

## MANAJEMEN BEKISTING SEMI SISTEM PADA PROYEK APARTEMEN BEGAWAN MALANG

Abdillah Rizqon<sup>1</sup>, Susapto<sup>2</sup>, Djoko Trijanto<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

<sup>2,3</sup>Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

<sup>1</sup>abdillahirizqon@gmail.com, <sup>2</sup>susapto\_polinema@yahoo.com, <sup>3</sup>pakbosdjokotri@yahoo.co.id

### ABSTRAK

Begawan Apartment Malang seluas 60.552,9 m<sup>2</sup> terletak di atas tanah seluas 14.167,81m<sup>2</sup>. Pekerjaan bekisting dan perancah membutuhkan biaya yang besar, sehingga diperlukan manajemen bekisting dan perancah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang bekisting dan perancah untuk kolom, balok, dan pelat lantai; untuk merencanakan metode zonasi lengkap dengan jadwal, dan untuk memperkirakan biaya setiap alternatif.

Data yang diperlukan adalah produktivitas tenaga kerja, harga satuan kerja Kabupaten Malang 2019, gambar desain dan spesifikasi bekisting dan perancah. Data diolah untuk merancang bekisting dan perancah, kemudian untuk mengetahui kekuatannya. Zonasi direncanakan terdiri dari 5 zonasi. Penjadwalan mengacu pada Microsoft Project dan estimasi mengacu pada PERMEN PUPR 2016.

Hasilnya dalam desain bekisting dengan dimensi yang ditentukan aman dari defleksi; pada 241 hari kerja dengan harga Rp8.212.364.337,02.

**Keywords:** perancah, scaffolding, zoning method

### Abstract

60,552.9-m<sup>2</sup> Begawan Apartment Malang is on the land area of 14,167.81m<sup>2</sup>. The formwork and scaffolding works need great cost, so management of formwork and scaffolding is necessary. The objectives of the study are to design the formwork and scaffolding for columns, beams, and floor slabs; to plan zoning method completed with the schedule, and to estimate the cost of each alternative.

The required data were of manpower productivity, work unit price of Malang District 2019, design drawings and specifications of formwork and scaffolding. The data were processed to design the formwork and scaffolding, then to find out the strength. Zoning were planned consisting of 5 zoning. Scheduling referred to Microsoft Project and the estimation referred to PERMEN PUPR 2016.

The result in formwork design with determined dimension safe of deflection; on 241 work days at Rp8,212,364,337.02.

**Keywords:** formwork, scaffolding, zoning method

### 1. PENDAHULUAN

Proyek pembangunan gedung apartemen Begawan Kota Malang merupakan salah satu mega project yang akan ada di kota Malang. Proyek ini memiliki luas tanah 14.167,81m<sup>2</sup> sedangkan luas bangunan 60.552,9m<sup>2</sup>. Gedung ini memiliki 22 lantai secara keseluruhan dengan rincian 2 lantai basement dan 20 lantai gedung utama. Luas lantai basement 1, basement 2, dan lantai lower ground yaitu 7.137 m<sup>2</sup>, sedangkan untuk lantai ground, upper ground, dan lantai 3 sebesar 4.800m<sup>2</sup>.

Ada tiga komponen utama yang harus direncanakan dengan matang Dalam pekerjaan kontruksi beton, karena hal tersebut akan mempengaruhi keberhasilan suatu

pekerjaan struktur. Ketiga komponen tersebut adalah campuran beton, penulangan beton dan formwork atau bekisting. Diantara ketiga komponen tersebut, komponen formwork atau bekisting pada pelaksanaannya membutuhkan biaya yang besar. Karena itu perencanaannya harus diambil keputusan yang mempunyai nilai ekonomis. (Parani, 2018)

Perkembangan tuntutan akan pekerjaan bekisting untuk pekerjaan struktur beton, telah memicu berkembangnya berbagai sistem dan metode bekisting dengan penggunaan berbagai jenis material dan alat. Material yang paling dominan dipakai untuk pekerjaan bekisting adalah kayu. Pengerjaan yang lebih cepat dan harga yang relatif lebih

mudah menjadi pertimbangan akan penggunaan kayu sebagai bahan bekisting (Nashir, 2010).

Pekerjaan bekisting untuk konstruksi atau proyek yang besar biasanya menggunakan material dan alat bekisting yang lebih mudah dirangkai dan dibongkar. Pemasangan, pabrikan dan pembongkaran ini, menimbulkan adanya sisa atau waste material dalam hal ini kayu atau multiplek yang tidak bisa dipakai lagi untuk pekerjaan bekisting selanjutnya. Khususnya pada pekerjaan konstruksi dalam skala besar, hal ini akan menjadi masalah serius yang dapat menimbulkan kerugian (Nashir, 2010)

Manajemen bekisting yang baik diperlukan untuk efisiensi biaya dan waktu pada proyek Apartemen Begawan Malang. Manajemen bekisting meliputi perencanaan desain bekisting, penentuan metode dan strategi, analisis durasi dari metode dan strategi yang digunakan, dan perhitungan biaya pelaksanaan.

Tujuan pembahasan ini meliputi:

1. Menentukan desain dan tahapan pelaksanaan pekerjaan bekisting.
2. Menganalisis durasi pekerjaan bekisting dengan penggunaan metode zonasi.
3. Menghitung biaya pelaksanaan bekisting.

### Bekisting Semi Sistem

Bekisting semi sistem adalah bekisting yang bahan dasarnya disesuaikan dengan konstruksi beton, sehingga pengulangannya dapat dilakukan lebih banyak apabila konstruksi beton itu sendiri tidak terjadi perubahan bentuk maupun ukuran. Pertimbangan penggunaan bekisting semi sistem adalah pada konstruksi yang cukup tinggi pengulangan penggunaan bekisting pada suatu pekerjaan cetakan sistem ini terbuat dari material kayu lapis atau plat, sedangkan perancah penopangnya terbuat dari baja yang dipabrikan. Material yang dibutuhkan untuk bekisting semi sistem adalah: Scaffolding (perancah), U-Head, Vertical support tube, Horizontal support tube, Jack base, Joint pin, Alat-alat pendukung. (F. Wigbout, 1992)

### Kayu

Sebagai dasar perhitungan kekuatan kayu dalam analisa perencanaan bekisting ini yang ditinjau adalah properti tegangan-tegangan ijin serta modulus elastisitas pada **Tabel 1.** (PKKI, 1961).

**Tabel 1.** Nilai-nilai tegangan ijin kayu dan modulus elastisitasnya

No.	Jenis tegangan (kg/cm <sup>2</sup> )	Kelas kuat kayu				
		I	II	III	IV	V
1	(σ lt //)	150	100	75	50	-
2	(σ tk // = σ tr //)	130	85	60	45	-
3	(σ tk)	40	25	15	10	-
4	(τ //)	20	12	8	5	-
5	(E)	125.000	100.000	80.000	60.000	-

σ lt // : Tegangan lentur sejajar serat  
 σ tk // = σ tr // : Tegangan tekan = Tarik sejajar serat  
 σ tk : Tegangan tekan tegak lurus serat  
 τ // : Tegangan geser sejajar serat  
 E : Modulus Elastisitas

Sumber : PKKI Tahun 1961

### Besi Hollow

Besi hollow adalah besi yang berbentuk pipa kotak. Besi hollow biasanya terbuat dari besi galvanis, stainless atau besi baja. (Parani, 2018) Spesifikasi bahan besi hollow dapat dilihat pada **Tabel 2.**

**Tabel 2.** Spesifikasi besi hollow

Uraian	Symbol	Satuan	Material			
			Besi Hollow	Besi Hollow	Besi Hollow	Besi Hollow
Kuat kelas			BJ-34	BJ-34	BJ-34	BJ-34
Lebar	B	mm	50	60	75	100
Tinggi	H	mm	50	60	75	100
Ketebalan	t	mm	2,3	2,3	3,2	3,2
Panjang	L	mm	1000	1000	1000	1000
Modulus Elastisitas	E	Mpa	200000	200000	200000	200000
Berat	W	Kg/m	3,34	4,06	7,01	9,52
Momen Inersia	I	mm <sup>4</sup>	159000	283000	755000	1870000

Sumber : Tabel Profil Konstruksi Baja, 1988.

## 2. METODE

### Beban Yang Bekerja pada Bekisting

#### 1. Beban Vertikal

Dibuat asumsi beban yang akan diterima perencanaan masing-masing bekisting. Data-data yang digunakan untuk perhitungan adalah sebagai berikut (Gideon H, 1993):

- a. Beban sendiri beton,  $q = \text{Volume beton} \times \text{Berat jenis beton}$
- b. Berat jenis beton bertulangan  $q = 2400 \text{ Kg/m}^3$
- c. Berat jenis beton basah  $q = 2500 \text{ Kg/m}^3$
- d. Beban hidup,  $q = 200 \text{ Kg/m}^2$

#### 2. Beban Horizontal

Gaya horizontal dipengaruhi oleh (Pratama, 2015) Berat volume beton, plastisitas mortar, kecepatan pengerasan mortar, temperatur lokasi, kecepatan pengecoran, cara pemadatan beton, tinggi formwork, jarak dinding formwork, bentuk formwork, kondisi tulangan.

#### 3. Kekuatan Scaffolding dapat dilihat pada **Tabel 3.**

**Tabel 3.** Kekuatan main frame

Tipe	Kekuatan
MF A - 1217B	2500 kg perkaki
MF 0917	2500 kg perkaki
MF A - 1219	2250 kg perkaki

Sumber: Sumargo, 2006

### Perhitungan Lendutan

Kekakuan suatu bahan dapat diketahui dari besarnya lendutan yang terjadi. (R. Segel, 1993) untuk 2 tumpuan digunakan **Persamaan 1** dan untuk 3 tumpuan atau lebih **Persamaan 2.**

Untuk Perletakan di atas 2 tumpuan, dengan **Persamaan**

1

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot l^2}{384 \cdot E \cdot I} \quad (1)$$

Untuk perletakan di atas 3 tumpuan atau lebih, dengan

**Persamaan 2**

$$\delta = \frac{q \cdot l^2}{128 \cdot E \cdot I} \quad (2)$$

dimana:

E= Modulus elastisitas perletakan

I= Momen Inersia penampang

Lendutan yang terjadi tidak boleh lebih dari lendutan yang diijinkan, dengan mengabaikan pergeseran pada tempat-tempat sambungan, lendutan pada suatu konstruksi akibat berat sendiri dan muatan tetap dibatasi sebagai berikut:

$\delta_{maks} \leq \frac{1}{400} L$ , untuk balok pada konstruksi yang tidak terlindung

$\delta_{maks} \leq \frac{1}{500} L$ , untuk konstruksi rangka batang yang terlindung

dimana:

- $\delta$  = Lendutan
- L = Jarak batang

**Pengaruh Pelaksanaan Pekerjaan Bekisting Terhadap Jadwal Proyek**

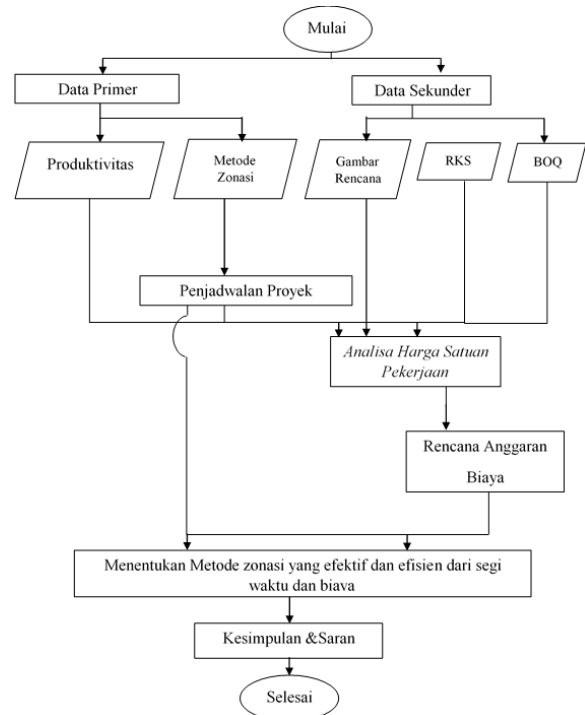
Pekerjaan bekisting merupakan bagian dari pekerjaan struktur sebuah bangunan konstruksi beton. Pekerjaan lainnya adalah pekerjaan pembesian dan pekerjaan pengecoran. Dalam pelaksanaan di lapangan, ketiga pekerjaan tersebut saling terkait. Bilamana pekerjaan bekisting mengalami keterlambatan, maka secara keseluruhan jadwal pekerjaan struktur juga akan terlambat. Sebaliknya, bila pekerjaan bekisting dapat selesai tepat waktu atau lebih cepat dari rencana, maka pekerjaan struktur juga dapat selesai tepat waktu atau lebih cepat dari rencana. Jadi kinerja waktu pekerjaan bekisting memiliki hubungan dalam menentukan kinerja waktu pekerjaan proyek struktur secara keseluruhan (Mardal, 2008)

**Pembiayaan Bekisting**

Estimasi dalam pelaksanaan konstruksi bekisting harus memperhitungkan pula waktu kerja untuk mendirikan dan membongkar bekisting tiap siklus. Dalam perhitungan waktu tersebut, kontraktor harus memperhitungkan pula tundaan akibat cuaca, permasalahan alat disamping proses pembersihan bekisting dan pekerjaan pendukung lainnya. (G. Nawy, 1997)

**Diagram alir perencanaan**

Diagram alir perencanaan manajemen bekisting dapat dilihat pada **Gambar 1**.

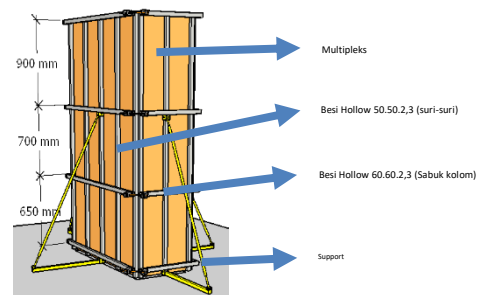


**Gambar 1.** Diagram Alir Manajemen Bekisting

**3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Desain Bekisting Kolom**

1. Desain dan Bahan Acuan dapat dilihat pada **Gambar 2**

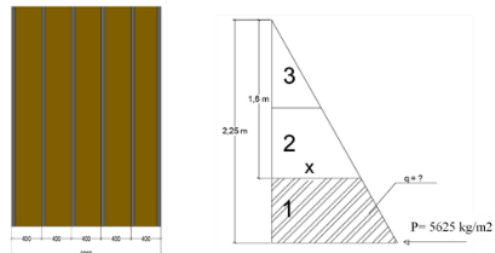


**Gambar 2.** Rencana Desain Bekisting Kolom

2. Data Pembebanan

Tekanan beton (q)	= 2500 kg/m <sup>3</sup>
Modulus Elastisitas kayu (Emult)	= 60000 MPa
Modulus Elastisitas Hollow (Eh)	= 200000 MPa
Momen Inersia Hollow 60.60.3,2 (I)	= 283000 mm <sup>4</sup>

Analisis Lendutan Multipleks, Direncanakan jarak antar besi hollow 400mm. Rencana Desain Multipleks dapat dilihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 3.** Rencana Desain Multipleks

3. Pembebanan pada multipleks:

Beban Beton per tinggi 0,5 m =

$$X = \tan\left(\frac{2,25}{5625}\right) = \tan\left(\frac{1,6}{x}\right)$$

$$X = \left(\frac{1,6 \times 5625}{2,25}\right) = 4000$$

$$Q = \left(\frac{(4000 + 5625) \times 0,65}{2}\right) = 3128,125 \text{ kg/m}$$

Beban beton per lebar 0,4 m =

$$\text{Beban beton} \times \text{lebar} = 3128,125 \times 0,4 = 1251,25 \text{ kg/m}$$

$$= 12,513 \text{ N/mm}$$

$$f \text{ ijin} = L / 500 \quad \text{Inersia} = 1/12 bh^3 = 400 / 500 = 1/12 \times 2000 \times 18^3$$

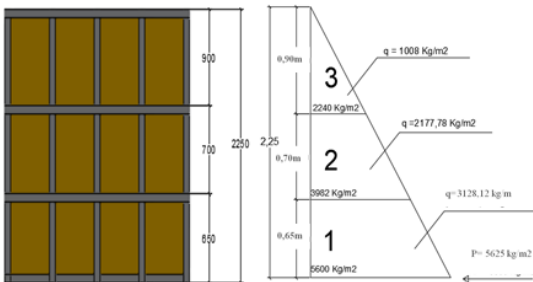
$$= 0,8 \text{ mm} \quad = 972000 \text{ mm}^4$$

$$f \text{ maks} = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI} = \frac{5}{384} \frac{12,513 \times 400^4}{60000 \times 972000} = 0,07 \text{ mm}$$

$$f \text{ maks} < f \text{ ijin} = 0,07 < 0,8 \text{ mm (aman)}$$

4. Lendutan Hollow Suri-suri

Direncanakan jarak sabuk kolom nomer 1 sebesar 650 mm yang dapat dilihat pada **Gambar 4**.



**Gambar 4.** Rencana Desain Hollow Suri

Pembebanan pada Hollow suri - suri:

Perhitungan pembebanan hollow suri – suri seperti pada contoh perhitungan diatas dan diperoleh beban yang diterima hollow dengan jarak sabuk pertama 650mm yaitu sebesar 31,281N/mm.

$$f \text{ ijin} = L / 500 \quad \text{Inersia} = 283000 \text{ mm}^4 = 650 / 500 \quad (\text{Hollow } 60.60.2,3)$$

$$= 1,30 \text{ mm}$$

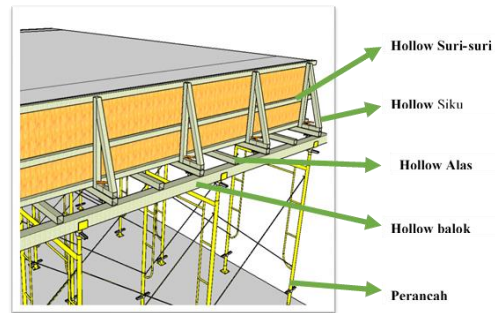
$$f \text{ maks} = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI} = \frac{5}{384} \frac{31,281 \times 650^4}{200000 \times 283000} = 1,28 \text{ mm}$$

$$f \text{ maks} < f \text{ ijin} = 1,28 < 1,30 \text{ mm (aman)}$$

Jadi, bekisting kolom semi sistem dapat menahan beban pengecoran dengan jarak setiap sabuk kolom yang pertama sebesar 650 mm

**Desain Bekisting Balok**

1. Desain dan Bahan Acuan dapat dilihat pada **Gambar 5**.



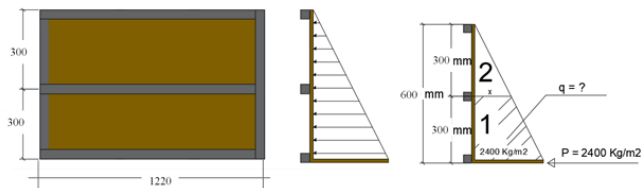
**Gambar 5.** Rencana Desain Bekisting Balok

2. Data Pembebanan

Y beton basah	=2500 kg/m <sup>3</sup>
h balok	=0,6 m
b balok	=0,35 m
Modulus Elastisitas kayu (Emult)	=60000 MPa
Modulus Elastisitas Hollow(Eh)	=200000 MPa
Momen Inersia Hollow 60.60.3,2 (I)	=283000 mm <sup>4</sup>
Momen Inersia Hollow 100.100 (I)	=1870000mm <sup>4</sup>
Berat Jenis Kayu Kelas IV (BjMult)	=400 kg/m <sup>3</sup>

3. Analisis Lendutan Multipleks

Direncanakan jarak suri-suri sebesar 300mm yang dapat dilihat pada **Gambar 6**.



**Gambar 6** Rencana Desain Multipleks Samping

Pembebanan pada multipleks Beban Beton Jarak Sabuk 0,4 m =

$$X = \tan\left(\frac{0,6}{1500}\right) = \tan\left(\frac{0,35}{x}\right)$$

$$X = \left(\frac{0,35 \times 1500}{0,6}\right) = 875$$

$$Q = \left(\frac{(1500 + 875) \times 0,3}{2}\right) = 356,25 \text{ kg/m} = 3,56 \text{ N/mm}$$

Beban beton per lebar 1 m

$$= \text{Beban beton} \times \text{lebar}$$

$$= 356,25 \times 1 = 356,25 \text{ kg/m}$$

$$= 3,56 \text{ N/mm}$$

Kontrol lendutan papan multipleks

$$f \text{ ijin} = L / 500 \quad \text{Inersia} = 1/12 bh^3 = 300 / 500 \quad = 1/12 \times 1220 \times 18^3 = 0,6 \text{ mm} \quad = 592920 \text{ mm}^4$$

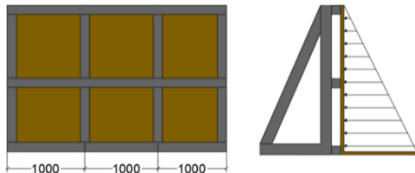
$$f \text{ maks} = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI} = \frac{5}{384} \frac{3,56 \times 300^4}{60000 \times 592920} = 0,01 \text{ mm}$$

$$f_{maks} < f_{ijin} \Rightarrow 0,01 < 0,6 \text{ mm (aman)}$$

Dari perhitungan di atas, maka dapat dipakai kayu multipleks dengan jarak suri-suri besi hollow sebesar 300mm dan dibebani sebesar 356,25Kg/m aman terhadap lendutan.

4. Analisis Lendutan Suri-suri

Direncanakan jarak besi hollow siku 1000mm yang dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7 Rencana Desain Hollow Suri-suri

Perhitungan pembebanan hollow suri – suri seperti pada contoh perhitungan diatas dan diperoleh beban yang diterima hollow dengan jarak siku balok setiap 1000 mm yaitu sebesar 3,56 N/mm.

$$f_{ijin} = L / 500 = 1000 / 500 = 2 \text{ mm}$$

$$\text{Inersia} = 283000 \text{ mm}^4 \text{ (Hollow 60.60.2,3)}$$

$$f_{maks} = 5/384 (qL^4)/EI = 5/384(3,56 \times 1000^4)/(200000 \times 283000) = 0,81 \text{ mm}$$

$$f_{maks} < f_{ijin} \Rightarrow 0,81 < 2 \text{ mm (Aman)}$$

Dari perhitungan di atas, maka dapat dipakai besi hollow sebagai suri dengan jarak antara hollow siku sebesar 1000 mm dan dibebani sebesar 570kg/m aman terhadap lendutan.

5. Analisis Kekuatan Perancah

Pembebanan pada perancah (Balok):

Beban Beton =  $B_{beton} \times h_{beton} \times b_{beton} = 2500 \times 0,6 \times 0,35 = 525 \text{ kg/m}$

Beban kerja =  $\text{Beban hidup} \times \text{jarak} = 200 \times 1 = 200 \text{ kg/m}$

Beban Mult(Samping) =  $B_{mult} \times H_{mult} \times \text{jarak} = 400 \times 0,018 \times 1 = 7,2 \text{ kg/m}$

Berat suri-suri (Samping) = 3,3kg/m

Berat Siku(Samping) = 4,1kg/m

Berat Mult(Alas) =  $B_{mult} \times H_{mult} \times \text{jarak} = 400 \times 0,018 \times 1 = 7,2 \text{ kg/m}$

Berat Suri-suri(Alas) = 3,3kg/m

Beban Sendiri = 9,5kg/m

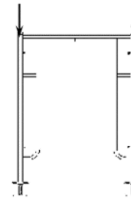
Total beban merata setiap 1 m (q) = 759,66kg/m = 7,6 N/mm

Besar beban titik (beban struktur) yang harus dipikul oleh tiap tiang scaffolding adalah sebesar:

$$P = \frac{759,66 \times 1,93}{2} = 733,072 \text{ Kg}$$

Besar total beban yang harus ditahan oleh tiap tiang scaffolding dapat dilihat pada Gambar 8.

$$P = 733,072 \text{ Kg} \quad P = 733,072 \text{ Kg}$$



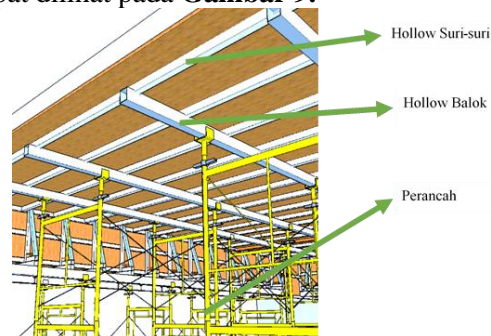
Gambar 8. Kekuatan Perancah

Akibat kondisi lapangan yang sulit diprediksi, maka nilai reduksi dari kekuatan scaffolding yang digunakan sebesar 0,6. Dengan demikian, maka besar kekuatan tiap tiang scaffolding untuk menahan beban adalah :

$$P = 0,6 \times 2500 \text{ kg} = 1500 \text{ kg} > 733,072 \text{ kg (aman)}$$

Desain Bekisting Pelat

1. Desain dan Bahan Acuan dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Rencana Desain Bekisting Pelat

2. Data Pembebanan

Y beton basah = 2500 kg/m<sup>3</sup>

Tebal = 0,15 m

Modulus Elastisitas kayu(Emult) = 60000 MPa

Modulus Elastisitas Hollow(Eh) = 200000 MPa

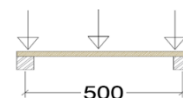
Momen Inersia Hollow 60.60.3,2(I) = 283000 mm<sup>4</sup>

Momen Inersia Hollow 75.75.3,2 (I) = 755000 mm<sup>4</sup>

Berat Jenis Kayu Kelas IV (BjMult) = 400 kg/m<sup>3</sup>

3. Analisis Lendutan Multipleks

Direncanakan jarak suri-suri sebesar 500 mm dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Rencana Desain Multipleks Plat

Pembebanan pada papan bekisting:

Beban Beton =  $B_{beton} \times h_{beton} \times b_{beton} = 2500 \times 0,15 \times 1 = 375 \text{ kg/m}$

Beban kerja = Beban hidup x jarak  
 = 200 x 1 = 200kg/m  
 Beban Mult =  $B_{j_{mult}} \times H_{mult} \times \text{jarak}$   
 = 400x0,018x1 = 7,2kg/m  
 Total beban merata setiap 1m (q) = 582,2kg/m  
 = 5,82N/mm  
 Kontrol lendutan papan multipleks  
 Direncanakan jarak suri-suri sebesar 500mm.

$$f_{ijin} = L / 240 \quad \text{Inersia} = 1/12 bh^3$$

$$= 500 / 240 = 1/12 \times 500 \times 18^3$$

$$= 2,083 \text{ mm} = 243000 \text{ mm}^4$$

$$f_{maks} = 5/384(qL^4)/EI$$

$$= 5/384 (5,82 \times 500^4) / (60000 \times 243000)$$

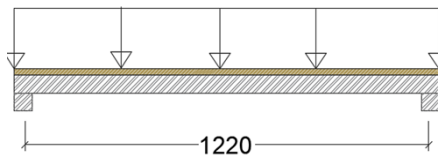
$$= 0,325 \text{ mm}$$

$$f_{maks} < f_{ijin} \Rightarrow 0,325 < 2,083 \text{ mm (aman)}$$

Dari perhitungan di atas, maka dapat dipakai kayu multipleks dengan jarak tumpuan besi hollow sebesar 500 mm dan dibebani sebesar 582,2 kg/m aman terhadap lendutan.

4. Analisis Lendutan Suri-suri

Direncanakan jarak besi penopang 1220 mm. Dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Rencana Desain Hollow Suri-suri Pelat

Beban Beton =  $B_{j_{beton}} \times h_{beton} \times b_{beton}$   
 = 2500x0,15x1 = 375kg/m  
 Beban kerja = Beban hidup x jarak  
 = 200 x 1 = 200kg/m  
 Beban Mult =  $B_{j_{mult}} \times H_{mult} \times \text{jarak}$   
 = 400x0,018x1 = 7,2kg/m  
 Beban Sendiri = 3,34kg/m  
 Total beban merata setiap 1m (q) = 585,54kg/m  
 = 5,85N/mm

Kontrol lendutan suri-suri  
 $f_{ijin} = L / 240 \quad \text{Inersia} = 283000 \text{ mm}^4$   
 = 1220 / 240 (Hollow 60.60.3,2)  
 = 5,083 mm  
 $f_{maks} = \frac{5}{384} \frac{qL^4}{EI}$   
 =  $\frac{5}{384} \frac{5,85 \times 1220^4}{200000 \times 283000}$   
 = 2,98 mm  
 $f_{maks} < f_{ijin} \Rightarrow 2,98 < 5,083 \text{ mm (Aman)}$

Dari perhitungan di atas, maka dapat dipakai besi hollow dengan jarak tumpuan sebesar 1220 mm dan dibebani sebesar 585,54 kg/m aman terhadap lendutan.

5. Analisis Kekuatan Perancah  
 Pembebanan pada perancah (Pelat) :

Beban Beton =  $B_{j_{beton}} \times h_{beton} \times b_{beton}$   
 = 2500 x 0,15 x 1 = 375 kg/m  
 Beban kerja = Beban hidup x jarak  
 = 200 x 1 = 200 kg/m  
 Beban Mult =  $B_{j_{mult}} \times H_{mult} \times \text{jarak}$   
 = 400x0,018x1 = 7,2 kg/m  
 Beban Hollow = 3,34 kg/m  
 Beban Sendiri = 13,2 kg/m  
 Total beban merata setiap m(q)= 598,74 kg/m  
 = 5,99 N/mm

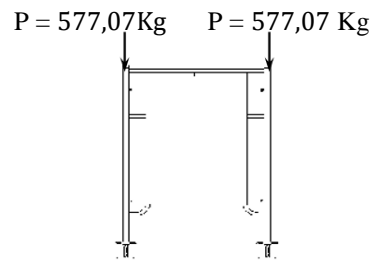
Besar beban titik (beban struktur) yang harus dipikul oleh tiap tiang scaffolding adalah sebesar:

$$P = \frac{598,74 \times 1,93}{2} = 577,07 \text{ Kg}$$

$$P = 0,6 \times 2500 \text{ kg} = 1500 \text{ kg} > 577,07 \text{ kg (aman)}$$

Dengan kondisi demikian, maka dapat disimpulkan bahwa konstruksi perancah (scaffolding) yang ada, kuat untuk dapat menahan besar beban struktur yang ada.

Besar total beban yang harus ditahan oleh tiap tiang scaffolding dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Kekuatan Perancah

Strategi Pelaksanaan

Strategi pelaksanaan berupa pembagian zona dapat dilihat pada Gambar 13 dan Gambar 14.

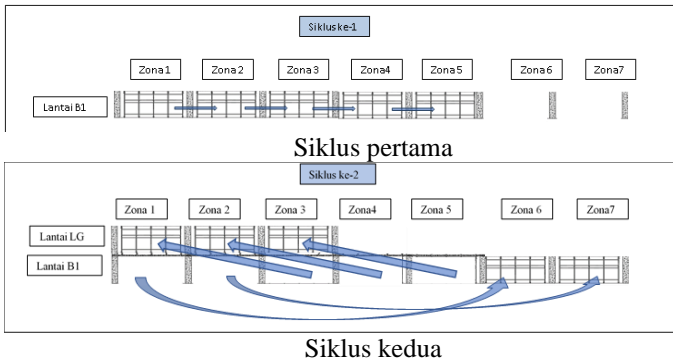


Gambar 13. Zonasi bekisting basement 1 dan lower ground



Gambar 14 Zonasi bekisting ground floor, upper ground dan lantai 3

Pekerjaan bekisting dilakukan berurutan dari zona 1 B1 sampai ke zona 5 lantai basement 1(B1) untuk 1 siklus bekisting. Siklus bekisting dapat dilihat pada Gambar 15.



Gambar 15 Siklus Bekisting

Metode Pelaksanaan

1. Kolom
  - a. marking titik kolom
  - b. pembesian
  - c. perakitan bekisting
  - d. pengecoran
  - e. pembongkaran bekisting
2. Balok dan plat
  - a. Perakitan bekisting
  - b. Pembesian
  - c. Pengecoran
  - d. Pembongkaran bekisting

Analisis Durasi Pekerjaan

1. Durasi Pekerjaan Pembesian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Durasi Pekerjaan Pembesian

Uraian	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
Kolom	3.043,0	3.221,5	3.508,2	3.655,7	5.149,2	3.840,4	2.282,4
Fabrikasi (hari)	3,1	3,2	3,5	3,7	5,2	3,9	2,3
Perakitan (hari)	6,0	6,4	7,0	7,3	10,2	7,6	4,5
Balok	5.453,7	5.159,5	5.013,1	5.041,4	6.002,9	4.573,7	3.135,1
Fabrikasi (hari)	5,5	5,2	5,0	5,1	6,0	4,6	3,1
Perakitan (hari)	4,4	4,2	4,1	4,1	4,9	3,7	2,6
Pelat	9.282,4	8.921,2	7.781,3	9.092,1	14.543,5	9.664,3	7.578,8
Fabrikasi (hari)	3,7	3,6	3,1	3,7	5,8	3,9	3,0
Perakitan (hari)	5,8	5,6	4,9	5,7	9,1	6,1	4,8

2. Durasi Pekerjaan Bekisting dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Durasi Pekerjaan Bekisting

Uraian	Zona						
	Zona 1	zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
Fabrikasi							
Volume Kolom	263	303	216	191	450	226	131
Durasi (hari)	4	5	4	3	7	4	2
Perakitan							
Volume Kolom	263	303	216	191	450	226	131
Durasi (hari)	4	4	3	3	6	3	2
Fabrikasi							
Volume Balok	759	649	462	575	848	447	349
Durasi (hari)	10	8	6	8	11	6	5
Fabrikasi							
	Zona 1	zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7

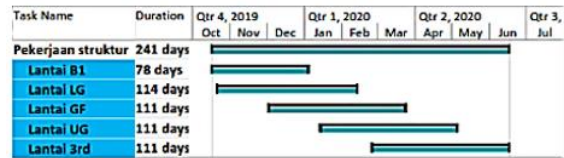
Volume Pelat	1034	893	581	1157	1339	720	560
Durasi (hari)	10	8	6	11	12	7	5
Perakitan	Zona 1	zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
Volume Balok	759	649	462	575	848	447	349
Durasi (hari)	9	7	5	6	10	5	4
Perakitan	Zona 1	zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
Volume Pelat	1034	893	581	1157	1339	720	560
Durasi (hari)	8	7	5	9	11	6	4

3. Durasi Pekerjaan Pengecoran dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Durasi Pekerjaan Pengecoran

Uraian	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
Kolom	37,8	47,1	33,9	36,3	76,2	32,4	18,1
Durasi (hari)	2,1	2,6	1,9	2,0	4,2	1,8	1,0
Balok	96,5	82,8	59,0	71,7	99,9	54,5	41,5
Durasi (hari)	3,6	3,1	2,2	2,7	3,7	2,0	1,5
Pelat	149,8	130,5	84,9	124,3	233,2	110,2	86,5
Durasi (hari)	3,1	2,7	1,8	2,6	4,9	2,3	1,8

4. Barchart Jadwal Pelaksanaan dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Barchart Jadwal Pelaksanaan

Rencana Anggaran Biaya

1. Harga Satuan Dasar dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Harga Satuan Dasar

NO	JENIS UPAH	Satuan Harga Satuan (Rp.)	Pembulatan (Rp.)
1	Pekerja	OH 94704,1	95000
2	Tukang	OH 109748,9	110000
3	M a n d o r	OH 119740,1	120000
4	Operator	OH 144271,8	145000
5	Pembantu Operator	OH 114706,1	115000
6	Sopir / Driver	OH 129906,2	130000
7	Pembantu Sopir / Driver	OH 99224,7	100000
8	Mekanik	OH 144271,8	145000
9	Pembantu Mekanik	OH 124767,4	125000
10	Kepala Tukang	OH 122803,5	123000
11	Pemasak Aspal	OH 119188,4	120000
12	Surveyor	OH 126666,7	127000
13	Multipleks 18 mm	Lbr 207337,3	208000
14	Besi Hollow 50 x 50	kg 7852,2	8000
15	Besi Hollow 60 x 60	kg 7622,9	8000
16	Besi Hollow 75 x 75	kg 7741,6	8000
17	Besi Hollow 100 x 100	kg 7798,8	8000
18	Tie Rod	btg 77000,0	77000
19	Pipa Support	btg 284315,0	285000
20	Jack Base	buah 90200,0	91000
21	U-Head	buah 90200,0	91000
22	Scaffolding 190cm	set 633000,0	633000

2. Contoh Perhitungan Koefisien Koefisien Multipleks:

Dimensi multipleks 1,2m x 2,4m = 2,88m<sup>2</sup>

$$\text{koefisien multipleks} = \frac{1 \text{ m}^2}{2,88 \text{ m}^2} = 0,347\text{ibr}$$

$$\text{Acuan dan perancah digunakan 5 kali pengulangan} = \frac{0,347}{5} = 0,0694\text{ibr}$$

3. Analisa Harga Satuan Pekerjaan dapat dilihat pada **Tabel 8**.

**Tabel 8.** Analisa Harga Satuan Pekerjaan

No.	Komponen	Satuan	Koefisien	Harga Satuan (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
<b>A. Tenaga</b>					
1.	Mandor	OH	0,012	120000	1488,12
2.	Tukang Kayu	OH	0,050	110000	5456,45
3.	Pekerja	OH	0,149	95000	14137,17
Jumlah Harga Tenaga					21081,75
<b>B. Bahan</b>					
1	Multipleks 18 Mm	lembar	0,069	208000	14444,44
2	Hollow 50x50x2,3	kg	3,590	8000	28717,71
3	Hollow 60x60x2,3	kg	1,684	8000	13472,00
4	Tie Rod	batang	1,200	77000	92400,00
5	Pipa Support	batang	0,080	285000	22800,00
6	Minyak Bekisting	liter	0,250	9000	2250,00
7	Cat	Liter	0,083	66000	5500,00
Jumlah Harga Bahan					179584,16
<b>C. Peralatan</b>					
Jumlah Harga Peralatan					0,00
<b>D. Jumlah Harga Tenaga, Bahan Dan Peralatan</b>					<b>200665,91</b>
<b>E. Overhead 15 % x D</b>					<b>30099,89</b>
<b>F. Harga Satuan Pekerjaan ( D + E )</b>					<b>230765,80</b>

4. Rencana Anggaran Biaya dapat dilihat pada **Tabel 9**.

**Tabel 9.** Rencana Anggaran Biaya

Uraian	Volume	Satuan	Harga Satuan (Rp.)	Harga Total (Rp.)
<b>Lantai B1</b>				
Kolom	1780,414	m <sup>2</sup>	207943,05	370224737,78
Balok	4088,925	m <sup>2</sup>	187617,85	767155297,78
Pelat	6283,25	m <sup>2</sup>	105443,79	662529676,80
<b>Lantai LG</b>				
Kolom	1780,414	m <sup>2</sup>	207943,05	370224737,78
Balok	4088,925	m <sup>2</sup>	187617,85	767155297,78
Pelat	6283,25	m <sup>2</sup>	105443,79	662529676,80
<b>Lantai GF</b>				
Kolom	1523,172	m <sup>2</sup>	207943,05	316732967,73
Balok	3501,582	m <sup>2</sup>	187617,85	656959273,01
Pelat	5347,14	m <sup>2</sup>	105443,79	563822730,03
<b>Lantai UG</b>				
Kolom	1523,172	m <sup>2</sup>	207943,05	316732967,73
Balok	3501,582	m <sup>2</sup>	187617,85	656959273,01
Pelat	5347,14	m <sup>2</sup>	105443,79	563822730,03
<b>Lantai 3rd</b>				
Kolom	1523,172	m <sup>2</sup>	207943,05	316732967,73
Balok	3501,582	m <sup>2</sup>	187617,85	656959273,01
Pelat	5347,14	m <sup>2</sup>	105443,79	563822730,03
Total				8212364337,02

**4. KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil dari pembahasan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Desain dan tahapan acuan dan perancah semi sistem untuk pekerjaan kolom, balok dan pelat menggunakan papan multipleks dan besi hollow sebagai bahannya, perancah yang digunakan adalah model frame. Tahapan pelaksanaan adalah sebagai berikut:
  - a. Pekerjaan kolom dimulai dengan fabrikasi besi dan acuan, pembesian, perakitan acuan, pengecoran, pembongkaran acuan dan perancah

- b. Pekerjaan balok dan pelat dimulai dengan fabrikasi acuan bersamaan dengan fabrikasi besi, dilanjutkan perakitan acuan dan perancah, kemudian perakitan besi balok dan pelat, pengecoran, pembongkaran acuan dan perancah
2. Durasi pekerjaan bekesting dengan penggunaan metode zonasi adalah 241 hari kalender
3. Biaya pekerjaan bekisting pada lantai basement sampai lantai 3 proyek apartemen Begawan malang direncanakan sebesar Rp8.212.364.337,02

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Gunawan, I. R. (1988). Tabel Profil Konstruksi Baja. Kanisius.
- [2] Mardal, M., (2008), “Optimalisasi Waktu Dan Biaya Pekerjaan Bekisting Untuk Gedung Bertingkat Dengan Sistem Zoning (Studi Kasus: Proyek Shangri-La Hotel Condominium Jakarta)”. Skripsi, Fakultas Teknik Sipil Universitas Indonseia, Depok.
- [3] Nashir, A., (2010). “Optimalisasi Waktu Dan Biaya Pekerjaan Bekisting Melalui Sistem Siklus Pemakaian Dan Sistem Zoning Pada Gedung Bertingkat (Studi Kasus : Proyek Universitas Gajah Mada Kampus Jakarta)”. Skripsi, Fakultas Teknik Sipil Universitas Indonseia, Depok.
- [4] Nawy, E. G., (1997), “Concrete Construction Engineering Handbook.” New York: Crc Press Bocaraton.
- [5] Parani, A. R. A., (2018). Analisis Perbandingan Efisiensi Penggunaan Metode Bekisting Konvensional Dengan Metode Bekisting Semi-Sistem Perkuatan Besi Hollow Pada Proyek Hotel Ibis Surabaya, (Doctoral Dissertation, University Of Muhammadiyah Malang).
- [6] Segel. R, Kole, P, Gideon H.Kusuma, (1993). Pedoman Pengerjaan Beton. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- [7] Sumargo, S., & Nata, A. R. (2006). Keruntuhan Perancah Scaffolding Saat Pelaksanaan Pengecoran. Media Komunikasi Teknik Sipil, 14(1), 1-12.
- [8] Wigbout, F. (1992). Bekisting (Kotak Cetak). Jakarta: Penerbit Erlangga.