

PERENCANAAN BEKISTING DAN PERANCAH PADA GEDUNG BERTINGKAT DENGAN SISTEM ZONASI (STUDI KASUS PROYEK APARTEMEN DARMOHILL SURABAYA)

Nanda Fajar Arditama¹, Sumardi², Nawir Rasidi³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

arditama.nanda@gmail.com, sumardi@polinema.ac.id, nawir.rasidi@polinema.ac.id

ABSTRAK

Dalam pelaksanaannya sebagian besar kontraktor menggunakan bekisting konvensional yang membutuhkan waktu lebih lama. Oleh karena itu, perlu dilakukan inovasi dengan metode bekisting sistem semi konvensional yang merupakan kombinasi material multipleks dan hollow. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kekuatan bekisting setengah sistem, implementasinya, dan biaya operasional proyek 1 hingga 9 lantai dengan luas total 5.708.255m². Data yang digunakan meliputi gambar toko dan harga satuan kerja Kota Surabaya 2018. Microsoft Excel 2016 untuk perhitungan dan Microsoft Project 2016 untuk penjadwalan. Hasil perhitungan menghasilkan bekisting semikonvensional dengan menggunakan bekisting kayu dan baja hollow balok dan pelat dengan waktu kerja 161 hari kerja Rp. 2.790.745.668,86.

Kata kunci: inovasi, semi konvensional

ABSTRACT

In the implementation method most contractors use conventional formwork which takes longer time. Therefore, it is necessary to use an innovation with semi-conventional system formwork method which is a combination of multiplex and hollow material. The purpose of this study is to analyze the strength of the half-system formwork, its implementation, and the operational costs of the project of 1 to 9 floors with a total area of 5,708.255m². The data used include shop drawings and work unit prices of Surabaya City 2018. Microsoft Excel 2016 was for the calculations and Microsoft Project 2016 was for the scheduling. The calculations resulted semi-conventional formwork using wood and hollow steel of beam and slab formworks on 161 work days Rp. 2.790.745.668,86.

Keywords: innovation, semi-conventional

1. PENDAHULUAN

Secara umum pelaksanaan bangunan dimulai dengan tahapan struktur yang merupakan tahapan terpenting karena menjadi penentu supaya bangunan dapat bertahan sesuai dengan yang direncanakan dalam menerima beban baik dari beban sendiri dan atau dari beban luar. Dalam pelaksanaan pekerjaan suatu proyek dibutuhkan suatu metode supaya pekerjaan berjalan sesuai dengan target waktu, biaya, dan mutu. Perencanaan bekisting merupakan bagian penting dalam pekerjaan struktur beton bertulang (Trijeti, 2011).

Tuntutan penyelesaian proyek yang cepat secara otomatis dilakukan percepatan khususnya pada pekerjaan struktur karena pekerjaan tersebut termasuk jalur kritis. Seperti halnya pada proyek pembangunan Apartemen

Darmo Hill Surabaya yang dikerjakan dalam durasi 30 bulan. Pekerjaan struktur tersebut meliputi pekerjaan kolom, balok, dan plat. Sehingga dapat dikatakan *formwork* sebagai aspek vital dalam pekerjaan tersebut.

Salah satu syarat utama suksesnya penyelesaian pekerjaan *formwork* adalah perencanaan yang akurat. Maka dari itu pekerjaan formwork perlu direncanakan secara matang dan akurat sehingga waktu penyelesaian pekerjaan dapat diperkirakan, serta dapat mengurangi pemakaian sumber daya manusia, material, dan peralatan, serta pemborosan biaya.

Dalam pelaksanaannya kebanyakan dari kontraktor menggunakan *formwork* atau acuan dan perancah yang bersifat konvensional atau material dirakit pada lokasi

secara manual dan material yang digunakan cenderung berasal dari alam atau berbahan kayu. Sehingga dalam dunia konstruksi sekarang ini perlu dilakukan pembaharuan metode dimana metode *formwork* konvensional digantikan dengan metode *formwork* semi konvensional. Dalam penelitian ini penggunaan kayu yang dominan pada metode konvensional akan digantikan dengan metode semi konvensional dimana metode tersebut merupakan kombinasi dari material kayu dan *hollow*. Karena perbedaan metode tersebut maka perlu dilakukan kajian mengenai metode *formwork* semi konvensional ini dengan sistem zonasi terutama dampaknya terhadap biaya dan waktu.

Dengan memperhatikan latar belakang dan permasalahan tersebut diatas maka tujuan pembahasan ini meliputi :

1. Untuk mengetahui kekuatan *formwork* semi konvensional yang digunakan.
2. Untuk mengetahui metode pelaksanaan (pembagian zona) *formwork* semi konvensional yang digunakan (lantai 1 – 9).
3. Untuk mengetahui biaya *formwork* semi konvensional (lantai 1 – 9).
4. Untuk mengetahui durasi pekerjaan *formwork* semi konvensional yang dilakukan (lantai 1 – 9).

Beksiting

Beksiting/*formwork* sebagai struktur yang bersifat sementara dalam pelaksanaan pembangunan hampir selalu ada dan dibutuhkan, terutama dalam proses pembentukan komponen bangunan yang terbuat dari beton. Berbagai macam material dapat digunakan namun pemilihan jenisnya lebih ditentukan oleh pertimbangan teknis dan ekonomis.

Berdasarkan cara pengadaannya, *formwork* dapat dibentuk secara konvensional di lokasi proyek yang dikerjakan oleh tukang kayu di mana bentuk dan dimensinya disesuaikan dengan dimensi komponen sesuai dengan gambar rencana. Selain cara-cara pengadaan secara konvensional, sangat dimungkinkan bahwa *formwork* diproduksi secara pabrikasi dengan berbagai keuntungan dan kerugiannya. Perubahan yang mendasar dengan adanya *formwork* pabrikasi ini terjadi pada tatakelola pelaksanaan pekerjaan di lapangan (I. Ervianto, 2006).

Syarat Ketentuan Desain Bekisting

Perancangan suatu bekisting dimulai membuat konsep sistem yang akan digunakan untuk membuat cetakan dan ukuran dari beton segar sehingga dapat menanggung berat sendiri dan beban-beban sementara yang terjadi. Syarat-syarat yang harus di penuhi yaitu:

1. Kekuatan

Bekisting harus dapat menahan tekanan beton dan berat dari pekerja dan peralatan kerja pada penempatan dan pemadatan.

2. Kekakuan
Lendutan yang terjadi tidak boleh melebihi 0,3% dari dimensi permukaan beton. Perawatan perlu dilakukan untuk memastikan bahwa lendutan kumulatif dari bekisting lebih kecil dari toleransi struktur beton.
3. Ekonomis
Bekisting harus sederhana dan ukuran komponen serta pemilihan material harus ditinjau dari segi pembiayaan.
4. Mudah diperkuat dan dibongkar tanpa merusak beton atau bekisting
Metode dan cara bongkar serta pemindahan bekisting harus dicermati dan dipelajari sebagai bagian dari perencanaan bekisting, terutam metode pemasangan dan leveling elevasi.

Material Bekisting

Beberapa jenis material yang direkomendasikan ACI 347R-94, yang dikutip oleh Ratay, (1996), diantaranya seperti ditunjukkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Material dan Prinsip Penggunaan

No.	Material	Prinsip Penggunaan
1	Kayu lapis/plywood	Papan cetakan, perancah, balok/girder pendukung
2	Kayu	Papan cetakan, panel cetakan
3	Baja	Panel cetakan dan bracing
4	Alumunium	Panel cetakan, bracing horizontal
5	Frame baja	Perancah bekisting

Sumber: ACI 347R-94

Dibawah ini merupakan urain jenis material untuk pekerjaan Bekisting:

1. Kayu
Penggunaan kayu sebagai material bekisting diatur ketentuan dan persyaratan dalam Peraturan Konstruksi Kayu Indonesia (PKKI). Spesifikasi kayu menurut setiap kuat kelas ditunjukkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Nilai Tegangan Ijin Kayu

No	Jenis Tegangan (kg/cm ²)	Kelas Kuat Kayu		
		I	II	III
1	Lentur sejajar serat	150	100	75
2	Tekan = tarik sejajar serat	130	85	60
3	Tekan tegak lurus serat	40	25	15

4	Geser sejajar serat	20	12	8
5	Modulus Elastisitas (E)	125000	100000	80000

Sumber: PKKI 1961

2. Multiplek.
Papan multiplek berdasarkan ketebalannya ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Jenis Multiplek

No.	Ketebalan	Penggunaan
1	4 – 6 mm	Untuk membuat cetakan bentuk lengkung dan licin.
2	9 -12 mm	Untuk acuan yang harus diberi perkuatan dengan jarak tertentu.
3	18 – 24 mm	Untuk cetakan yang langsung bisa diletakkan diatas gelagar penopang.

Sumber: Maulina I, 2008

3. Besi *Hollow*
Besi *hollow* adalah besi yang berbentuk pipa kotak. Besi hollow biasanya terbuat dari besi galvanis, stainless atau besi baja. Mutu baja profil yang digunakan terdapat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Mutu Baja Profil

No	Jenis Baja	Tegangan Leleh Baja (kg/cm ²)	Tegangan Izin Baja (kg/cm ²)
1	BJ 33	2000	1333
2	BJ 34	2100	1400
3	BJ 37	2400	1600
4	BJ 41	2500	1666
5	BJ 44	2800	1867

Sumber: SNI 1729:2015

2. METODE

Beban Yang Bekerja

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

- Berat jenis beton basah $q = 2500 \text{ Kg/m}^3 = 25 \text{ KN/m}^3$
- Beban hidup, $q = 200 \text{ Kg/m}^2 = 2000 \text{ N/m}^2$
Beban hidup meliputi berat pekerja, alat dan bahan bekisting, vibrator, ember, pipa cor dan gerobak dorong.
- Beban kejut, $q = 100 \text{ Kg/m}^2 = 1000 \text{ N/m}^2$

Beban kejut yaitu beban yang terjadi akibat pengerjaan beton yaitu hentakkan pada waktu penuangan dan getaran oleh vibrator pada waktu pemadatan.

Perhitungan Tegangan

Untuk menghitung tegangan suatu bahan bekisting digunakan **Persamaan 1**.

$$\sigma_{lt} = \frac{M}{W} \quad (1)$$

dimana:

- σ_{lt} = Tegangan lentur yang diijinkan
- M = Momen lentur yang terjadi akibat beban kerja
- W = Momen perlawanan dari penampang yang akan dihitung

Untuk menghitung momen lentur yang terjadi akibat beban kerja, digunakan **Persamaan 2** dan **Persamaan 3**.

- Untuk 2 perletakan

$$M_x = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2 \quad (2)$$

- Untuk 3 perletakan atau lebih

$$M_x = \frac{1}{10} \cdot q \cdot l^2 \quad (3)$$

dimana:

- q = Beban terbagi merata per m²
- l = Jarak sumbu ke sumbu tumpuan

Untuk menghitung momen perlawanan penampang empat persegi panjang, digunakan **Persamaan 4**.

$$W_x = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 \quad (4)$$

dimana:

- b = Lebar penampang
- h = Tinggi penampang

Perhitungan Lentutan

Untuk mengetahui kekakuan suatu bahan, maka harus diketahui besarnya lentutan yang terjadi, digunakan **Persamaan 5** dan **Persamaan 6**.

- Untuk perletakan di atas 2 tumpuan

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

- Untuk perletakan di atas 3 tumpuan atau lebih

$$\delta = \frac{q \cdot l^2}{128 \cdot E \cdot I} \quad (6)$$

dimana:

- q = Beban terbagi merata per m²
- l = Panjang penampang
- E = Modulus elastisitas perletakan
- I = Momen Inersia penampang

Pada lentutan yang terjadi, tidak boleh lebih dari lentutan yang diijinkan. Dengan mengabaikan pergeseran pada

tempat-tempat sambungan, lendutan pada suatu konstruksi akibat berat sendiri dan muatan tetap dibatasi sebagai berikut:

1. $\delta_{maks} \leq \frac{1}{300} L$, untuk balok yang dipergunakan pada konstruksi yang terlindung.
2. $\delta_{maks} \leq \frac{1}{400} L$, untuk balok pada konstruksi yang tidak terlindung.
3. $\delta_{maks} \leq \frac{1}{200} L$, untuk balok pada konstruksi kuda-kuda.
4. $\delta_{maks} \leq \frac{1}{500} L$, untuk konstruksi rangka batang yang terlindung.
5. $\delta_{maks} \leq \frac{1}{500} L$, untuk konstruksi rangka batang yang tidak terlindung.

Zona Pelaksanaan Pekerjaan Bekisting

Penentuan zona-zona pekerjaan pada bangunan gedung bertingkat dipengaruhi oleh banyak faktor-faktor sebagai berikut (Mardal, 2008):

1. Ketersediaan lahan
2. Bentuk struktur
3. Metode pekerjaan
4. Schedule pelaksanaan
5. Ketersediaan sumber daya

Durasi Pekerjaan

Dalam konteks penjadwalan, terdapat dua perbedaan, yaitu waktu (*Time*) dan kurun waktu (*duration*). Bila waktu menyatakan siang/malam, sedangkan kurun waktu atau durasi menunjukkan lama waktu yang dibutuhkan dalam melakukan suatu kegiatan, seperti lamanya waktu kerja dalam satu hari adalah 8 Jam.

Sebagai contoh, kemampuan kelompok menyelesaikan pekerjaan dinding bata rata-rata adalah 10 m²/ hari, maka produktivitas kelompok tersebut adalah 10 m²/ hari, sedangkan volume pekerjaan dinding bata 240 m².

$$\begin{aligned} \text{Durasi Pekerjaan} &= \text{volume} \\ \text{dinding bata} & \quad \text{pekerjaan/produktivitas} \\ & \quad \text{kelompok kerja} \\ &= 240 \text{ m}^2 / 10 \text{ m}^2/\text{hari} \\ &= 24 \text{ hari} \end{aligned}$$

Rencana Anggaran Biaya

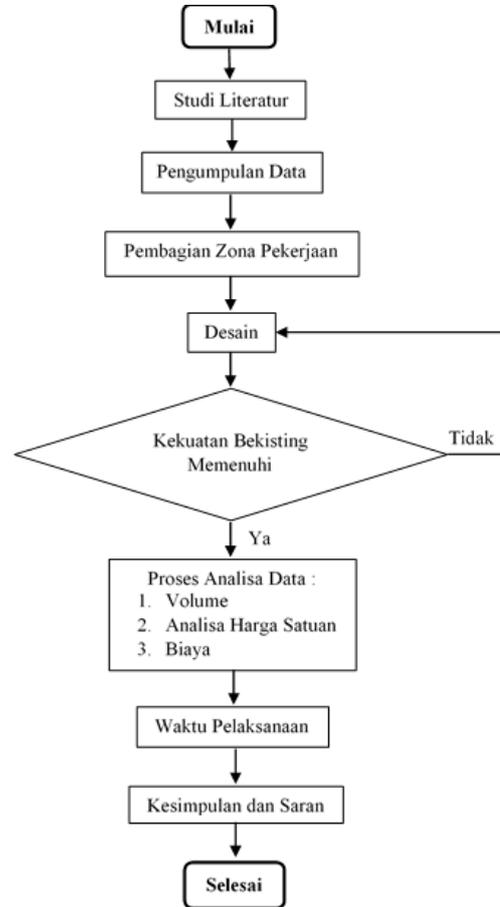
Tahap – tahap yang dilakukan untuk menyusun anggaran biaya adalah sebagai berikut:

1. Pengumpulan data tentang jenis, harga serta kemampuan pasar menyediakan bahan / material secara kontinu.
2. Melakukan pengumpulan data tentang upah pekerja yang berlaku di daerah lokasi proyek dan upah umumnya jika pekerja didatangkan dari luar daerah proyek.
3. Melakukan perhitungan analisa bahan dan upah dengan menggunakan analisa yang diyakini baik oleh pembuat

anggaran. Dalam hal ini digunakan perhitungan berdasarkan analisa SNI.

Rencana Anggaran Biaya

Diagram alir metode perencanaan yang digunakan dalam perencanaan terdapat pada **Gambar 1**.

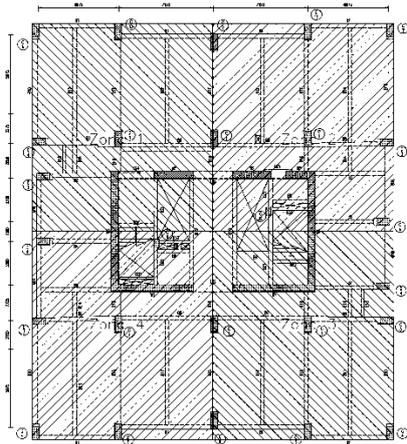


Gambar 1. Diagram Alir Perencanaan Bekisting dan Perancah

Sumber: Hasil Perhitungan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN
Metode Pembagian Zona Perancah

Pertimbangan pembagian zona pekerjaan didasarkan pada ketersediaan material dan kapasitas *ready mix* per hari. Dengan asumsi ketersediaan material sebanyak 8 zona (2 lantai) dan kapasitas *ready mix* sebesar 36 - 42 m³ per hari atau 6 - 7 kali pengangkutan menggunakan *truck mixer* (kapasitas 6 m³). Metode pemasangan bekisting ini dilakukan dengan cara membagi dalam empat zona seperti pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Denah Pembagian Zona Pekerjaan
Sumber: Hasil Analisa

Untuk menyelesaikan pekerjaan struktur pada tiap lantai dengan luasan 635,251 m² diperlukan pembagian zona sebanyak 4 zona pekerjaan pada tiap lantainya. Pekerjaan struktur meliputi pekerjaan kolom, balok dan plat. Setiap pekerjaan memiliki urutan dan waktu penyelesaian yang berbeda-beda, sehingga perlu direncanakan siklus pada tiap pekerjaan untuk meminimalisir waktu tunggu pekerjaan yang terlalu lama sehingga tidak terjadi pemborosan biaya akibat waktu tunggu pekerjaan terlalu lama yang terdapat pada **Gambar 3**.

Lantai 9	A9	B9	A10	B10
Lantai 8	C7	D7	C8	D8
Lantai 7	A7	B7	A8	B8
Lantai 6	C5	D5	C6	D6
Lantai 5	A5	B5	A6	B6
Lantai 4	C3	D3	C4	D4
Lantai 3	A3	B3	A4	B4
Lantai 2	C1	D1	C2	D2
Lantai 1	A1	B1	A2	B2
Zona	1	2	3	4

Gambar 3. Rencana Siklus Sumber Daya Pekerja
Sumber: Hasil Analisa

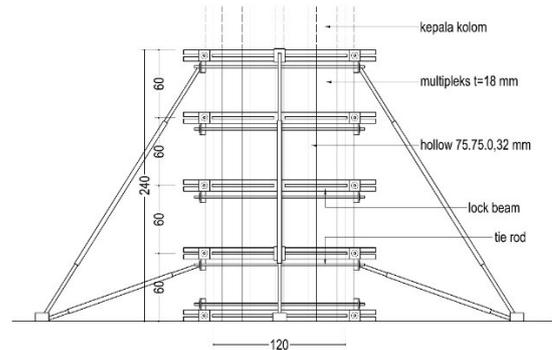
Deskripsi siklus:

1. Direncanakan ketersediaan pekerja sebanyak 4 zona.
2. Pengecoran zona B1 dikerjakan setelah H+1 pengecoran zona A1.
3. Pekerjaan C1 dan B1 dikerjakan bersamaan tunggu umur zona A1 dan B1.
4. Zona A2, B2, C1 dan D1 dikerjakan pada hari yang sama.
5. Zona A3 dan B3 dikerjakan setelah pekerjaan pembongkaran zona A1 dan A2 selesai.

6. Zona A3 dan B3 dikerjakan setelah pekerjaan pembongkaran zona A1 dan A2 selesai.
7. Urutan pekerjaan pada lantai selanjutnya sama dengan point b s/d e.

Kekuatan Bekisting Kolom

Perhitungan kekuatan struktur dilakukan pada satu sisi bekisting dengan panjang terbesar (1,2 meter). Desain Bekisting kolom dengan jenis material yang telah ditentukan sebagaimana pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Bekisting Kolom C1

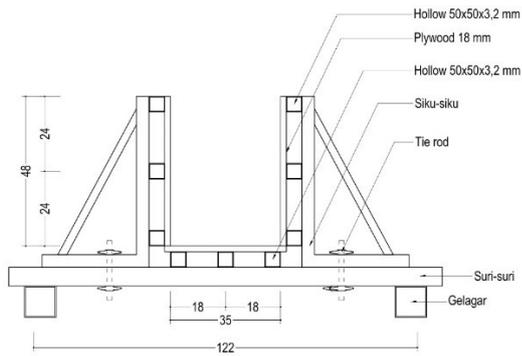
Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut merupakan hasil perhitungan kekuatan struktur bekisting kolom C1 dengan dimensi 120/50:

1. Hollow 75.75.3,2 mm
 - Tegangan (σ) ijin = 1600 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 199,39 kg/cm²
 - = ≤ 1600 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,15 cm
 - Lendutan (δ) = 0,09 cm
 - = $< 0,15$ cm (**ok**)
2. Multipleks 18 mm
 - Tegangan (σ) ijin = 50 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 22,59 kg/cm²
 - = ≤ 50 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,075 cm
 - Lendutan (δ) = 0,039 cm
 - = $< 0,075$ cm (**ok**)

Kekuatan Bekisting Balok

Pekerjaan balok dilaksanakan setelah pekerjaan kolom selesai. Perhitungan kekuatan struktur dilakukan pada balok dengan dimensi terbesar yaitu balok B1. Desain Bekisting balok dengan jenis material yang telah ditentukan sebagaimana pada **Gambar 5**.



Gambar 5. Bekisting Balok B1

Sumber: Hasil Perhitungan

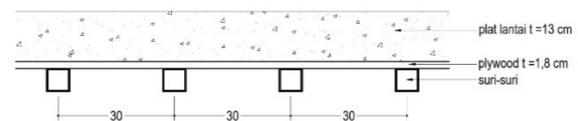
Berikut merupakan hasil perhitungan kekuatan struktur bekisting balok B1 dengan dimensi 35/60:

1. Multipleks 18 mm (cetakan samping)
 - Tegangan (σ) ijin = 50 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 6,76 kg/cm²
 - = ≤ 50 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,060 cm
 - Lendutan (δ) = 0,005 cm
 - = < 0,060 cm (**ok**)
2. Hollow 50.50.3,2 mm (cetakan samping)
 - Tegangan (σ) ijin = 1400 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 867,424 kg/cm²
 - = ≤ 1400 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,241 cm
 - Lendutan (δ) = 0,134 cm
 - = < 0,241 cm (**ok**)
3. Multipleks 18 mm (cetakan bawah)
 - Tegangan (σ) ijin = 50 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 21,19 kg/cm²
 - = ≤ 50 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,044 cm
 - Lendutan (δ) = 0,013 cm
 - = < 0,044 cm (**ok**)
4. Hollow 50.50.3,2 mm (cetakan samping)
 - Tegangan (σ) ijin = 1400 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 874,06 kg/cm²
 - = ≤ 1400 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,241 cm
 - Lendutan (δ) = 0,135 cm
 - = < 0,241 cm (**ok**)
5. Hollow 60.60.3,2 mm (suri-suri)
 - Tegangan (σ) ijin = 1400 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 453,107 kg/cm²
 - = ≤ 1400 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,294 cm
 - Lendutan (δ) = 0,020 cm

- = < 0,294 cm (**ok**)
- 6. Hollow 100.100.3,2 mm (gelagar)
 - Tegangan (σ) ijin = 1400 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 112,763 kg/cm²
 - = ≤ 1400 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,483 cm
 - Lendutan (δ) = 0,175 cm
 - = < 0,483 cm (**ok**)

Kekuatan Bekisting Plat Lantai

Pekerjaan bekisting plat lantai dikerjakan bersamaan dengan bekisting balok. Desain Bekisting plat lantai dengan jenis material yang telah ditentukan sebagaimana pada **Gambar 6.**



Gambar 6. Bekisting Plat Lantai

Sumber: Hasil Perhitungan

Berikut merupakan hasil perhitungan kekuatan struktur bekisting plat lantai dengan ketebalan 13 cm:

1. Multipleks 18 mm
 - Tegangan (σ) ijin = 50 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 27,89 kg/cm²
 - = ≤ 50 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,075 cm
 - Lendutan (δ) = 0,048 cm
 - = < 0,075 cm (**ok**)
7. Hollow 60.60.3,2 mm (suri-suri)
 - Tegangan (σ) ijin = 1400 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 684,68 kg/cm²
 - = ≤ 1400 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,294 cm
 - Lendutan (δ) = 0,130 cm
 - = < 0,294 cm (**ok**)
8. Hollow 100.100.3,2 mm (gelagar)
 - Tegangan (σ) ijin = 1400 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 442,426 kg/cm²
 - = ≤ 1400 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,483 cm
 - Lendutan (δ) = 0,030 cm
 - = < 0,483 cm (**ok**)

Analisa BOQ

Analisa BOQ dihitung per jenis konstruksi yang terdapat pada masing-masing zona dan masing-masing lantai yang ditinjau, rekap perhitungan volume kolom, bekisting balok dan plat terdapat pada **Tabel 5** seperti berikut:

Tabel 5. Mutu Baja Profil

No	Zona Kerja	Volume Bekisting (m ²)		
		Kolom	Balok	Plat
1	Zona 1	38,42	105,32	158,04
2	Zona 2	30,26	120,69	146,23
3	Zona 3	38,42	125,52	155,91
4	Zona 4	30,26	113,89	174,07

Sumber: Hasil Perhitungan

Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Analisa harga satuan pekerjaan ini dipengaruhi oleh angka koefisien yang menunjukkan nilai satuan bahan/material, nilai satuan alat, dan nilai satuan upah tenaga kerja ataupun satuan pekerjaan yang dapat digunakan sebagai acuan/panduan untuk merencanakan atau mengendalikan biaya suatu pekerjaan. Salah satu contoh hasil perhitungan koefisien bekisting dan perancah balok pada zona 1 berupa AHSP terdapat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Analisa Fabrikasi dan Pemasangan Bekisting

Bahan:	Koef.	Harga (Rp.)	Jumlah Harga (Rp.)
Multipleks 18 mm	0,112 lbr	225.000,00	25.194,84
Paku	0,387 kg	19.800,00	7.652,70
Hollow 50.50.3,2 mm	0,062 m	214.828,00	2.220,44
Hollow 50.50.3,2 mm	0,031 m	214.828,00	1.110,22
Minyak bekisting	0,288 ltr	29.600,00	8.510,00
Upah pekerja:	Koef.	Harga	Jumlah Harga (Rp.)
Pembantu tukang	0,094 o.h	145.000,00	13.539,75
Tukang kayu	0,094 o.h	156.000,00	14.625,00
Mandor	0,016 o.h	171.000,00	2.672
Total biaya:			Rp. 75.566

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Perhitungan RAB (Rencana Anggaran Biaya) dilaksanakan setelah semua BOQ pekerjaan yang telah dihitung dan AHSP yang telah diketahui atau dihitung. Rumus yang digunakan dalam menghitung RAB adalah sebagai berikut:

$$\text{Perhitungan Biaya} = \text{Volume Pekerjaan} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}$$

Hasil perhitungan RAB pekerjaan bekisting dan perancah pada balok dan plat lantai 1-9 (tipikal) yang terbagi dalam 4 zona terdapat pada **Tabel 7** sebagai berikut:

Tabel 7. Total Biaya Bekisting Lantai 1-9

Pekerjaan	Biaya Tiap Lantai (Rp.)
Lantai 1	251.690.626,70
Lantai 2	259.241.345,50
Lantai 3	266.792.064,30

Lantai 4	274.342.783,10
Lantai 5	281.893.501,90
Lantai 6	289.444.220,70
Lantai 7	296.994.939,50
Lantai 8	304.545.658,30
Lantai 9	312.096.377,10
Total biaya pekerjaan (a)	Rp. 2.537.041.517,14
PPN 10% (b)	Rp. 253.704.151,71
Total Harga (a+b)	Rp. 2.790.745.668,86

Sumber: Hasil Perhitungan

Perhitungan Durasi Pekerjaan

Durasi pekerjaan bekisting dan perancah kolom, balok dan plat didasarkan pada analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) yang telah dihitung. Sedangkan durasi pada pekerjaan pembesian dan pengecoran didasarkan pada AHSP Kota Surabaya tahun 2018.

Perhitungan durasi didapatkan dari koefisien pekerja yang ada pada AHSP. Dengan cara mengalikan koefisien pekerja dan volume didapatkan jumlah pekerja perhari, selanjutnya hasil dari perkalian dibagi sesuai kebutuhan hari. Dari koefisien pekerja dapat ditentukan durasi dan pekerja perhari sesuai kebutuhan.

Rekap perhitungan jumlah pekerja dan durasi pekerjaan ditunjukkan pada **Tabel 8**.

Tabel 8. Durasi Tiap Pekerjaan Zona 1-4

No.	Pekerjaan	Durasi (hari)
Bekisting Kolom		
1	Bekisting badan kolom	1
2	Pembongkaran	1
Bekisting Balok dan Plat		
3	Pemasangan perancah balok	2
4	Pemasangan bekisting balok	2
5	Pemasangan perancah plat	2
6	Pemasangan bekisting plat	3
7	Pembongkaran bekisting plat	3
8	Pembongkaran bekisting balok	3
9	Pembongkaran perancah plat	1
10	Pembongkaran perancah balok	1

Sumber: Hasil Perhitungan

Rekap jumlah pekerja yang termasuk mandor, tukang dan pekerja zona 1 ditunjukkan pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Kebutuhan Pekerja Zona 1

No.	Pekerjaan	Jumlah pekerja
Bekisting Kolom		
1	Bekisting badan kolom	6
2	Pembongkaran	3
Bekisting Balok dan Plat		
3	Pemasangan perancah balok	7
4	Pemasangan bekisting balok	11

5	Pemasangan perancah plat	10
6	Pemasangan bekisting plat	11
7	Pembongkaran beksiting plat	6
8	Pembongkaran beksiting balok	4
9	Pembongkaran perancah plat	7
10	Pembongkaran perancah balok	5

Sumber: Hasil Perhitungan

Rekap jumlah pekerja yang termasuk mandor, tukang dan pekerja zona 2 ditunjukkan pada **Tabel 10**.

Tabel 10. Kebutuhan Pekerja Zona 2

No.	Pekerjaan	Jumlah pekerja
Bekisting Kolom		
1	Bekisting badan kolom	4
2	Pembongkaran	3
Bekisting Balok dan Plat		
3	Pemasangan perancah balok	8
4	Pemasangan bekisting balok	12
5	Pemasangan perancah plat	10
6	Pemasangan bekisting plat	10
7	Pembongkaran beksiting plat	6
8	Pembongkaran beksiting balok	5
9	Pembongkaran perancah plat	6
10	Pembongkaran perancah balok	5

Sumber: Hasil Perhitungan

Rekap jumlah pekerja yang termasuk mandor, tukang dan pekerja zona 3 ditunjukkan pada **Tabel 11**.

Tabel 11. Kebutuhan Pekerja Zona 3

No.	Pekerjaan	Jumlah pekerja
Bekisting Kolom		
1	Bekisting badan kolom	6
2	Pembongkaran	3
Bekisting Balok dan Plat		
3	Pemasangan perancah balok	8
4	Pemasangan bekisting balok	13
5	Pemasangan perancah plat	10
6	Pemasangan bekisting plat	11
7	Pembongkaran beksiting plat	6
8	Pembongkaran beksiting balok	5
9	Pembongkaran perancah plat	7
10	Pembongkaran perancah balok	5

Sumber: Hasil Perhitungan

Rekap jumlah pekerja yang termasuk mandor, tukang dan pekerja zona 4 ditunjukkan pada **Tabel 12**.

Tabel 12. Kebutuhan Pekerja Zona 4

No.	Pekerjaan	Jumlah pekerja
Bekisting Kolom		
1	Bekisting badan kolom	4
2	Pembongkaran	3

Bekisting Balok dan Plat		
3	Pemasangan perancah balok	7
4	Pemasangan bekisting balok	12
5	Pemasangan perancah plat	11
6	Pemasangan bekisting plat	12
7	Pembongkaran beksiting plat	7
8	Pembongkaran beksiting balok	5
9	Pembongkaran perancah plat	8
10	Pembongkaran perancah balok	5

Sumber: Hasil Perhitungan

Setelah durasi pekerjaan ditentukan maka dibuat urutan pekerjaan dari semua pekerjaan struktur tiap lantai. Pekerjaan struktur terdiri dari pekerjaan kolom, balok dan plat. Tiap pekerjaan mempunyai item-item pekerjaan di dalamnya dan juga input durasi yang berbeda-beda. Total pekerjaan bekisting dan perancah adalah **161 hari** menggunakan metode penjadwalan PDM.

4. KESIMPULAN

Dari pembahasan yang telah dilakukan pada skripsi ini dengan judul *Perencanaan Bekisting dan Perancah Pada Gedung Bertingkat Dengan Sistem Zonasi Pada Proyek Apartemen Darmohill Surabaya* didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Kekuatan bekisting dan perancah balok dan pelat yang telah dihitung menunjukkan desain yang digunakan aman terhadap lendutan yang diijinkan.
2. Tahapan pelaksanaan Pekerjaan balok dan pelat dimulai dengan fabrikasi bekisting bersamaan dengan fabrikasi besi, dilanjutkan perakitan bekisting dan perancah, kemudian perakitan besi balok dan pelat, pengecoran, tunggu umur beton siap pembongkaran dan pembongkaran bekisting dan perancah.
3. Durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan struktur lantai 1-9 dengan total luasan 5708.755 m² adalah 161 hari atau 26 minggu meliputi pekerjaan kolom, balok dan plat.
4. Total biaya pekerjaan bekisting dan perancah kolom, balok dan plat pada lantai 1- 9 adalah sebesar Rp. 2.790.745.668,86.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] Ervianto, I. W., (2006), "*Eksplorasi Teknologi Dalam Proyek Konstruksi*." ANDI Offset, Yogyakarta
- [2] Harga Satuan Pokok Kegiatan (2018) Kota Surabaya.
- [3] 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 Indonseia, Depok.

- [4] Nashir, A., (2010), “*Optimalisasi Waktu dan Biaya Pekerjaan Bekisting Melalui Sistem Siklus Pemakaian dan Sistem Zoning Pada Gedung Bertingkat (Studi Kasus : Proyek Universitas Gadjah Mada Kampus Jakarta)*”. Skripsi, Fakultas Teknik Sipil Indonseia, Depok.
- [5] Nawy, E. G., (1997), “*Concrete Construction Engineering Handbook*.” CRC Press Bocaraton, New York.
- [6] NI-5 PKKI (1961), “*Peraturan Konstriksi Kayu Indonesia*”
- [7] Sastraatmadja, S. A., (1984), “*Analisa Anggaran Biaya Pelaksanaan*”
- [8] SNI 0068:2007, “*Pipa Baja Karbon Untuk Konstruksi Umum*”
- [9] Suharto, I., (1997), “*Manajemen Proyek dari Konseptual sampai Operasional*”. Erlangga, Jakarta.
- [10] Suropto, (2000),” *Petunjuk Praktek Kerja Acuan dan Perancah I*”. Politeknik Negeri Jakarta, Depok.
- [11] Trijeti, T., (2000),” *Studi Perbandingan Bekisting Konvensional Dengan PCH (Perth Construction Hire)*”. Jurnal Konstruksia.
- [12] Wigbout, F., (1987), “*Bekisting (Kotak Cetak)*”. Erlangga, Jakarta.