

PERENCANAAN BEKISTING DAN PERANCAH PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG PASSENGER TERMINAL BUILDING BANDARA INTERNASIONAL DHOHO KEDIRI

Nikita Angelia Finit^{1,*}, Moch. Khamim², Armin Naibaho³

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Malang^{2,3}

nikitaangelia25@gmail.com¹, chamim@polinema.ac.id², ar_naibaho@yahoo.co.id³

ABSTRAK

Bekisting dan perancah pada proyek pembangunan gedung *Passenger Terminal Building* Bandara Internasional Dhoho Kediri memerlukan perencanaan yang baik agar tidak terjadi pembengkakan biaya akibat strategi pelaksanaan yang kurang tepat. Selain itu, tipe bekisting yang digunakan juga dapat mempengaruhi metode pelaksanaan, biaya, dan waktu yang dibutuhkan pada pekerjaan bekisting dan perancah. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan penggunaan bekisting semi sistem dengan bekisting sistem ditinjau dari desain, metode, biaya, dan waktu. Data yang diperlukan yaitu data sekunder yang meliputi spesifikasi teknis, gambar kerja, harga satuan pokok kegiatan (HSPK) Kabupaten Kediri tahun 2022, dan harga bahan dan upah Jawa Timur tahun 2022. Metode yang digunakan dalam strategi pelaksanaan merupakan metode zonasi. Hasil dari perbandingan didapat material yang digunakan pada bekisting semi sistem adalah phenolic dan hollow, sedangkan bekisting sistem menggunakan sistem *aluminium formwork*. Perhitungan kekuatan dari kedua tipe bekisting diperoleh desain yang aman terhadap nilai yang diijinkan. Metode yang digunakan pada kedua tipe bekisting berbeda serta strategi pelaksanaan dan mobilisasi juga berbeda. Besar biaya yang diperlukan bekisting semi sistem adalah sebesar Rp. 8.897.733.011,29 dengan durasi pengerjaan selama 183 hari dan besar biaya yang diperlukan bekisting sistem sebesar Rp.9.780.582.574,63 dengan durasi pengerjaan selama 133 hari.

Kata kunci : bekisting semi sistem; bekisting sistem; metode zonasi.

ABSTRACT

Formwork and scaffolding in the Passenger Terminal Building Project of Dhoho International Airport Kediri required a good planning to prevent cost overruns due to inaccurate implementation strategies. In addition, the type of formwork used can also affect the method of implementation, cost, and time required for formwork and scaffolding work. This study aimed to compare the use of semi-system formwork with system formwork in terms of design, method, cost, and time. The data needed is secondary data which includes technical specifications, shop drawings, the price of the main activity unit (HSPK) for Kediri District in 2022, and prices for materials and wages for East Java in 2022. Zoning method was used in the implementation of strategy. The results of the comparison show that the materials used in the semi-system formwork are phenolic and hollow, while the system formwork uses an aluminum formwork system. Calculation of the strength of the two types of formwork obtained a design that is safe against the permissible value. The methods used for the two types of formwork are different as well as the implementation strategy and mobilization used are different too. The cost required for semi-system formwork is Rp. 8.897.733.011,29 with 183 days of work and the required cost of the system formwork is Rp.9.780.582.574,63 with 133 days of work.

Keywords: semi-system formwork; system formwork; zoning method.

1. PENDAHULUAN

Pada pekerjaan struktur, kunci keberhasilan tidak hanya bergantung pada pekerjaan pembesian dan pembetonan seperti kesesuaian tulangan dan juga beton yang dipakai, melainkan juga bergantung pada pekerjaan bekisting dan perancahnya. Menurut Jack C. McCormac (2003:263) bekisting beton adalah cetakan yang kedalamnya beton semi – cair diisikan. Sedangkan perancah adalah bagian dari konstruksi bekisting yang berfungsi untuk menahan beban – beban yang bekerja pada saat pengecoran, baik beban vertikal maupun beban horizontal (Irika W, Dkk, 2020:2).

Proyek pembangunan gedung passanger terminal building (PTB) Bandara Internasional Dhoho Kediri merupakan bangunan dua lantai, yaitu L0 dan L1 dengan salah satu lantai yaitu lantai L0 yang bersifat semi – basement dan terdapat juga setengah lantai pada lantai L1 yaitu lantai mezzanine. Bangunan ini memiliki luas lahan seluas 29,150 m² dan luas total bangunan seluas 37.840 m². Maka dari itu, perencanaan bekisting dan perancah diperlukan agar tidak terjadi pembengkakan biaya akibat strategi pelaksanaan yang kurang tepat. Selain itu, tipe bekisting yang digunakan juga dapat mempengaruhi metode pelaksanaan, biaya, dan waktu yang dibutuhkan pada pekerjaan bekisting dan perancah.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan perbandingan penggunaan bekisting dan perancah semi sistem dengan bekisting sistem ditinjau dari desain, metode, biaya, dan waktu.

2. METODE

Beban yang Bekerja

Asumsi beban – beban yang akan dipikul bekisting dan perancah adalah sebagai berikut.

1. Beban beton bertulang = 2500 kg/m³
2. Beban kerja = 150 kg/m³
3. Beban kejut = 7,5% beban beton

Perhitungan Kekuatan

Rumus tegangan lentur ijin yaitu sebagai berikut (F. Wigbout Ing., 1992:142):

$$\sigma_{lt} = \frac{M \times y}{I_x} = \frac{M}{\frac{I_x}{y}} = \frac{M}{W}$$

Keterangan:

- σ_{lt} = Tegangan lentur ijin
- M = Momen lentur
- W = Momen tahanan
- y = Titik Pusat
- I_x = Momen Inersia

Untuk menghitung momen lentur (M) yang terjadi akibat beban kerja, maka digunakan rumus berikut (R. Sagel, dkk, 1997:56):

1. Untuk 2 perletakan

$$M = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2$$

2. Untuk 4 perletakan

$$M = \frac{1}{10} \cdot q \cdot l^2$$

3. Untuk beban terpusat

$$M = \frac{1}{4} \cdot P \cdot l$$

Keterangan:

- q = Beban terbagi merata per m³
- P = Beban terpusat
- l = Jarak sumbu ke tumpuan

Untuk menghitung momen perlawanan (W) untuk penampang empat persegi panjang adalah (R. Sagel, dkk, 1997:56):

$$W = \frac{I_x}{y} = \frac{\frac{1}{12}bh^2}{\frac{h}{2}} = \frac{1}{12}bh^2 \times \frac{2}{h} = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2$$

Keterangan:

- W = Momen Tahanan
- b = lebar penampang
- h = tinggi penampang
- y = Titik Pusat
- I_x = Momen Inersia

Lendutan

Rumus yang digunakan untuk mengetahui lendutan yang terjadi adalah sebagai berikut:

1. Perletakan diatas 2 tumpuan

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot l^2}{384 \cdot E \cdot I_x}$$

2. Perletakan diatas 3 tumpuan atau lebih

$$\delta = \frac{5 \cdot q \cdot l^2}{128 \cdot E \cdot I_x}$$

3. Untuk beban terpusat

$$\delta = \frac{P \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I_x}$$

4. Untuk kantilever

$$\delta = \frac{q \cdot l^4}{8 \cdot E \cdot I_x}$$

Keterangan:

- δ = Lendutan yang terjadi (m)
- q = Beban merata total bekisting kontak tiap meter (kg/m)
- P = Beban Terpusat (kg)
- l = Jarak tumpuan (m)
- E = Modulus elastisitas (kg/m³)
- I_x = Momen inersia penampang (m⁴)

Berikut merupakan batas lendutan pada suatu konstruksi akibat beban sendiri (PKKI, 1961):

1. $\delta_{maks} \leq \frac{1}{300}L$, untuk balok konstruksi terlindung
2. $\delta_{maks} \leq \frac{1}{400}L$, untuk balok konstruksi tidak terlindung
3. $\delta_{maks} \leq \frac{1}{200}L$, untuk balok 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

Keterangan:

δ = Lendutan yang terjadi (m)

L = Jarak bentang (m)

Kemudian untuk lendutan ijin baja diambil dari SNI 03-1729-2002 tentang Tata Cara Perencanaan Struktur Baja pada tabel 6.4-1 sebesar:

$$\delta \leq \frac{L}{240}$$

Keterangan:

δ = Lendutan yang terjadi (m)

L = Jarak bentang (m)

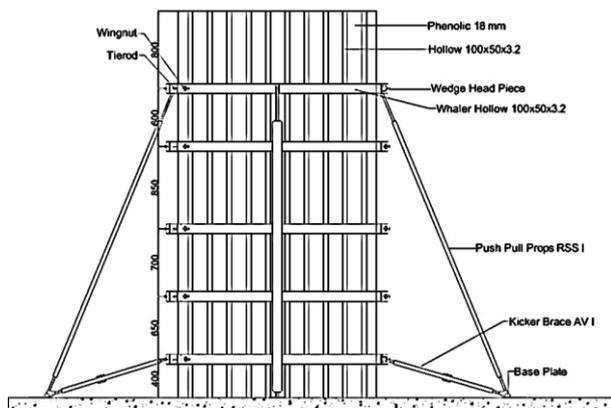
Beberapa tahapan yang dilakukan untuk menyelesaikan penelitian antara lain sebagai berikut:

- Menentukan bidang, topic, serta objek penelitian.
- Merumuskan masalah, tujuan, dan tinjauan pustaka dari penelitian.
- Mengumpulkan data yang diperlukan yaitu data sekunder yang meliputi spesifikasi teknis, gambar kerja, harga satuan pokok kegiatan (HSPK) Kabupaten Kediri tahun 2022, dan harga bahan dan upah Jawa Timur tahun 2022.
- Mengolah data yang telah didapat.
- Menentukan desain, kekuatan material, metode pelaksanaan, penjadwalan, dan biaya yang diperlukan.
- Melakukan pembahasan.
- Menarik kesimpulan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Desain Bekisting Semi Sistem

a. Kolom Semi Sistem



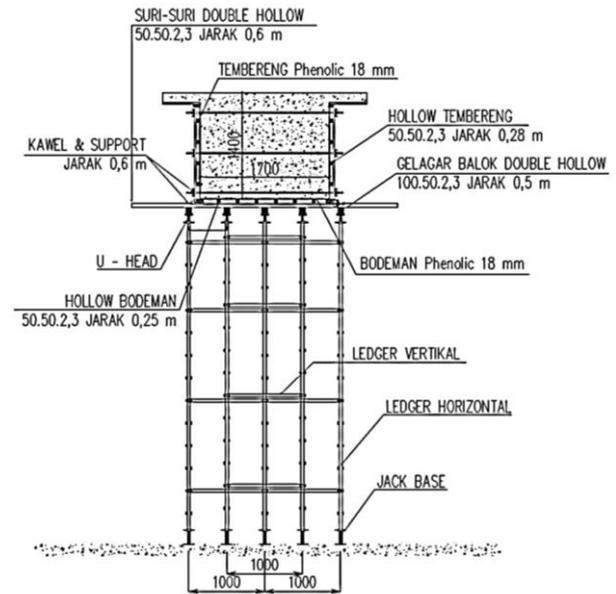
Gambar 1. Desain Bekisting Kolom Semi Sistem

Sumber: Hasil Perencanaan

- Jarak antar hollow 20 cm; tegangan phenolic $91,35 \text{ kg/cm}^2 \leq 100 \text{ kg/cm}^2$ tegangan ijin; lendutan phenolic $0,042 \text{ cm} \leq 0,05 \text{ cm}$ lendutan ijin.
- Jumlah whaler 5 buah dengan jarak antar whaler dari dasar kolom sebesar 0,4 m; 0,65 m; 0,7 m; 0,85 m; 0,6 m; 0,8 m.

2.

b. Balok Semi Sistem

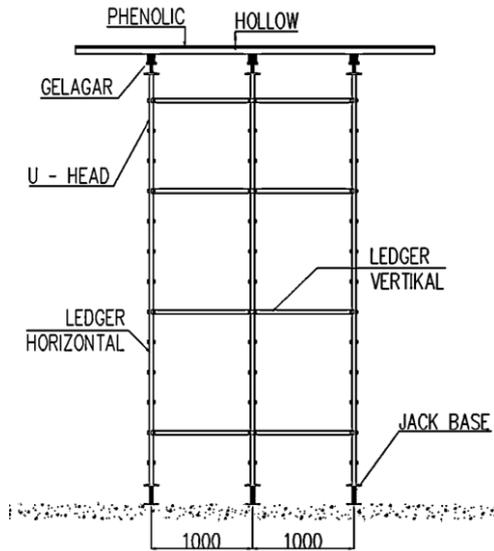


Gambar 2. Desain Bekisting Balok Semi Sistem

Sumber: Hasil Perencanaan

- Jarak antar hollow bodeman 25 cm; tegangan phenolic $62,44 \text{ kg/cm}^2 \leq 100 \text{ kg/cm}^2$ tegangan ijin; lendutan phenolic $0,045 \text{ cm} \leq 0,06 \text{ cm}$ lendutan ijin.
- Jarak antar suri - suri 60 cm, tegangan hollow $975,33 \text{ kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$ tegangan ijin, dan lendutan hollow $0,069 \text{ cm} \leq 0,25 \text{ cm}$ lendutan ijin.
- Jarak antar gelagar 50 cm; tegangan suri – suri $1578,29 \text{ kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$ tegangan ijin; lendutan suri – suri $0,031 \text{ cm} \leq 0,2 \text{ cm}$ lendutan ijin.
- Jarak antar kaki PCH 50 cm (double PCH); tegangan gelagar $1319,46 \text{ kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$ tegangan ijin; lendutan gelagar $0,026 \text{ cm} \leq 0,21 \text{ cm}$ lendutan ijin.
- Jarak antar hollow tembereng 28 cm; tegangan phenolic $68,282 \text{ kg/cm}^2 \leq 100 \text{ kg/cm}^2$ tegangan ijin; lendutan phenolic $0,062 \text{ cm} \leq 0,07 \text{ cm}$ lendutan ijin.¹⁴⁵
- Titik PCH sebanyak 80 titik; beban total bekisting sebesar $131557,188 \text{ kg} < 137050 \text{ kg}$ kekuatan total yang dapat dipikul PCH.

c. Pelat Semi Sistem



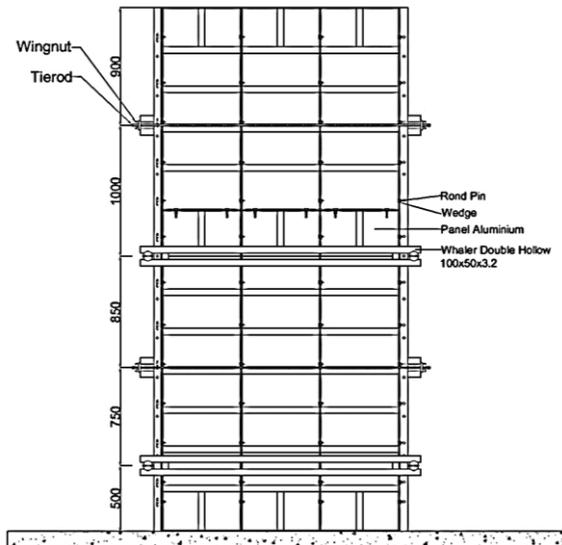
Gambar 3. Desain Bekisting Pelat Semi Sistem

Sumber: Hasil Perencanaan

- Jarak antar hollow 50 cm; tegangan phenolic $30,45 \text{ kg/cm}^2 \leq 100 \text{ kg/cm}^2$ tegangan ijin; lendutan phenolic $0,088 \text{ cm} \leq 0,13 \text{ cm}$ lendutan ijin.
- Jarak antar gelagar 100 cm; tegangan hollow $725,61 \text{ kg/cm}^2 \leq 1600 \text{ kg/cm}^2$ tegangan ijin; lendutan hollow $0,144 \text{ cm} \leq 0,42 \text{ cm}$ lendutan ijin.
- Titik PCH sebanyak 196 titik, sehingga beban total bekisting sebesar $174269,3 \text{ kg} < 335772,5 \text{ kg}$ kekuatan total yang dapat dipikul PCH.

Desain Bekisting Sistem

a. Kolom Sistem

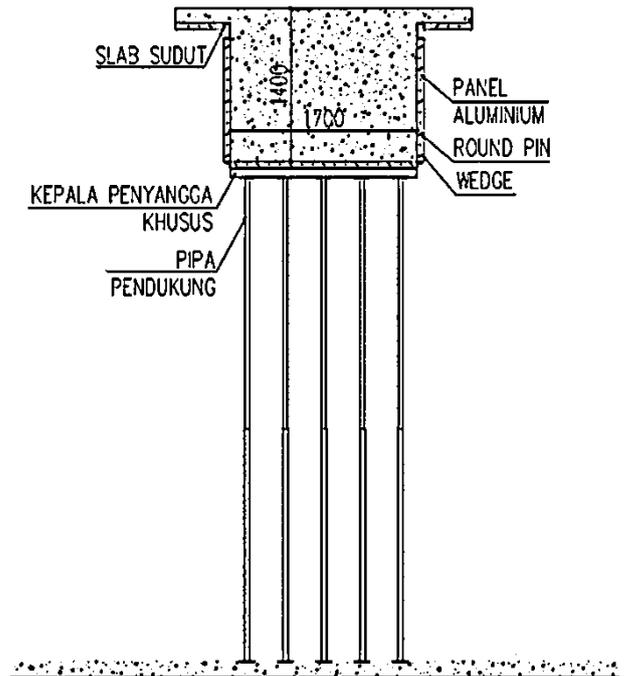


Gambar 4. Desain Bekisting Kolom Sistem

Sumber: Hasil Perencanaan

- Jumlah whaler diperoleh sebanyak 4 buah dengan jarak antar whaler dari dasar kolom sebesar 0,5 m; 0,75 m; 0,85 m; 1 m; 0,9 m.

b. Balok Sistem

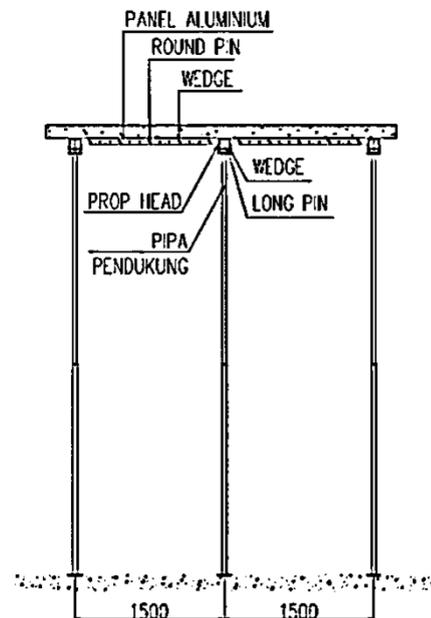


Gambar 5. Desain Bekisting Balok Sistem

Sumber: Hasil Perencanaan

- Titik pipa penyangga sebanyak 84 titik, sehingga beban total bekisting sebesar $119074,6338 \text{ kg} < 143902,5 \text{ kg}$ kekuatan total yang dapat dipikul PCH.

c. Pelat Sistem



Gambar 6. Desain Bekisting Pelat Sistem

Sumber: Hasil Perencanaan

- Titik pipa penyangga direncanakan sebanyak 76 titik, sehingga beban total bekisting sebesar $90135,8625 \text{ kg} < 130197,5 \text{ kg}$ kekuatan total yang dapat dipikul PCH.

Metode Pelaksanaan

Secara umum alur pekerjaan kolom, balok, dan pelat baik semi sistem maupun sistem sebagai berikut.

1. Pekerjaan Persiapan
2. Pekerjaan Pembetonan
3. Pekerjaan Pembongkaran

Pada bekisting semi sistem terdapat tahapan fabrikasi, tahapan pemasangan PCH, serta terdapat lebih dari satu fase pekerjaan bekisting dan pembetonan pada pengerjaan satu kolom. Sedangkan pada bekisting sistem, tidak terdapat tahapan fabrikasi karena bahan yang digunakan merupakan buatan pabrik. Pada bekisting sistem tidak ada tahapan pemasangan PCH karena menggunakan pipa penyangga yang mudah dipasang, serta pekerjaan satu kolom dilakukan dalam satu fase pengerjaan karena bahan yang digunakan merupakan panel yang dapat menyesuaikan ukuran (lebar atau tinggi) kolom.

Pembagian Zona

Pembagian zona pada pekerjaan tiap lantai adalah sebagai berikut.

1. Pekerjaan kolom lantai L0 dibagi menjadi 2 zona.



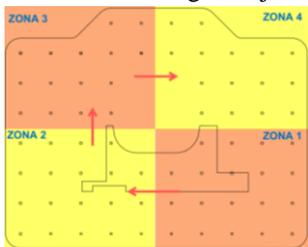
Gambar 7. Pembagian Zona Kolom L0
Sumber: Hasil Perencanaan

2. Pekerjaan balok dan pelat lantai L1 dibagi menjadi 2 zona.



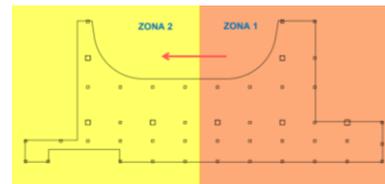
Gambar 8. Pembagian Zona Balok dan Pelat L1
Sumber: Hasil Perencanaan

3. Pekerjaan kolom lantai L1 dibagi menjadi 4 zona.



Gambar 9. Pembagian Zona Kolom dan Pelat L1
Sumber: Hasil Perencanaan

4. Pekerjaan kolom lantai mezzanine dibagi menjadi 2 zona.



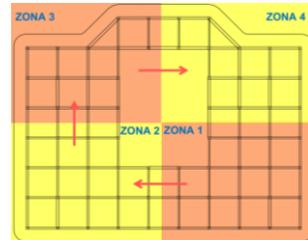
Gambar 10. Pembagian Zona Kolom L Mezzanine
Sumber: Hasil Perencanaan

5. Pekerjaan balok dan pelat lantai mezzanine dibagi menjadi 2 zona.



Gambar 11. Pembagian Zona Balok dan Pelat L Mezzanine
Sumber: Hasil Perencanaan

6. Pekerjaan balok atap dibagi menjadi 4 zona.



Gambar 12. Pembagian Zona Balok Atap
Sumber: Hasil Perencanaan

Strategi Pelaksanaan

Strategi yang diterapkan pada bekisting semi sistem dan bekisting sistem berbeda. Strategi yang diterapkan adalah sebagai berikut.

- a. Bekisting semi sistem
 - Pada tahap awal dilakukan pekerjaan kolom L0.
 - Selanjutnya, bekisting kolom pada pekerjaan kolom L0 zona 1 dipindahkan ke pekerjaan kolom L0 zona 2. Pekerjaan kolom L0 zona 2 dibarengi dengan pekerjaan balok dan pelat L1 zona 1.
 - Setelah itu, dilanjutkan ke pekerjaan balok dan pelat L1 zona 2 yang dibarengi dengan pekerjaan kolom mezzanine zona 1. Bekisting dan perancah pekerjaan balok dan pelat L0 zona 1 dipindah ke zona 2 dan Bekisting kolom L0 zona 2 dipindah ke pekerjaan kolom mezzanine zona 1.
 - Kemudian, dilakukan pekerjaan balok dan pelat mezzanine zona 1 dibarengi dengan pekerjaan kolom mezzanine zona 2. Bekisting dan perancah dari balok dan pelat L1 zona 2 dipindah ke pekerjaan balok dan pelat mezzanine zona 1 dan bekisting kolom mezzanine zona 1 dipindah ke zona 2.
 - Selanjutnya, dilakukan pekerjaan balok dan pelat mezzanine zona 2 dibarengi dengan pekerjaan kolom L1 zona 1.

- Setelah itu, dilakukan pekerjaan balok atap zona 1 dibarengi dengan pekerjaan kolom L1 zona 2.
 - Lalu, dilakukan pekerjaan balok atap zona 2 dibarengi dengan pekerjaan kolom L1 zona 3.
 - Kemudian, dilakukan pekerjaan balok atap zona 3 dibarengi dengan pekerjaan kolom L1 zona 4.
 - Terakhir, dilakukan pekerjaan balok atap zona 4.
- b. Bekisting sistem
- Pada tahap awal dilakukan pekerjaan kolom L0 zona 1 serta balok dan pelat L1 zona 1.
 - Selanjutnya, dilakukan pekerjaan kolom L0 zona 2 serta balok dan pelat L1 zona 2.
 - Kemudian dilakukan pekerjaan kolom mezzanine zona 1 serta balok dan pelat mezzanine zona 1.
 - Lalu dilanjutkan pekerjaan kolom mezzanine zona 2 serta balok dan pelat mezzanine zona 2.
 - Setelah itu, dilakukan pekerjaan kolom L1 zona 1 dan balok atap zona 1.
 - Selanjutnya, dilakukan pekerjaan kolom L1 zona 2 dan balok atap zona 2.
 - Kemudian, dilakukan pekerjaan kolom L1 zona 3 dan balok atap zona 3.
 - Terakhir dilakukan pekerjaan kolom L1 zona 4 dan balok atap zona 4.

Mobilisasi Bekisting

Dalam melakukan mobilisasi bekisting, bekisting sistem direncanakan tidak memerlukan alat berat dikarenakan berupa panel – panel yang dapat di pindahkan dengan mudah. Sedangkan untuk bekisting semi sistem, diperlukan adanya alat berat yaitu tower crane.

Penjadwalan

Dari penjadwalan yang telah dilakukan menggunakan aplikasi Primavera P6 Professional 22 diperoleh durasi keseluruhan pekerjaan (kolom, balok, dan pelat) bekisting semi sistem yaitu selama 183 hari atau 6 bulan pengerjaan. Sedangkan bekisting sistem diperoleh durasi keseluruhan selama 133 hari atau kurang dari 5 bulan pengerjaan.

Rencana Anggaran Biaya

Dalam merencanakan biaya, dilakukan perhitungan kuantitas pekerjaan (BOQ) dan dilakukan analisa harga satuan pekerjaan (AHSP) terlebih dahulu. Kemudian volume pekerjaan dikalikan dengan harga satuan pekerjaan, sehingga diperoleh rencana anggaran biaya. Setelah dilakukan perhitungan diperoleh biaya yang diperlukan bekisting semi sistem sebesar Rp. 8.897.733.011,29 dan biaya yang diperlukan bekisting sistem sebesar Rp.9.780.582.574,63. Selisih biaya antara penggunaan bekisting semi sistem dan bekisting sistem yaitu sebesar Rp. 882.849.563,34.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Dalam mendesain digunakan bekisting tipe semi sistem dan sistem.
2. Dari hasil perhitungan kekuatan, diperoleh nilai yang aman terhadap nilai ijin.
3. Digunakan metode, strategi, dan mobilisasi yang berbeda antara bekisting semi sistem dan sistem.
4. Besar biaya yang diperlukan bekisting semi sistem adalah sebesar Rp. 8.897.733.011,29 dan besar biaya yang diperlukan bekisting sistem sebesar Rp. 9.780.582.574,63.
5. Dari penjadwalan yang telah dilakukan menggunakan aplikasi Primavera P6 Professional 22 diperoleh durasi keseluruhan pekerjaan (kolom, balok, dan pelat) bekisting semi sistem yaitu selama 183 hari. Sedangkan bekisting sistem diperoleh durasi keseluruhan selama 133 hari.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] McCormac, Jack C. (2003). *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- [2] Wideasanti, Irika dkk. (2020). *Metode Pelaksanaan Pekerjaan Bekisting Aluminium*. Jakarta: Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
- [3] Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi nomor PER01/MEN/1980 tentang Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Konstruksi Bangunan
- [4] SNI 2847 - 2019 Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung dan penjelasan.
- [5] PKKI. (1961). *Departemen Pekerjaan Umum, Direktorat Jendral Ciptakarya, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan*.
- [6] SNI 03-1729-2022 Tata Cara Perencanaan Struktur Baja
- [7] Sagel R., dkk. (1993). *Pedoman Pengerjaan Beton Berdasarkan SKSNI T 15-1991-03*. Penerbit Erlangga.
- [8] Wigbout F. Ing. (1997). *Pedoman Tentang Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta: Erlangga.
- [9] Katalog Kumkang Kind 2018.