

PERENCANAAN BEKISTING DAN PERANCAH PADA PROYEK MALL LAGOON AVENUE SUNGKONO SURABAYA

M. Rifqi Hardiyanto¹, Sudarmanto², Suselo Utoyo³

¹Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang ^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang

¹rifqi.hardiyanto14@gmail.com, ²sudarmanto@polinema.ac.id, ³suseloutoyo@polinema.ac.id

ABSTRAK

Pekerjaan bekisting penggunaan kayu tergolong tinggi, hal ini karena kayu bersifat sekali pakai. Hal ini sangat berpengaruh pada biaya dan waktu. Saat ini galvalum sering digunakan dalam bekisting sebagai bahan alternatif untuk menggantikan kayu. Tujuan dari perencanaan ini untuk mengetahui kekuatan dari bekisting semi konvensional, penjadwalan, dan biaya operasional proyek Mall Lagoon Avenue Sungkono dengan 8 lantai dari total 10 lantai dengan luasan 60.170,8 m². Data yang digunakan meliputi gambar kerja dan harga satuan pekerjaan Kota Surabaya tahun 2018. Untuk penjadwalan menggunakan bantuan Microsoft Project 2016 dan Microsoft Excel 2016 untuk perhitungan biaya pelaksanaan. Pada pekerjaan bekisting balok dan plat dengan metode semi konvensional dari lantai basement 2 sampai lantai 4 membutuhkan waktu 161 hari dan total biaya sebesar Rp. 8.650.189.197.

Kata Kunci : Bekisting semi konvensional; biaya perencanaan; penjadwalan.

ABSTRACT

In the formwork work the consumption of timber is quite high since the material is a one-time use only. This becomes a major determinant of a project cost and time. Currently, hollow is frequently used in formwork as an alternative material to substitute timber. The objective of this study is to find out the strength of the semi-conventional formwork, to make scheduling, and to estimate the operational cost of project Mall Lagoon Avenue Sungkono with 8 floors of a total of 10 floors with total area 60.170,8 m². The data used include shop drawings and work unit prices of Surabaya City in 2018. The calculation of scheduling uses Microsoft Project 2016 and Microsoft Excel 2016 used to analyze the operational cost. The result shows that the formwork with semi-conventional method is safe referring to SNI, beam and slab formwork with semi-conventional methods from basement 2 to 4TH floor took 161 days, at the total costs of Rp. 8.650.189.197.

Keywords: conventional semi formwork, cost, hollow beam, planning, scheduling.

1. PENDAHULUAN

Sejak tahun 1980 hingga saat ini, bahan bangunan yang paling banyak digunakan adalah material beton. Biasanya, untuk struktur bangunan bertingkat, digunakan campuran beton yang dicor di lokasi (cast in situ) karena proses pembuatan lebih sederhana. Dalam teknik pengecoran di tempat (cast in situ), langkah pertama adalah menyiapkan bekisting (formwork) dan perancah (shore) di lapangan, kemudian diikuti dengan pemasangan tulangan dan pengecoran beton.

Bekisting ialah konstruksi sementara yang diperlukan dalam pekerjaan beton untuk memastikan bahwa beton

mengambil bentuk dan dimensi yang sesuai dengan yang direncanakan dalam material beton itu sendiri. Bekisting dan perancah dianggap sebagai satu kesatuan karena bekisting berfungsi sebagai cetakan untuk beton, dan perancah digunakan sebagai pendukungnya. Hal ini sesuai dengan regulasi Permenaker & trans No.PER01/MEN/1980 tentang keselamatan dan kesehatan kerja dalam konstruksi bangunan. Scaffolding adalah struktur platform yang dibangun sementara untuk mendukung pekerja, material, dan peralatan yang digunakan dalam berbagai pekerjaan konstruksi, termasuk pemeliharaan dan proses pembongkaran.

Perkerasan beton secara alamiah membutuhkan waktu tertentu untuk dilakukan pembongkaran bekisting, setelah umur beton mencukupi dapat dilakukan pembongkaran tersebut. Namun dalam pembongkaran bekisting dan perancah tersebut dapat dibongkar dengan syarat bahwa beton dapat menopang beban-beban terdapat di atasnya. Menurut Hanna, (1999) bahwa sebagai aturan umum, bagian pendukung bekisting tidak boleh dilepas sebelum kekuatan beton mencapai setidaknya 70% dari nilai desainnya.

Selain biaya, kecepatan juga termasuk dalam kebutuhan utama. Persyaratan lain yang juga menjadi penentu pemakaian bekisting dan perancah yaitu kemampuan untuk dirakit maupun dibongkar secara cepat dan mudah. Namun, dalam proyek konstruksi yang besar, hal ini bisa menghasilkan kerugian signifikan karena biaya bekisting dapat mencapai sekitar 40% hingga 60% dari total biaya pekerjaan beton, sesuai dengan estimasi yang disampaikan oleh Hanna pada tahun 1999. Bekisting merupakan komponen biaya paling dominan pada konstruksi bangunan beton bertulang bertingkat. Biaya bekisting menyumbang sekitar 40% hingga 60% dari biaya total rangka beton dan sekitar 10% dari keseluruhan biaya proyek. (Hanna, 1999). Bekisting adalah komponen biaya terbesar untuk bangunan beton bertulang bertingkat yang khas. Biaya bekisting menyumbang 40% hingga 60% dari biaya rangka beton dan sekitar 10% dari total biaya proyek.

Dalam pelaksanaan proyek umumnya kontraktor menggunakan acuan dan bekisting yang bersifat konvensional atau material berbahan kayu. Maka perlunya pembaharuan metode guna mengurangi biaya dan mempercepat durasi pelaksanaan pekerjaan. Dimana metode setengah sistem merupakan metode formwork yang pelaksanaannya merupakan gabungan dari konvensional dan fabrikasi.

Berdasarkan uraian diatas, penulis dapat menyimpulkan bahwa perencanaan bekisting dan perancah dapat mengurangi pembengkakan biaya. Sehingga, penulis mengambil judul skripsi yaitu : “Perencanaan Bekisting dan Perancah Pada Proyek Mall Lagoon Avenue Sungkono Surabaya” yang terdiri dari 6 lantai dan 3 basement.

Dari pemaparan permasalahan yang dijelaskan, maka tujuan pembahasan ini meliputi :

1. Menetapkan rencana desain bekisting dan perancah yang digunakan pada pelaksanaan proyek Mall Lagoon Avenue Sugkono.
2. Mengetahui cara perhitungan pembebanan terhadap bekisting dan perancah yang digunakan.

3. Mengetahui kekuatan bekisting dan perancah berdasarkan sistem bekisting yang digunakan.
4. Mengetahui jumlah biaya pekerjaan bekisting dan perancah tersebut pada proyek pembangunan Mall Lagoon Avenue Sugkono.
5. Mengetahui penjadwalan pekerjaan bekisting dan perancah yang digunakan pada proyek pembangunan Mall Lagoon Avenue Sugkono.

Acuan

Acuan (bekisting) adalah alat atau perangkat yang digunakan untuk membantu struktur beton dalam mencetak beton sesuai dengan rencana yang telah ditentukan, termasuk ukuran, bentuk, tampilan, dan lokasi yang diinginkan. Karena bekisting bersifat sementara, maka bekisting akan dihilangkan setelah beton mencapai kekuatan yang memadai. Sedangkan, acuan merujuk pada bagian dari struktur bekisting yang berfungsi membentuk beton sesuai dengan desain yang telah direncanakan atau bagian yang berhubungan langsung dengan beton. Sementara itu, perancah adalah komponen dari bekisting yang bertugas menahan beban yang ada di atas bekisting selama proses pengecoran.

Hanna (1999) menjelaskan bahwa bekisting merupakan struktur sementara yang bertujuan untuk mendukung dan melindungi beton segar sampai beton tersebut mencapai kekuatan yang cukup untuk menopang dirinya sendiri, sehingga bentuk dan dimensi beton, serta posisi dan lokasi bangunan dapat memenuhi persyaratan yang diinginkan. McCormac (2004) mengatakan bahwa bekisting beton adalah wadah cetakan untuk beton yang masih dalam keadaan setengah cair, sehingga wadah ini harus memiliki kekuatan yang memadai untuk menjaga beton tetap dalam bentuk dan dimensi yang diperlukan hingga beton mengeras.

Syarat Ketentuan Desain Bekisting

Dalam penentuan material suatu bekisting terdapat syarat yang mana harus menanggung berat dari bekisting sendiri dan beban-beban sementara pada saat pelaksanaan pekerjaan. Syarat-syarat yang perlu di penuhi adalah:

1. Lendutan bekisting tidak melewati 0,3% dari dimensi beton. Lendutan dari bekisting dapat diminimalisir dengan cara melakukan perawatan pada bekisting, yang mana lendutan bekisting harus lebih kecil dari toleransi struktur beton.
2. Mudah dalam perakitan, perkuatan dan pembongkaran tanpa merusak beton atau bekisting
3. Pemilihan material bekisting harus ekonomis dalam segi biaya.

4. Bekisting harus bisa menahan berat dari penumpukan beton, peralatan kerja dan berat dari pekerja pada penempatan dan pematatan.

Material Bekisting

Menurut Ratay (1996), Terdapat beberapa jenis material yang terdapat pada ACI 347R-94, diantaranya terdapat pada **Tabel 1**

Tabel 1. Material dan Prinsip Penggunaan

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

Sumber: ACI 347R-94

Beberapa macam jenis material untuk pekerjaan bekisting diantaranya sebagai berikut:

1. Kayu

Menurut peraturan PKKI (1961), penting untuk mempertimbangkan tegangan ijin dan modulus elastisitas dari bahan kayu yang akan digunakan dalam penentuan kekuatan bekisting. Berikut adalah Tabel 2 yang berisi spesifikasi kayu berdasarkan masing-masing kelas kekuatan:

Tabel 2. Tegangan ijin kayu dan modulus elastisitas

No.	Jenis Tegangan	Kelas Kuat Kayu		
		I	II	III
1	Tegangan lentur sejajar serat (σ_{lt} //)	150	100	75
2	Tegangan tekan = Tarik sejajar serat ($\sigma_{tk} // = \sigma_{tr} //$)	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.

Lapisan luar dari triplek ini harus terbuat dari kayu yang memiliki kualitas lebih tinggi dibandingkan dengan lapisan

di dalamnya, terutama harus memiliki ketahanan dan daya tahan yang baik terhadap aus. Namun, penggunaan triplek juga dapat memiliki beberapa kelemahan seperti harganya yang relatif lebih tinggi, rentannya sudut dan tepi plat terhadap kerusakan, serta perlunya penanganan yang hati-hati terhadap permukaan plat, seperti yang dijelaskan oleh F. Wigbout pada tahun 1987.

3. Baja

Material baja digunakan dalam berbagai bentuk dan kualitas dalam konstruksi bekisting, dan ini telah lama menjadi bahan pendukung yang akrab dalam konteks bekisting. Sesuai dengan F. Wigbout Ing (1984), spesifikasi baja profil dapat ditemukan dalam Tabel Baja Konstruksi, dengan hasil yang tercantum pada Tabel 3.

Tabel 3. Mutu Baja Profil

Uraian	Simbol	Satuan	Material			
Kuat Kelas			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	mmkg/cm ²	2,1 x 10 ⁶	2,1 x 10 ⁶	2,1 x 10 ⁶	2,1 x 10 ⁶
Berat	W	kg/n	3.34	4.06	7.01	9.52
Momen Inersial	Ix/Iy	cm ⁴	15,9	28,3	75,5	187
Momen Shear	Wx/Wy	cm ³	6,34	9,44	20,1	37,5

Sumber : SNI 1729 : 2015

2. METODE

Beban Yang Bekerja

Asumsi beban yang akan diterima dibuat terlebih dahulu untuk merencanakan masing-masing bekisting. Menurut Gideon H (1993), data-data yang digunakan untuk perhitungan yaitu:

1. Berat jenis beton basah $q = 2500 \text{ kg / m}^3 = 25 \text{ kN / m}^3$.
2. Beban kejut, $q = 100 \text{ kg / m}^2 = 1000 \text{ N / m}^2$

Beban kejut adalah beban yang terjadi dari pengerjaan pengecoran yaitu hentakkan pada saat penuangan dan getaran oleh concrete vibrator pada saat pematatan.

3. Beban hidup, $q = 200 \text{ kg / m}^2 = 2000 \text{ N / m}^2$

Beban hidup terdiri dari pekerja, bahan dan alat bekisting, ember, concrete vibrator, gerobak dorong dan pipa concrete pump.

Perhitungan Tegangan

Dalam menganalisa nilai tegangan suatu bahan pada pekerjaan bekisting digunakan **Persamaan 1**:

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

keterangan:

- σ_{lt} = Tegangan lentur ijin
- M = Momen lentur
- W = Momen perlawanan dari penampang

Dalam menganalisa momen lentur, digunakan

Persamaan 2 dan Persamaan 3:

1. Pada 2 perletakan

$$Mx = \frac{1}{8} q x l^2 \quad (2)$$

2. Pada 3 perletakan atau lebih

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

keterangan:

- q = Beban merata per m²
- l = Jarak antar tumpuan

Dalam menghitung analisa momen penampang pada bekisting menggunakan **Persamaan 4** :

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

keterangan:

- b = Lebar bekisting
- h = Tinggi bekisting

Analisa Lendutan

Dalam menganalisa kekakuan pada bekisting harus diketahui lendutan yang terjadi, maka dapat menggunakan

Persamaan 5 dan Persamaan 6:

1. Pada perletakan di atas 2 tumpuan

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

2. Pada perletakan di atas 3 tumpuan atau lebih

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

keterangan:

- q = Beban merata per m²
- l = Panjang bekisting
- E = Modulus elastisitas
- I = Momen Inersia

Lendutan pada suatu bekisting tidak boleh melebihi lendutan ijin. Lendutan pada bekisting akibat beban tetap dibatasi sebagai berikut:

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

4. $\delta_{maks} \leq \frac{1}{500} L$, pada konstruksi rangka batang terlindung.

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

Pembagian Zona Pelaksanaan Pekerjaan

Mardal (2008) mengidentifikasi sejumlah faktor yang dapat memengaruhi pembagian zona pelaksanaan dalam proyek gedung bertingkat, termasuk:

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

Durasi Pekerjaan

Penjadwalan proyek dapat didefinisikan dalam dua konteks, yaitu "waktu" dan "durasi". Waktu merujuk pada periode siang atau malam, sementara "durasi" mengacu pada jumlah waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan satu pekerjaan tertentu.

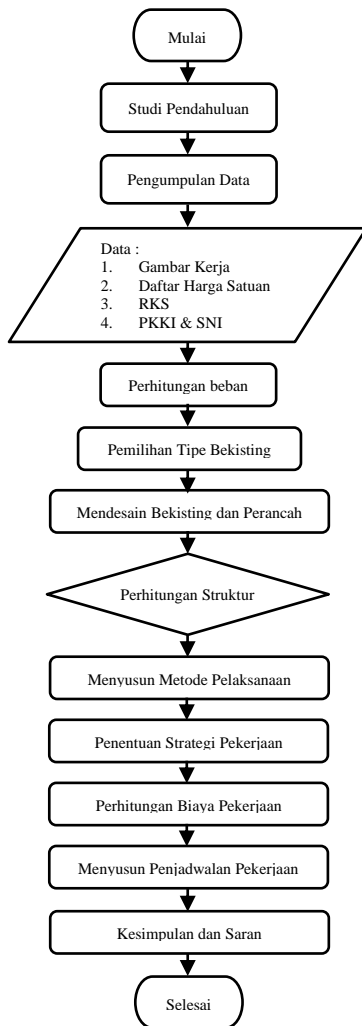
Sebagai contoh, seorang pekerja mampu menyelesaikan pekerjaan bata rata-rata 12 m²/ hari, maka produktivitas pekerja ialah 12 m²/ hari, apabila terdapat volume dinding 240 m².

$$\begin{aligned} \text{Durasi Pekerjaan} &= \text{volume} / \text{produktivitas pekerja} \\ &= 240 \text{ m}^2 / 12 \text{ m}^2/\text{hari} \\ &= 20 \text{ hari} \end{aligned}$$

Rencana Anggaran Biaya

Alur untuk menganalisa anggaran biaya pekerjaan sebagai berikut:

1. Menyiapkan data terkait volume pekerjaan proyek tersebut
2. Melakukan pendataan mengenai biaya pekerja yang berlaku pada daerah proyek dan mobilisasi biaya pekerja yang berasal dari luar daerah proyek
3. Menganalisa terkait jenis material, harga dan kemampuan pasar menyediakan material/bahan secara kontinui.
4. Melakukan analisa perhitungan biaya menggunakan SNI terkait kebutuhan bahan dan upah.



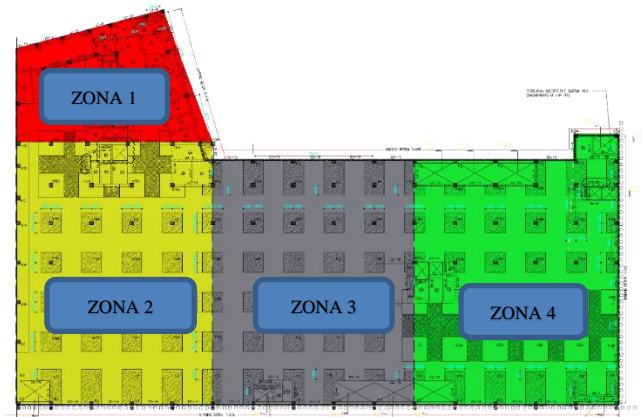
Gambar 1. Bagan Perencanaan Bekisting dan Perancah
Sumber: Hasil Perencanaan

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

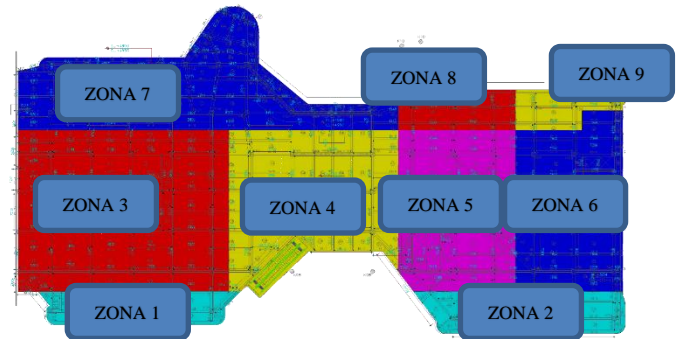
Metode Pengelompokan Zona Bekisting

Bekisting diimplementasikan dengan membagi area lantai basement 2 hingga ground floor menjadi empat zona, seperti yang terlihat dalam **Gambar 2**, sedangkan 9 zona untuk lantai 2-4 yang sesuai dengan **Gambar 3**. Pembagian zona dilakukan guna mempermudah pengawasan.

Pemilihan jumlah zona pekerjaan didasarkan pada waktu pelaksanaan pekerjaan. Dengan asumsi kapasitas *ready mix* sebesar 180 m³ per hari yang mana dalam pengangkutan *truck mixer* (kapasitas 7 m³) membutuhkan perkiraan 25-26 kali pengangkutan. Perencanaan denah pembagian zona pelaksanaan pekerjaan pemasangan bekisting plat dan balok sebagai berikut:



Gambar 2. Denah Zona Pekerjaan Lantai Basement 2 – Ground Floor



Gambar 3. Denah Zona Pekerjaan Lantai 2 - 4
Sumber: Hasil Analisa

Dalam pekerjaan bekisting plat dan balok pada tiap lantai dengan perkiraan luasan 60.171 m² pada tiap lantai dapat dilakukan pembagian zona sejumlah 4 zona pada lantai basement 2 – ground floor dan 9 zona pada lantai 2 - 4.

Pelaksanaan bekisting untuk balok dan plat memiliki beragam urutan dan waktu yang berbeda, oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan siklus pada setiap pekerjaan untuk mengurangi waktu tunggu dan menghindari pemborosan biaya yang dapat ditimbulkan.

Perencanaan desain siklus sumberdaya material dan pekerja yang mengacu terhadap waktu pelaksanaan sesuai pada **Gambar 4**, sebagai berikut:

4th Floor	A7	B7	A8	B8
3rd Floor	C5	D5	C6	D6
2nd Floor	A5	B5	A6	B6
Zona	1	2	3	4
Ground Floor	C3	D3	C4	D4
Lower Ground	A3	B3	A4	B4
Basement 1	C1	D1	C2	D2
Basement 2	A1	B1	A2	B2
Zona	1	2	3	4

Gambar 4. Siklus rencana pekerja

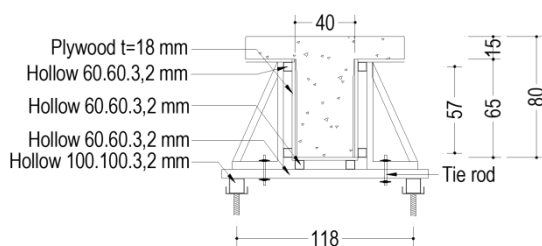
Sumber : Hasil Analisa.

Deskripsi siklus:

1. Kebutuhan pekerja direncanakan sejumlah 4 zona.
2. Pekerjaan pemasangan bekisting dan perancah pada zona A1 dan B1 dilakukan bersamaan.
3. Pengecoran pada zona B1 dapat dilaksanakan setelah H+1 pengecoran zona A1
4. Pekerjaan pemasangan bekisting pada zona A2,B2 dan C1 dikerjakan bersamaan dengan pengecoran zona B1
5. Pemasangan bekisting pada zona D1 dapat dilaksanakan setelah H+1 pengecoran zona B1
6. Zona A3 dan B3 dapat dijadwalkan untuk dilakukan setelah bekisting pada zona A1 dan B1 telah selesai dilepas.
7. Pengerjaan pada lantai berikutnya akan mengikuti langkah-langkah yang sama dengan pekerjaan yang dijelaskan pada langkah 2 hingga 6.

Kekuatan Bekisting Balok

Pemasangan bekisting balok dapat dilakukan setelah menghilangkan bekisting pada kolom. Evaluasi kekuatan bekisting dilakukan pada area terbesarnya yaitu pada balok B1. Desain untuk bekisting balok mengikuti spesifikasi material/bahan yang tercantum di **Gambar 5**. Hasil analisis kekuatan struktur untuk bekisting balok B1 dengan ukuran 40/80 adalah sebagai berikut:



Gambar 5. Perencanaan Bekisting dan Perancah pada Balok B1

Sumber: Hasil Perhitungan

1. Multiplek 18mm (sisi tepi)

$$\begin{aligned} \text{Tegangan } (\sigma) \text{ ijin} &= 75 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tegangan } (\sigma) &= 20,263 \text{ kg/cm}^2 \\ &= \leq 75 \text{ kg/cm}^2 \text{ (ok)} \\ \text{Lendutan } (\delta) \text{ ijin} &= 1,710 \text{ cm} \\ \text{Lendutan } (\delta) &= 0,007 \text{ cm} \\ &= < 1,710 \text{ cm (ok)} \end{aligned}$$

2. Hollow 60x60x3,2mm (sisi tepi)

$$\begin{aligned} \text{Tegangan } (\sigma) \text{ ijin} &= 1400 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tegangan } (\sigma) &= 235,831 \text{ kg/cm}^2 \\ &= \leq 1400 \text{ kg/cm}^2 \text{ (ok)} \\ \text{Lendutan } (\delta) \text{ ijin} &= 1,710 \text{ cm} \\ \text{Lendutan } (\delta) &= 0,027 \text{ cm} \\ &= < 1,710 \text{ cm (ok)} \end{aligned}$$

3. Multiplek 18mm (sisi dasar)

$$\begin{aligned} \text{Tegangan } (\sigma) \text{ ijin} &= 75 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tegangan } (\sigma) &= 56,84 \text{ kg/cm}^2 \\ &= \leq 75 \text{ kg/cm}^2 \text{ (ok)} \\ \text{Lendutan } (\delta) \text{ ijin} &= 0,102 \text{ cm} \\ \text{Lendutan } (\delta) &= 0,084 \text{ cm} \\ &= < 0,102 \text{ cm (ok)} \end{aligned}$$

4. Hollow 60x60x3,2 mm (sisi tepi)

$$\begin{aligned} \text{Tegangan } (\sigma) \text{ ijin} &= 1400 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tegangan } (\sigma) &= 135,847 \text{ kg/cm}^2 \\ &= \leq 1400 \text{ kg/cm}^2 \text{ (ok)} \\ \text{Lendutan } (\delta) \text{ ijin} &= 0,145 \text{ cm} \\ \text{Lendutan } (\delta) &= 0,004 \text{ cm} \\ &= < 0,145 \text{ cm (ok)} \end{aligned}$$

5. Hollow 60x60x3,2 mm (suri-suri)

$$\begin{aligned} \text{Tegangan } (\sigma) \text{ ijin} &= 1400 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tegangan } (\sigma) &= 589,140 \text{ kg/cm}^2 \\ &= \leq 1400 \text{ kg/cm}^2 \text{ (ok)} \\ \text{Lendutan } (\delta) \text{ ijin} &= 0,353 \text{ cm} \\ \text{Lendutan } (\delta) &= 0,046 \text{ cm} \\ &= < 0,353 \text{ cm (ok)} \end{aligned}$$

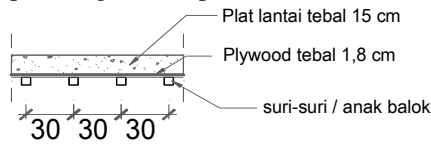
6. Hollow 100x100x3,2 mm (gelagar)

$$\begin{aligned} \text{Tegangan } (\sigma) \text{ ijin} &= 1400 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Tegangan } (\sigma) &= 1358,470 \text{ kg/cm}^2 \\ &= \leq 1400 \text{ kg/cm}^2 \text{ (ok)} \\ \text{Lendutan } (\delta) \text{ ijin} &= 0,579 \text{ cm} \\ \text{Lendutan } (\delta) &= 0,194 \text{ cm} \\ &= < 0,579 \text{ cm (ok)} \end{aligned}$$

Kekuatan Bekisting Plat Lantai

Pengerjaan bekisting yang plat dilakukan secara beriringan dengan bekisting yang balok. Design

material/bahan bekisting plat mengikuti pola yang ada di **Gambar 6**. Berikut ialah hasil analisa kekuatan pada bekisting plat dengan tebal plat lantai 15 cm:



Gambar 6. Perencanaan Bekisting dan Perancah pada Pekerjaan Plat Lantai

Sumber : Hasil Perhitungan

1. Multiplek 18 mm
 - Tegangan (σ) ijin = 50 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 7,94 kg/cm²
 - = ≤ 75 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,009 cm.
 - Lendutan (δ) = 0,001 cm.
 - = $< 0,009$ cm (**ok**)
2. Hollow 60x60x3,2 mm
 - Tegangan (σ) ijin = 1400 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 704,992 kg/cm²
 - = ≤ 1400 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,353 cm.
 - Lendutan (δ) = 0,202 cm.
 - = $< 0,353$ cm (**ok**)
3. Hollow 60x60x3,2 mm
 - Tegangan (σ) ijin = 1400 kg/cm²
 - Tegangan (σ) = 328,049 kg/cm²
 - = ≤ 1400 kg/cm² (**ok**)
 - Lendutan (δ) ijin = 0,579 cm.
 - Lendutan (δ) = 0,027 cm.
 - = $< 0,579$ cm (**ok**)

Analisa BOQ

Dalam menganalisa BOQ perhitungan jenis konstruksi harus dilakukan pada setiap zona dan setiap lantai yang akan ditinjau. Untuk detail perhitungan kebutuhan bekisting pada setiap zona **Tabel 4** seperti berikut:

Tabel 4. Detail Kebutuhan Bekisting pada setiap Zona

Lantai	Volume Bekisting(m ²)	
	Balok	Plat
Basement 2	1154,26	5632,43
Basement 1	1208,02	5713,10
Lower Ground	1810,73	5275,59
Ground Floor	4077,04	4806,19
Lantai 2	3708,79	4307,85
Lantai 3	4256,50	4533,23

4607,11 4537,74

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP)

Dalam hal ini, terdapat angka koefisien yang mencerminkan nilai dari masing-masing satuan material/bahan, peralatan, dan upah tenaga kerja. Koefisien untuk setiap aspek pekerjaan ini digunakan sebagai panduan untuk mengevaluasi biaya setiap pekerjaan. Contoh perhitungan koefisien pekerjaan bekisting dan referensi untuk perancah dapat ditemukan dalam **Tabel 5**.

Tabel 5 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Pemasangan Bekisting Balok

Bahan:	Koef.	Harga	Jumlah Harga
Multiplek 18 mm	0,112 lbr	Rp. 225.000,00	Rp. 25.195,00
Hollow 60.60.3,2	0,062 m	Rp. 214.828,00	Rp. 2.212,00
Hollow 60.60.3,2	0,031 m	Rp. 214.828,00	Rp. 1.106,00
Paku	0,387 kg	Rp. 29.600,00	Rp. 7.653,00
Minyak bekisting	0,288 l	Rp. 19.800,00	Rp. 8.510,00
Upah pekerja:	Koef.	Harga	Jumlah Harga
Pekerja	0,094 OH	Rp. 145.000,00	Rp. 13.594,00
Tukang kayu	0,094 OH	Rp. 156.000,00	Rp. 14.625,00
Mandor	0,016 OH	Rp. 171.000,00	Rp. 2.672,00
Total biaya:			Rp. 75.566,00

Sumber: Hasil Perhitungan

Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Analisis biaya rinci RAB bisa dilakukan dengan memeriksa rincian anggaran biaya (BOQ) proyek dan mengkaji analisis harga satuan pekerjaan (AHSP). Rumus yang dipakai dalam menganalisa kebutuhan biaya yaitu :

$$Total\ Biaya = Volume \times Harga\ Satuan.$$

Tabel 6. Memperlihatkan hasil perhitungan pekerjaan bekisting untuk plat dan balok yang dibagi menjadi 4 zona di lantai basement 2 hingga *ground floor*, serta 9 zona di lantai 2 hingga 4.

Tabel 6. Kebutuhan Biaya Bekisting dan Perancah pada Lantai Basement 2 - Lantai 4

Lantai	Biaya Setiap Lantai
Basement 2	Rp 906.334.313,782
Basement 1	Rp 925.467.621,907
Lower Ground	Rp 969.523.895,125
Ground Floor	Rp 1.284.538.757,705
Lantai 2	Rp 1.160.354.157,226
Lantai 3	Rp 1.279.527.788,916
Lantai 4	Rp 1.338.061.826,294
Total biaya pekerjaan (a)	Rp 7.863.808.360,96
PPN 10% (b)	Rp 786.380.836,10

Total Harga (a+b) Rp. 8.650.189.197

Sumber : Hasil Perhitungan

Perhitungan Durasi Pekerjaan

Perhitungan waktu yang diperlukan untuk pengerjaan bekisting pada plat dan balok bergantung pada hasil analisis AHSP yang telah dievaluasi secara praktik. Sementara waktu yang diperlukan untuk proses pemangan besi dan pengecoran didasarkan pada Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) di Kota Surabaya tahun 2018.

Analisa durasi diperoleh dengan merujuk pada koefisien pekerja yang tertera dalam AHSP. Melalui cara mengalikan volume dengan koefisien pekerja, kita dapat menentukan kebutuhan pekerjaan harian, yang selanjutnya akan dibagi sesuai dengan rencana durasi pekerjaan. Hasil kebutuhan pekerja dan durasi pelaksanaan terdapat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Kebutuhan Durasi pada setiap Zona

Pekerjaan Bekisting	Durasi pekerjaan
Plat dan Balok	
- Pemasangan acuan balok	2
- Pemasangan bekisting balok	2
- Pemasangan acuan plat	3
- Pemasangan.bekisting pada plat	3
- Pembongkaran bekisting balok	2
- Pembongkaran bekisting plat	2
- Pembongkaran acuan/perancah plat	3
- Pembongkaran acuan/perancah balok	1

Sumber : Hasil Perhitungan

Detail kebutuhan jumlah pekerja pada setiap zona per lantai ditunjukkan pada Tabel 08 dan Tabel 09 sebagai berikut:

Tabel 08. Kebutuhan Jumlah Pekerja pada Setiap Zona 1-4 Pada Lantai Basement 2 – Ground Floor

Pekerjaan Bekisting	Zona			
	1	2	3	4
Plat dan Balok				
- Pemasangan acuan balok	30	29	31	45
- Pemasangan bekisting balok	23	21	23	33
- Pemasangan acuan plat	19	73	75	61
- Pemasangan.bekisting plat	22	83	84	68
- Pembongkaran bekisting balok	12	45	45	41
- Pembongkaran bekisting plat	7	7	7	10
- Pembongkaran acuan/perancah plat	6	24	25	23
- Pembongkaran acuan/perancah balok	21	19	21	30

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 09. Kebutuhan Pekerja pada Setiap Zona 1-9 Pada Lantai 2 – 4

Pekerjaan	Zona								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Balok dan Plat									
- Pemasangan acuan/perancah balok	9	10	48	40	26	20	42	8	4
- Pemasangan bekisting balok	6	7	35	29	19	15	31	6	3
- Pemasangan acuan/perancah plat	31	20	21	18	8	26	11	6	5
- Pemasangan an.bekisting plat	35	23	24	20	9	30	12	7	6
- Pembongkaran bekisting balok	19	12	13	11	5	16	7	4	3
- Pembongkaran bekisting plat	2	2	11	9	6	5	10	2	1
- Pembongkaran acuan/perancah plat	10	7	7	6	3	9	4	2	2
- Pembongkaran acuan/perancah balok	6	6	32	27	18	13	28	5	3

Sumber : Hasil Perhitungan

Setelah penentuan durasi, kemudian membuat suatu runtutan pelaksanaan struktur setiap lantai. Pekerjaan struktur terdapat pekerjaan kolom, plat dan balok. Setiap pelaksanaan pekerjaan pada setiap lantai memiliki beberapa item pekerjaan yang berbeda dan memiliki durasi yang berbeda. Hasil perhitungan yang telah disebutkan sebelumnya menunjukkan bahwa total durasi pengerjaan bekisting dan perancah plat dan balok dengan system semi yaitu berkisar **161 hari** dengan menggunakan cara penjadwalan tipe PDM.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dari pembahasan diatas mengenai *Perencanaan Bekisting dan Perancah Pada Gedung Mall Lagoon Avenue Sungkono Surabaya* maka diperoleh kesimpulan diantaranya sebagai berikut:

1. Pada perencanaan bekisting dan perancah menggunakan desain dengan sistem semi sistem yang mana menggunakan multiplek dan hollow sebagai bahannya, sedangkan untuk acuan/perancah yang digunakan adalah model *frame/scaffolding*.
2. Perhitungan beban terhadap bekisting dan perancah hanya dilakukan pada perhitungan profil balok dan pelat yang digunakan untuk menentukan material dan bahan akan digunakan.
3. Hasil kekuatan dari desain bekisting dan acuan/perancah palt dan balok yang selesai dianalisa menunjukkan aman terhadap beban ijin.
4. Dalam perencanaan dan hasil penjadwalan yang diolah dalam Microsoft Project didapat bahwa ini direncanakan selesai dalam 161 hari kalender atau sekitar 23 minggu.
5. Biaya yang dibutuhkan dari pekerjaan bekisting dan perancah membutuhkan biaya sebesar Rp 8.650.189.197.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ACI, (2004), "ACI 347-04: Guide to Formwork for Concrete", American Concrete Institute: Farmington Hills, Michigan.
- [2] Gideon H, (1993), "Grafik dan Tabel Perhitungan Beton Bertulang", Jakarta: Erlangga.
- [3] Hanna, A. S., (1999), "Concrete Formwork System." University of Wisconsin: Marcel Dekker, inc.
- [4] Harga Satuan Pokok Kegiatan Kota Surabaya (2018).
- [5] 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.
- [6] Mc Cormac, Jack, (2004), "Desain Beton Bertulang-Edisi Kelima-jilid 2". Jakarta: Erlangga.
- [7] NI-5 PKKI (1961), "Peraturan Konstriksi Kayu Indonesia"
- [8] Permenaker, (1980), "Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No. PER.01/MEN/1980 Tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Konstruksi Bangunan". Jakarta: Sekretariat Kabinet RI.
- [9] Ratay, R., (1996). "Handbook of Temporary Structures in Construction". New York: McGraw-Hill, inc.
- [10] SNI 0068:2007, "Pipa Baja Karbon Untuk Konstruksi Umum"
- [11] Wigbout, F., (1987), "Bekisting (Kotak Cetak)". Jakarta: Erlangga.