MATERIAL KOLOM (1,5 LT)								
LANTAI	ZONA 1							
	Phenolic	Hollow 50.50.1,6	Hollow 20.20.0,6	Sekrup	Tie Road	Wing Nut	Push Pull Prop	Kicker Brace
	(lembar)	(batang)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
0 - base	19,080,000.00	56,286,000.00	8,662,000.00	778,800.00	18,300,000.00	29,280,000.00	26,312,000.00	10,400,000.00
base - 2								
2 - 3,5								
3,5 - 5								
5 - 6,5								
6,5 - 8	6,625,000.00			269,400.00				
8 - 9,5								
9,5 - 11								
11 - kolam								
kolam - 13								
13 - 14	2,915,000.00			120,900.00				

BIAYA MATERIAL KOLOM (1,5 LT)									
LANTAI	ZONA 2								Jumlah Zona 1 + Zona 2
	Phenolic	Hollow 50.50.1,6	Hollow 20.20.0,6	Sekrup	Tie Road	Wing Nut	Push Pull Prop	Kicker Brace	
	(lembar)	(batang)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	
0 - base	13,515,000.00	39,114,000.00	6,532,000.00	563,100.00	13,800,000.00	22,080,000.00	23,276,000.00	9,200,000.00	297,178,900.00
base - 2									
2 - 3,5									
3,5 - 5									
5 - 6,5									
6,5 - 8	14,840,000.00			605,400.00					22,339,800.00
8 - 9,5									
9,5 - 11									
11 - kolam									
kolam - 13									
13 - 14	2,120,000.00			87,300.00					5,243,200.00
TOTAL									324,761,900.00

BIAYA MATERIAL BALOK (1,5 LT)

LANTAI	ZONA 1													
	Phenolic	Kayu 6/12	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Kayu 5/7	Besi Siku	Paku	Sekrup	Main Frame	Cross Brace	Jack Base	U Head	Joint Pin	Support
	(lembar)	(m3)	(m3)	(batang)	(m3)	(buah)	(kg)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
0 - 1,5	31,270,000	12,415,680	11,168,640	102,793,500	2,209,620	57,480,000	1,466,262	1,250,100	22,840,000	19,400,000	22,660,000	22,660,000	3,180,000	
1,5 - 3		1,241,568	1,116,864		220,962		503,746							
3 - 4,5		1,241,568	1,116,864		220,962		993,468							
4,5 - 6		1,241,568	1,116,864		220,962		489,722							
6 - 7,5		1,241,568	1,116,864		220,962		993,468							
7,5 - 9	10,600,000	1,241,568	1,116,864		220,962		489,722	417,600						
9 - 10,5		1,241,568	1,116,864		220,962		993,468							
10,5 - 12		1,241,568	1,116,864		220,962		489,722							
12 - 13		1,241,568	1,116,864		220,962		994,156							1,416,800
13 - 14		1,241,568	1,116,864		220,962		203,752							
14 - atap	4,505,000	1,241,568	1,116,864		220,962		211,187	180,000						

BIAYA MATERIAL BALOK (1,5 LT)

LANTAI	ZONA 2													Jumlah Zona 1 + Zona 2
	Phenolic	Kayu 6/12	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Kayu 5/7	Besi Siku	Paku	Sekrup	Main Frame	Cross Brace	Jack Base	U Head	Joint Pin	
	(lembar)	(m3)	(m3)	(batang)	(m3)	(buah)	(kg)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(Rp)
0 - 1,5	21,995,000	7,452,000	6,880,608	64,872,000	1,680,000	34,500,000	1,058,563	902,400	9,480,000	8,400,000	13,035,000	13,035,000		494,084,373
1,5 - 3		745,200	688,061		168,000		1,013,849						2,960,000	8,658,250
3 - 4,5		745,200	688,061		168,000		494,205							5,668,328
4,5 - 6		745,200	688,061		168,000		991,019							5,661,396
6 - 7,5		745,200	688,061		168,000		484,095							5,658,218
7,5 - 9	21,730,000	745,200	688,061		168,000		1,013,849	864,600						39,296,426
9 - 10,5		745,200	688,061		168,000		484,095							5,658,218
10,5 - 12		745,200	688,061		168,000		978,300							5,648,677
12 - 13		745,200	688,061		168,000		0							6,591,611
13 - 14		745,200	688,061		168,000		645,329							5,029,736
14 - atap	3,710,000	745,200	688,061		168,000		174,224	148,500						13,109,566
TOTAL														595,064,797

BIAYA MATERIAL PLAT (1,5 LT)													
LANTAI	ZONA 1						ZONA 2						Jumlah Zona 1 + Zona2 (Rp)
	Phenolic	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Support	Jack Base	U Head	Phenolic	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Support	Jack Base	U Head	
	(lembar)	(m3)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)	(lembar)	(m3)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)	
0 - 1,5	33,920,000	7,663,968	40,306,500	107,100,000	28,050,000	28,050,000	23,585,000	5,037,552	26,473,500	63,420,000	16,610,000	16,610,000	396,826,520
1,5 - 3		766,397						503,756					1,270,153
3 - 4,5		766,397						503,756					1,270,153
4,5 - 6		766,397						503,756					1,270,153
6 - 7,5		766,397						503,756					1,270,153
7,5 - 9	7,420,000	766,397					20,670,000	503,756					29,360,153
9 - 10,5		766,397						503,756					1,270,153
10,5 - 12		766,397						503,756					1,270,153
12 - 13		766,397						503,756					1,270,153
13 - 14		766,397						503,756					1,270,153
14 - ATAP	5,565,000	766,397					6,360,000	503,756					13,195,153
TOTAL													449,543,050

BIAYA UPAH TENAGA (1,5LT)						
	Tenaga	Satuan	Struktur			Jumlah (Rp)
			Kolom	Balok	Plat	
Zona 1	Mandor	orang	5.670.000,00	7.560.000,00	7.560.000,00	20.790.000,00
	Tukang	orang	45.360.000,00	60.480.000,00	60.480.000,00	166.320.000,00
	Buruh	orang	34.020.000,00	45.360.000,00	45.360.000,00	124.740.000,00
Zona 2	Tukang	orang	45.360.000,00	60.480.000,00	60.480.000,00	166.320.000,00
	Buruh	orang	34.020.000,00	45.360.000,00	45.360.000,00	124.740.000,00
TOTAL						602.910.000,00

Sehingga Total Biaya Untuk Pekerjaan Bekisting dengan Rotasi 1,5 Lt = Biaya material kolom + biaya material balok + biaya material plat + biaya upah
= Rp 324,761,900.00 + Rp 595,064,797.00 + Rp 449,543,050.00 + Rp 602.910.000,00
= Rp 1,972,279,747.00

B. Rotasi 2 Lantai

BIAYA MATERIAL KOLOM (2 LT)								
LANTAI	ZONA 1							
	Phenolic	Hollow 50.50.1,6	Hollow 20.20.0,6	Sekrup	Tie Road	Wing Nut	Push Pull Prop	Kicker Brace
	(lembar)	(batang)	(batang)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
0 - 1	19,080,000	56,286,000	8,662,000	778,800	14,640,000	23,424,000	21,049,600	8,320,000
1 - 3								
3 - 5								
5 - 7								
7 - 9								
9 - 11	13,250,000			538,800				
11 - kolam								
kolam - 14								

BIAYA MATERIAL KOLOM (2 LT)									
LANTAI	ZONA 2								Jumlah Zona 1 + Zona 2
	Phenolic	Hollow 50.50.1,6	Hollow 20.20.0,6	Sekrup	Tie Road	Wing Nut	Push Pull Prop	Kicker Brace	
	(lembar)	(batang)	(batang)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(Rp)
0 - 1	23,850,000	65,587,500	10,366,000	988,800	17,520,000	28,032,000	25,907,200	10,240,000	334,731,900
1 - 3									
3 - 5									
5 - 7									
7 - 9									
9 - 11	14,840,000			605,400					29,234,200
11 - kolam									
kolam - 14									
TOTAL									363,966,100

BIAYA MATERIAL BALOK (2 LT)														
LANTAI	ZONA 1													
	Phenolic	Kayu 6/12	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Kayu 5/7	Besi Siku	Paku	Sekrup	Main Frame	Cross Brace	Jack Base	U Head	Joint Pin	Support
	(lembar)	(m3)	(m3)	(batang)	(m3)	(buah)	(kg)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
0-2	31,270,000	12,415,680	11,168,640	102,793,500	2,209,620	45,984,000	1,466,262	1,250,100	18,272,000	15,520,000	18,128,000	18,128,000	2,544,000	
2-4		1,241,568	1,116,864		220,962		1,007,492							
4-6		1,241,568	1,116,864		220,962		979,444							
6-8		1,241,568	1,116,864		220,962		993,468							
8-10		1,241,568	1,116,864		220,962		979,444							

10-12	21,465,000	1,241,568	1,116,864		220,962		993,468	847,200						
12-13		1,241,568	1,116,864		220,962		994,156							1,416,800
13-ATAP		1,241,568	1,116,864		220,962		414,938							

BIAYA MATERIAL BALOK (2 LT)														
LANTAI	ZONA 2													Jumlah Zona 1 + Zona 2 (Rp)
	Phenolic	Kayu 6/12	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Kayu 5/7	Besi Siku	Paku	Sekrup	Main Frame	Cross Brace	Jack Base	U Head	Joint Pin	
	(lembar)	(m3)	(m3)	(batang)	(m3)	(buah)	(kg)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	
0-2	32,860,000	11,573,280	10,583,136	99,216,000	2,465,820	42,864,000	1,565,487	1,334,700	17,056,000	14,880,000	16,940,000	16,940,000	2,368,000	551,796,225
2-4		1,157,328	1,058,314		246,582		1,001,130							7,050,240
4-6		1,157,328	1,058,314		246,582		991,019							7,012,081
6-8		1,157,328	1,058,314		246,582		991,019							7,026,105
8-10		1,157,328	1,058,314		246,582		991,019							7,012,081
10-12	20,935,000	1,157,328	1,058,314		246,582		978,300	834,000						51,094,586
12-13		1,157,328	1,058,314		246,582		403,648							7,856,222
13-ATAP		1,157,328	1,058,314		246,582		415,905							5,872,461
TOTAL														644,720,001

BIAYA MATERIAL PLAT (2 LT)														
LANTAI	ZONA 1						ZONA 2						Jumlah Zona 1 + Zona 2 (Rp)	
	Phenolic	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Support	Jack Base	U Head	Phenolic	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Support	Jack Base	U Head		
	(lembar)	(m3)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)	(lembar)	(m3)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)		
0-2	33,920,000	7,663,968	40,306,500	85,680,000	22,440,000	22,440,000	35,245,000	7,560,144	41,260,500	84,756,000	22,198,000	22,198,000	425,668,112	
2-4		766,397						756,015					1,522,412	
4-6		766,397						756,015					1,522,412	
6-8		766,397						756,015					1,522,412	
8-10		766,397						756,015					1,522,412	
10-12	15,370,000	766,397					20,140,000	756,015					37,032,412	
12-13		766,397						756,015					1,522,412	
13-ATAP		766,397						756,015					1,522,412	
TOTAL														471,834,996

BIAYA UPAH TENAGA (2 LT)						
	Tenaga	Satuan	Struktur			Jumlah (Rp)
			Kolom	Balok	Plat	
			Zona 1	Mandor	orang	4,815,000
	Tukang	orang	38,520,000	51,360,000	51,360,000	141,240,000
	Buruh	orang	28,890,000	38,520,000	38,520,000	105,930,000

Zona 2	Tukang	orang	38,520,000	51,360,000	51,360,000	141,240,000
	Buruh	orang	28,890,000	38,520,000	38,520,000	105,930,000
TOTAL						511,995,000

Sehingga Total Biaya Untuk Pekerjaan Bekisting dengan Rotasi 2 Lt = Biaya material kolom + biaya material balok + biaya material plat + biaya upah
= Rp 363,966,100.00 + Rp 644,720,001.00 + Rp 471,834,996.00 + Rp 511,995,000.00
= Rp 1,992,516,097.00

C. Rotasi 2,5 Lantai

BIAYA MATERIAL KOLOM (2,5 LT)								
LANTAI	ZONA 1							
	Phenolic	Hollow 50.50.1,6	Hollow 20.20.0,6	Sekrup	Tie Road	Wing Nut	Push Pull Prop	Kicker Brace
	(lembar)	(batang)	(batang)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
0 - 1,5	25,705,000	75,366,000	11,395,500	1,048,200	19,680,000	31,488,000	28,336,000	11,200,000
1,5 - 4								
4 - 6,5								
6,5 - 9								
9 - 11,5								
11,5 - 13	4,505,000			180,000				
13 - 14	2,915,000			120,900				

BIAYA MATERIAL KOLOM (2,5 LT)									
LANTAI	ZONA 2								Jumlah Zona 1 + Zona 2
	Phenolic	Hollow 50.50.1,6	Hollow 20.20.0,6	Sekrup	Tie Road	Wing Nut	Push Pull Prop	Kicker Brace	
	(lembar)	(batang)	(batang)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	
0 - 1,5	23,850,000	65,587,500	10,366,000	988,800	17,520,000	28,032,000	25,907,200	10,240,000	386,710,200
1,5 - 4									
4 - 6,5									
6,5 - 9									
9 - 11,5									
11,5 - 13	10,335,000			426,600					15,446,600
13 - 14									3,035,900
TOTAL									405,192,700

BIAYA MATERIAL BALOK (2,5 LT)														
LANTAI	ZONA 1													
	Phenolic	Kayu 6/12	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Kayu 5/7	Besi Siku	Paku	Sekrup	Main Frame	Cross Brace	Jack Base	U Head	Joint Pin	Support
	(lembar)	(m3)	(m3)	(batang)	(m3)	(buah)	(kg)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)
0-2,5	42,135,000	16,964,640	15,174,144	139,284,000	2,955,960	62,832,000	1,970,008	1,679,700	23,360,000	19,800,000	25,124,000	25,124,000	2,544,000	1,416,800
2,5-5														
5-7,5														
7,5-10														
10-kolam														
kolam-14,5	15,105,000	1,696,464	1,517,415	295,596	295,596	1,716,942	616,800							
14,5-atap	14,840,000	1,696,464	1,517,415	295,596	295,596	685,619	584,400							
		1,696,464	1,517,415		295,596		0							

BIAYA MATERIAL BALOK (2,5 LT)														
LANTAI	ZONA 2													Jumlah Zona 1 + Zona 2
	Phenolic	Kayu 6/12	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Kayu 5/7	Besi Siku	Paku	Sekrup	Main Frame	Cross Brace	Jack Base	U Head	Joint Pin	
	(lembar)	(m3)	(m3)	(batang)	(m3)	(buah)	(kg)	(kg)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(buah)	(Rp)
0-2,5	32,860,000	11,573,280	10,583,136	99,216,000	2,465,820	42,864,000	1,565,487	1,334,700	17,056,000	14,880,000	16,940,000	16,940,000	2,368,000	649,593,875
2,5-5		1,157,328	1,058,314		246,582		1,485,224							8,450,391
5-7,5		1,157,328	1,058,314		246,582		991,019							8,445,907
7,5-10		1,157,328	1,058,314		246,582		1,497,944							8,449,087
10-kolam		1,157,328	1,058,314		246,582		978,300							25,805,541
kolam-14,5	14,045,000	1,157,328	1,058,314		246,582		645,329	550,200						37,322,247
14,5-atap		1,157,328	1,058,314		246,582		174,224							6,145,923
TOTAL														744,212,971

BIAYA MATERIAL PLAT (2,5 LT)													
LANTAI	ZONA 1						ZONA 2						Jumlah Zona 1 + Zona 2
	Phenolic	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Support	Jack Base	U Head	Phenolic	Kayu 8/12	Hollow 50.50.1,6	Support	Jack Base	U Head	
	(lembar)	(m3)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)	(lembar)	(m3)	(batang)	(buah)	(buah)	(buah)	(Rp)
0-2,5	41,605,000	9,578,448	49,846,500	109,872,000	28,776,000	28,776,000	35,245,000	7,560,144	41,260,500	84,756,000	22,198,000	22,198,000	481,671,592
2,5-5		957,845						756,015					1,713,860
5-7,5		957,845						756,015					1,713,860
7,5-10		957,845						756,015					1,713,860
10-kolam	7,420,000	957,845						756,015					9,133,860
kolam-14,5	14,310,000	957,845					15,105,000	756,015					31,128,860
14,5-atap		957,845						756,015					1,713,860
TOTAL													528,789,752

BIAYA UPAH TENAGA (2,5 LT)						
	Tenaga	Satuan	Struktur			Jumlah (Rp)
			Kolom	Balok	Plat	
Zona 1	Mandor	orang	4,725,000	6,300,000	6,300,000	17,325,000
	Tukang	orang	37,800,000	50,400,000	50,400,000	138,600,000
	Buruh	orang	28,350,000	37,800,000	37,800,000	103,950,000
Zona 2	Tukang	orang	37,800,000	50,400,000	50,400,000	138,600,000
	Buruh	orang	28,350,000	37,800,000	37,800,000	103,950,000
TOTAL						502,425,000

Sehingga Total Biaya Untuk Pekerjaan Bekisting dengan Rotasi 2,5 Lt = Biaya material kolom + biaya material balok + biaya material plat + biaya upah
= Rp 405,192,700.00 + Rp 744,212,971.00 + Rp 528,789,752.00 + Rp 502,425,000.00
= Rp 2,180,620,423.00

REKAPITULASI BIAYA BERDASARKAN ROTASI

ROTASI	BIAYA
1,5 LANTAI	1,972,279,747.00
2 LANTAI	1,992,516,097.00
2,5 LANTAI	2,180,620,423.00

WASTE MATERIAL

Waste material yang akan dihitung di sini adalah waste akibat sisa potongan yang tidak terpakai, dan akibat kerusakan. Material dari bekisting yang akan mengalami waste yaitu multiplek (phenolic) dan kayu glugu.

1,5 LANTAI

a. Akibat Sisa Potongan

WASTE MATERIAL KOLOM AKIBAT SISA POTONGAN													
Material	Satuan	Lantai	Zona 1					Zona 2					Total Waste Cost
			Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	
Phenolic	Lembar	0 - Base	72	70.17	1.83	265,000.00	485,536.91	51	50.74	0.26	265,000.00	69,362.42	554,899.33
		6,5 - 8	25	24.27	0.73	265,000.00	193,859.06	56	54.55	1.45	265,000.00	384,161.07	578,020.13
		13 - 14	11	10.87	0.13	265,000.00	33,791.95	8	7.85	0.15	265,000.00	39,127.52	72,919.46
TOTAL													1,205,838.93

WASTE MATERIAL BALOK AKIBAT SISA POTONGAN													
Material	Satuan	Lantai	Zona 1					Zona 2					Total Waste Cost
			Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	
Phenolic	Lembar	0 - 1,5	118	116.80	1.20	265,000.00	316,932.89	83	82.90	0.11	265,000.00	27,825.00	344,757.89
		7,5 - 9	40	39.003	0.997	265,000.00	264,128.52	82	80.19	1.81	265,000.00	480,094.63	744,223.15
		14 - Atap	17	16.67	0.33	265,000.00	87,912.42	14	13.68	0.32	265,000.00	85,431.38	173,343.79
TOTAL													1,262,324.83

WASTE MATERIAL PLAT AKIBAT SISA POTONGAN													
Material	Satuan	Lantai	Zona 1					Zona 2					Total Waste Cost
			Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	
Phenolic	Lembar	0 - 1,5	128	127.75	0.25	265,000.00	67,334.90	89	88.99	0.01	265,000.00	2,614.43	69,949.33
		7,5 - 9	28	27.61	0.39	265,000.00	104,550.50	78	76.92	1.08	265,000.00	284,883.89	389,434.40
		14 - Atap	21	20.56	0.44	265,000.00	116,448.83	24	23.35	0.65	265,000.00	171,218.46	287,667.28
TOTAL													747,051.01

b. Akibat Kerusakan

WASTE MATERIAL BALOK AKIBAT KERUSAKAN									
Material	Satuan	Lantai	Zona 1			Zona 2			Total Waste Cost
			Vol Material Rusak	Harga Satuan	Waste Cost	Vol Material Rusak	Harga Satuan	Waste Cost	
Kayu 6/12	m3	1,5 - 3	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.50	1,500,000.00	745,200.00	1,986,768.00
		3 - 4,5	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.50	1,500,000.00	745,200.00	1,986,768.00
		4,5 - 6	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.50	1,500,000.00	745,200.00	1,986,768.00
		6 - 7,5	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.50	1,500,000.00	745,200.00	1,986,768.00
		7,5 - 9	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.50	1,500,000.00	745,200.00	1,986,768.00
		9 - 10,5	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.50	1,500,000.00	745,200.00	1,986,768.00
		10,5 - 12	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.50	1,500,000.00	745,200.00	1,986,768.00
		12 - 13	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.50	1,500,000.00	745,200.00	1,986,768.00
		13 - 14	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.50	1,500,000.00	745,200.00	1,986,768.00
		14 - atap	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.50	1,500,000.00	745,200.00	1,986,768.00
Kayu 8/12	m3	1,5 - 3	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.46	1,500,000.00	688,060.80	1,804,924.80
		3 - 4,5	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.46	1,500,000.00	688,060.80	1,804,924.80
		4,5 - 6	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.46	1,500,000.00	688,060.80	1,804,924.80
		6 - 7,5	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.46	1,500,000.00	688,060.80	1,804,924.80
		7,5 - 9	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.46	1,500,000.00	688,060.80	1,804,924.80
		9 - 10,5	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.46	1,500,000.00	688,060.80	1,804,924.80
		10,5 - 12	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.46	1,500,000.00	688,060.80	1,804,924.80
		12 - 13	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.46	1,500,000.00	688,060.80	1,804,924.80
		13 - 14	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.46	1,500,000.00	688,060.80	1,804,924.80
		14 - atap	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.46	1,500,000.00	688,060.80	1,804,924.80
Kayu 5/7	m3	1,5 - 3	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.11	1,500,000.00	168,000.00	388,962.00
		3 - 4,5	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.11	1,500,000.00	168,000.00	388,962.00
		4,5 - 6	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.11	1,500,000.00	168,000.00	388,962.00
		6 - 7,5	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.11	1,500,000.00	168,000.00	388,962.00
		7,5 - 9	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.11	1,500,000.00	168,000.00	388,962.00
		9 - 10,5	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.11	1,500,000.00	168,000.00	388,962.00
		10,5 - 12	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.11	1,500,000.00	168,000.00	388,962.00
		12 - 13	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.11	1,500,000.00	168,000.00	388,962.00
		13 - 14	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.11	1,500,000.00	168,000.00	388,962.00
		14 - atap	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.11	1,500,000.00	168,000.00	388,962.00
TOTAL									41,806,548.00

WASTE MATERIAL PLAT AKIBAT KERUSAKAN									
Material	Satuan	Lantai	Zona 1			Zona 2			Total Waste Cost
			Vol Material Rusak	Harga Satuan	Waste Cost	Vol Material Rusak	Harga Satuan	Waste Cost	
Kayu 8/12	m3	1,5 - 3	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.34	1,500,000.00	503,755.20	1,270,152.00
		3 - 4,5	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.34	1,500,000.00	503,755.20	1,270,152.00
		4,5 - 6	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.34	1,500,000.00	503,755.20	1,270,152.00
		6 - 7,5	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.34	1,500,000.00	503,755.20	1,270,152.00
		7,5 - 9	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.34	1,500,000.00	503,755.20	1,270,152.00
		9 - 10,5	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.34	1,500,000.00	503,755.20	1,270,152.00
		10,5 - 12	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.34	1,500,000.00	503,755.20	1,270,152.00
		12 - 13	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.34	1,500,000.00	503,755.20	1,270,152.00
		13 - 14	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.34	1,500,000.00	503,755.20	1,270,152.00
		14 - ATAP	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.34	1,500,000.00	503,755.20	1,270,152.00
TOTAL									12,701,520.00

Total Waste Material Pada Rotasi 1,5 Lantai = 57,723,282.77

2 LANTAI

a. Akibat Sisa Potongan

WASTE MATERIAL KOLOM AKIBAT SISA POTONGAN													
Material	Satuan	Lantai	Zona 1					Zona 2					Total Waste Cost
			Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	
Phenolic	Lembar	0 - 1	72	70.17	1.83	265,000.00	485,536.91	90	89.09	0.91	265,000.00	240,100.67	725,637.58
		9 - 11	50	48.54	1.46	265,000.00	387,718.12	56	54.55	1.45	265,000.00	384,161.07	771,879.19
TOTAL												1,497,516.78	

WASTE MATERIAL BALOK AKIBAT SISA POTONGAN													
Material	Satuan	Lantai	Zona 1					Zona 2					Total Waste Cost
			Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	
Phenolic	Lembar	0 - 2	118	116.80	1.20	265,000.00	316,932.89	124	122.99	1.01	265,000.00	267,872.32	584,805.20
		10 - 12	81	79.10	1.90	265,000.00	502,646.31	79	77.39	1.61	265,000.00	426,205.37	928,851.68
TOTAL												1,513,656.88	

WASTE MATERIAL PLAT AKIBAT SISA POTONGAN													
Material	Satuan	Lantai	Zona 1					Zona 2					Total Waste Cost
			Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	
Phenolic	Lembar	0 - 2	128	127.75	0.25	265,000.00	67,334.90	133	132.16	0.84	265,000.00	221,977.52	289,312.42
		10 - 12	58	57.03	0.97	265,000.00	256,854.36	76	74.77	1.23	265,000.00	325,389.77	582,244.13
TOTAL												871,556.54	

b. Akibat Kerusakan

WASTE MATERIAL BALOK AKIBAT KERUSAKAN									
Material	Satuan	Lantai	Zona 1			Zona 2			Total Waste Cost
			Vol Material Rusak	Harga Satuan	Waste Cost	Vol Material Rusak	Harga Satuan	Waste Cost	
Kayu 6/12	m3	2-4	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.77	1,500,000.00	1,157,328.00	2,398,896.00
		4-6	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.77	1,500,000.00	1,157,328.00	2,398,896.00
		6-8	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.77	1,500,000.00	1,157,328.00	2,398,896.00
		8-10	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.77	1,500,000.00	1,157,328.00	2,398,896.00
		10-12	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.77	1,500,000.00	1,157,328.00	2,398,896.00
		12-13	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.77	1,500,000.00	1,157,328.00	2,398,896.00
		13-ATAP	0.83	1,500,000.00	1,241,568.00	0.77	1,500,000.00	1,157,328.00	2,398,896.00

Kayu 8/12	m3	2-4	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.71	1,500,000.00	1,058,313.60	2,175,177.60
		4-6	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.71	1,500,000.00	1,058,313.60	2,175,177.60
		6-8	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.71	1,500,000.00	1,058,313.60	2,175,177.60
		8-10	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.71	1,500,000.00	1,058,313.60	2,175,177.60
		10-12	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.71	1,500,000.00	1,058,313.60	2,175,177.60
		12-13	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.71	1,500,000.00	1,058,313.60	2,175,177.60
		13-ATAP	0.74	1,500,000.00	1,116,864.00	0.71	1,500,000.00	1,058,313.60	2,175,177.60
Kayu 5/7	m3	2-4	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.16	1,500,000.00	246,582.00	467,544.00
		4-6	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.16	1,500,000.00	246,582.00	467,544.00
		6-8	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.16	1,500,000.00	246,582.00	467,544.00
		8-10	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.16	1,500,000.00	246,582.00	467,544.00
		10-12	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.16	1,500,000.00	246,582.00	467,544.00
		12-13	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.16	1,500,000.00	246,582.00	467,544.00
		13-ATAP	0.15	1,500,000.00	220,962.00	0.16	1,500,000.00	246,582.00	467,544.00
TOTAL									35,291,323.20

WASTE MATERIAL PLAT AKIBAT KERUSAKAN									
Material	Satuan	Lantai	Zona 1			Zona 2			Total Waste Cost
			Vol Material Rusak	Harga Satuan	Waste Cost	Vol Material Rusak	Harga Satuan	Waste Cost	
Kayu 8/12	m3	2-4	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.50	1,500,000.00	756,014.40	1,522,411.20
		4-6	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.50	1,500,000.00	756,014.40	1,522,411.20
		6-8	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.50	1,500,000.00	756,014.40	1,522,411.20
		8-10	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.50	1,500,000.00	756,014.40	1,522,411.20
		10-12	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.50	1,500,000.00	756,014.40	1,522,411.20
		12-13	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.50	1,500,000.00	756,014.40	1,522,411.20
		13-ATAP	0.51	1,500,000.00	766,396.80	0.50	1,500,000.00	756,014.40	1,522,411.20
TOTAL									10,656,878.40

Total Waste Material Pada Rotasi 2 Lantai = 49,830,931.80

2,5 LANTAI

a. Akibat Sisa Potongan

WASTE MATERIAL KOLOM AKIBAT SISA POTONGAN													
Material	Satuan	Lantai	Zona 1					Zona 2					Total Waste Cost
			Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	
Phenolic	Lembar	0 - 1,5	97	94.44	2.56	265,000.00	679,395.97	90	89.09	0.91	265,000.00	240,100.67	919,496.64
		11,5 - 13	17	16.21	0.79	265,000.00	209,865.77	39	38.42	0.58	265,000.00	152,953.02	362,818.79
		13 - 14	11	10.87	0.13	265,000.00	33,791.95						33,791.95
TOTAL													1,316,107.38

WASTE MATERIAL BALOK AKIBAT SISA POTONGAN													
Material	Satuan	Lantai	Zona 1					Zona 2					Total Waste Cost
			Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	
Phenolic	Lembar	0 - 2,5	159	156.90	2.10	265,000.00	555,450.67	124	122.99	1.01	265,000.00	267,872.32	823,322.99
		10 - Kolam	57	56.92	0.08	265,000.00	22,364.93						22,364.93
		Kolam - 14,5	56	54.70	1.30	265,000.00	344,677.85	53	51.39	1.61	265,000.00	427,690.44	772,368.29
TOTAL													1,618,056.21

WASTE MATERIAL PLAT AKIBAT SISA POTONGAN													
Material	Satuan	Lantai	Zona 1					Zona 2					Total Waste Cost
			Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	Volume Material Datang	Volume Material Pasang	Volume Waste	Harga Satuan	Waste Cost	
Phenolic	Lembar	0 - 2,5	157	155.80	1.20	265,000.00	319,236.07	133	132.16	0.84	265,000.00	221,977.52	541,213.59
		10 - Kolam	28	27.22	0.78	265,000.00	207,553.69						207,553.69
		Kolam - 14,5	54	52.19	1.81	265,000.00	478,600.67	57	55.69	1.31	265,000.00	346,287.42	824,888.09
TOTAL													1,573,655.37

b. Akibat Kerusakan

WASTE MATERIAL BALOK AKIBAT KERUSAKAN									
Material	Satuan	Lantai	Zona 1			Zona 2			Total Waste Cost
			Vol Material Rusak	Harga Satuan	Waste Cost	Vol Material Rusak	Harga Satuan	Waste Cost	
Kayu 6/12	m3	2,5-5	1.13	1,500,000.00	1,696,464.00	0.77	1,500,000.00	1,157,328.00	2,853,792.00
		5-7,5	1.13	1,500,000.00	1,696,464.00	0.77	1,500,000.00	1,157,328.00	2,853,792.00
		7,5-10	1.13	1,500,000.00	1,696,464.00	0.77	1,500,000.00	1,157,328.00	2,853,792.00
		10-kolam	1.13	1,500,000.00	1,696,464.00	0.77	1,500,000.00	1,157,328.00	2,853,792.00
		kolam-14,5	1.13	1,500,000.00	1,696,464.00	0.77	1,500,000.00	1,157,328.00	2,853,792.00
		14,5-atap	1.13	1,500,000.00	1,696,464.00	0.77	1,500,000.00	1,157,328.00	2,853,792.00
Kayu 8/12	m3	2,5-5	1.01	1,500,000.00	1,517,414.40	0.71	1,500,000.00	1,058,313.60	2,575,728.00
		5-7,5	1.01	1,500,000.00	1,517,414.40	0.71	1,500,000.00	1,058,313.60	2,575,728.00
		7,5-10	1.01	1,500,000.00	1,517,414.40	0.71	1,500,000.00	1,058,313.60	2,575,728.00
		10-kolam	1.01	1,500,000.00	1,517,414.40	0.71	1,500,000.00	1,058,313.60	2,575,728.00
		kolam-14,5	1.01	1,500,000.00	1,517,414.40	0.71	1,500,000.00	1,058,313.60	2,575,728.00
		14,5-atap	1.01	1,500,000.00	1,517,414.40	0.71	1,500,000.00	1,058,313.60	2,575,728.00
Kayu 5/7	m3	2,5-5	0.20	1,500,000.00	295,596.00	0.16	1,500,000.00	246,582.00	542,178.00
		5-7,5	0.20	1,500,000.00	295,596.00	0.16	1,500,000.00	246,582.00	542,178.00
		7,5-10	0.20	1,500,000.00	295,596.00	0.16	1,500,000.00	246,582.00	542,178.00
		10-kolam	0.20	1,500,000.00	295,596.00	0.16	1,500,000.00	246,582.00	542,178.00
		kolam-14,5	0.20	1,500,000.00	295,596.00	0.16	1,500,000.00	246,582.00	542,178.00
		14,5-atap	0.20	1,500,000.00	295,596.00	0.16	1,500,000.00	246,582.00	542,178.00
TOTAL									35,830,188.00

WASTE MATERIAL PLAT AKIBAT KERUSAKAN									
Material	Satuan	Lantai	Zona 1			Zona 2			Total Waste Cost
			Vol Material Rusak	Harga Satuan	Waste Cost	Vol Material Rusak	Harga Satuan	Waste Cost	
Kayu 8/12	m3	2,5-5	0.64	1,500,000.00	957,844.80	0.50	1,500,000.00	756,014.40	1,713,859.20
		5-7,5	0.64	1,500,000.00	957,844.80	0.50	1,500,000.00	756,014.40	1,713,859.20
		7,5-10	0.64	1,500,000.00	957,844.80	0.50	1,500,000.00	756,014.40	1,713,859.20
		10-kolam	0.64	1,500,000.00	957,844.80	0.50	1,500,000.00	756,014.40	1,713,859.20
		kolam-14,5	0.64	1,500,000.00	957,844.80	0.50	1,500,000.00	756,014.40	1,713,859.20
		14,5-atap	0.64	1,500,000.00	957,844.80	0.50	1,500,000.00	756,014.40	1,713,859.20
TOTAL									10,283,155.20

Total Waste Material Pada Rotasi 2,5 Lantai = 50,621,162.16

BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Zhagita Devie Ariyanti, dilahirkan di Surabaya, 11 Januari 1994, merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Kemala Bhayangkari I Surabaya, SD Kemala Bhayangkari I Surabaya, SMPN 22 Surabaya, dan SMAN 16 Surabaya. Setelah lulus Tahun 2012, penulis melanjutkan pendidikan di Diploma III Teknik Sipil ITS, dengan mengambil konsentrasi studi di Bangunan Gedung. Setelah menempuh pendidikan diploma selama 3 tahun, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil ITS dengan NRP 03111645000005 dan mengambil konsentrasi bidang manajemen konstruksi. Apabila ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat berkomunikasi via email : gitadevie@gmail.com.