

Perhitungan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Pembangunan Struktur Atas Lantai Basement dan Podium 8 Lantai pada Gedung Apartemen Menggunakan *Aluminium Formwork*

Novia Dwi Handayani¹, Mohamad Khoiri², Ragil Purnamasari², Akhmad Yusuf Zuhdy², Aan Fauzi²

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya¹

Koresponden*, Email: novia2.handayani@gmail.com

Info Artikel	Abstract
Diajukan 06 Maret 2024	<p><i>This study discussed the calculation of time and cost in the construction of the upper structure of apartment building using aluminum formwork. Aluminium formwork was chosen by consideration of its advantages in implementation time, quality, and cost. The use of aluminium formwork is suitable for use on typical floors as apartment building. In addition, aluminium formwork is coherent with green building concept. Planning begins by determined construction method, then proceeds with the calculation of quantity, productivity, duration and RAP. Scheduling was carried out using PDM and Microsoft Project. Based on scheduling and work weights, S-Curve was made. The calculation results obtained duration of Aluminium Formwork implementation is 70 working days with total cost of Rp. 14,238,023,01. In contrast, using conventional method shows total cost is Rp. 13,893,023,48 and the duration is 103 working days. The use of aluminium formwork is more expensive by Rp. 1,050,531,78 and the work process is faster than conventional.</i></p>
Diperbaiki 28 Mei 2024	
Disetujui 15 Agustus 2025	

Keywords: aluminum formwork, volume, productivity, duration, implementation budget plan, scheduling, s curve.

Kata kunci: aluminium formwork, volume, produktivitas, durasi, rencana anggaran pelaksanaan, penjadwalan, kurva s

Abstrak

Penelitian ini membahas mengenai perhitungan waktu dan biaya pada pembangunan struktur atas pada gedung apartemen menggunakan *aluminium formwork*. *Aluminium formwork* dipilih dengan pertimbangan keunggulannya di berbagai aspek seperti dari segi waktu pelaksanaan, mutu, dan biaya. Penggunaan *aluminium formwork* cocok digunakan pada lantai tipikal seperti pada bangunan gedung apartemen. Selain itu *aluminium formwork* cocok dengan konsep green building yang diusung. Perencanaan diawali dengan menentukan metode pelaksanaan, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan volume, produktivitas, durasi, dan RAP (Rencana Anggaran Pelaksanaan). Penjadwalan dilakukan dengan visualisasi PDM (Precedence Diagram Metode) dan bantuan perangkat *Microsoft Project*. Berdasarkan penjadwalan dan bobot pekerjaan, kemudian dibuat kurva S. Hasil perhitungan didapatkan durasi pelaksanaan *Aluminium Formwork* adalah 70 hari kerja dengan total biaya pelaksanaan Rp. 14.238.023.010. Apabila menggunakan bekisting konvensional didapatkan hasil sebesar Rp. 13.893.023.482. dengan durasi 103 hari kerja. Penggunaan aluminium formwork lebih mahal sebesar Rp. 1.050.531.784. dan lebih cepat proses pekerjaannya dibandingkan bekisting konvensional.

1. Pendahuluan

Dalam pelaksanaan proyek untuk pekerjaan struktur khususnya pada pembangunan gedung terdapat 3 item yang sangat berpengaruh dalam keberlangsungannya. Item tersebut adalah pekerjaan pembesian, bekisting dan pengecoran. Dibutuhkan suatu teknologi yang mampu memaksimalkan ketiga item tersebut dan dapat memangkas beberapa proses yang bisa diefisiensikan. Pekerjaan beton (pengecoran) dan besi (pembesian) adalah item yang perkembangannya tidak terlalu signifikan. Beton hanya berkembang dalam hal kekuatan dan durabilitasnya atau metode pengecoran dengan alat bantu lainnya. Sedangkan untuk item besi hanya mampu berkembang sampai penggunaan alat bantu. Di sini terlihat bahwa pada item bekisting dapat kita tinjau dan dimaksimalkan pada proses pekerjaannya[1]. Perkembangan teknologi telah memunculkan inovasi dalam material konstruksi, salah

satunya adalah material bekisting. Terdapat beberapa aspek penting dalam inovasi bekisting yaitu biaya, kecepatan, kualitas, limbah dan HSE [2].

Pemilihan *aluminium formwork* dilakukan dengan mempertimbangkan keunggulannya pada berbagai aspek seperti dari segi waktu pelaksanaan, mutu, metode pekerjaan, maupun biaya. *Aluminium formwork* juga dinilai cocok untuk konsep green building. Dari segi durabilitas *aluminium formwork* mampu digunakan lebih dari 250 kali. Pada proses pekerjaannya tidak menyisakan limbah dan material aluminium yang sudah benar-benar rusak bisa dilebur kembali menjadi aluminium baru yang nantinya dapat dibuat bekisting lagi. Teknologi *aluminium formwork* adalah teknologi minim limbah di industri konstruksi dengan model pengelolaan *supply chain* yang ramah lingkungan, mampu mereduksi limbah dan penggunaan energi [3]. Hal ini cocok dengan konsep pembangunan lantai basement dan podium

pada gedung apartemen ini yang mengusung konsep *green building*. Bekisting aluminium cocok digunakan untuk konstruksi bangunan tinggi yang memiliki denah lantai standar dengan bentuk yang sederhana dan waktu konstruksi yang terbatas [4]. Bekisting aluminium digunakan pada bangunan apartemen dengan bidang yang sama dan memiliki keuntungan dapat digunakan kembali berkali-kali [5]. Bangunan apartemen ini mempunyai bentuk denah yang tipikal dari beberapa lantai bawah sampai lantai atas. Dimensi kolom setiap 8 lantai dibuat sama dan perletakannya juga sama dari lantai bawah sampai lantai atas. Untuk dimensi balok setiap lantai juga sama sehingga tidak mengubah perletakan posisi plat pada setiap lantainya. Hal ini juga dapat menjadi pertimbangan pemilihan bekisting aluminium dapat digunakan pada bangunan ini.

Penelitian ini akan menganalisa biaya dan waktu yang telah direncanakan dengan menggunakan bekisting aluminium pada lantai basement dan podium. Penentuan metode pelaksanaan mengacu pada RKS dan kondisi lapangan. Metode pelaksanaan menjadi dasar dari perhitungan waktu dan biaya pelaksanaan proyek. Durasi pekerjaan direncanakan dengan membagi volume perkerjaan dengan produktivitas alat dan pekerja. Rencana Anggaran Pelaksanaan merupakan jumlah total dari anggaran pelaksanaan tiap item pekerjaan. Kemudian dilakukan penjadwalan dengan bantuan perangkat *microsoft project*. Selanjutnya Kurva S dapat digunakan sebagai pengendali waktu pelaksanaan pembangunan proyek.

2. Metode

2.1 Aluminium Formwork

Bekisting aluminium adalah suatu sistem bekisting dimana komponennya terdiri dari panel-panel dan aksesoris lainnya yang terbuat dari aluminium. Bekisting aluminium dirancang sesuai dengan desain arsitektur bangunan, sehingga struktur beton yang jadi sudah mewakili tampak gedung yang terdiri dari kolom, balok, plat, tangga, dinding, fasad, sampai dengan *opening* untuk kusen pintu dan jendela [6]. Bekisting aluminium yang digunakan dalam penelitian ini, dapat digunakan sebanyak 250 kali, hal ini berbeda dengan bekisting konvensional yang umumnya dapat digunakan hanya 5 kali.

Sistem bekisting aluminium merupakan sebuah metode baru yang dikembangkan dimana material utamanya menggunakan alumunium yang berbentuk *puzzle* sehingga membentuk struktur bekisting. Setelah dibongkar bekisting alumunium dapat digunakan sebanyak 150-200 kali pemakaian sehingga jadwal kerja menjadi sangat ringan dan efisien. Panel standar bisa digunakan di proyek konstruksi

selanjutnya sekitar 60% sedangkan terdapat 40% panel custom yang tidak bisa dimanfaatkan lagi [7].

Berikut merupakan keunggulan dari penggunaan bekisting aluminium adalah:

1. Kecepatan

Aluminium formwork tersusun dari beberapa modul bentuk *puzzle*, sehingga dalam proses pengerjaannya dapat dilakukan secara cepat. Kecepatan *floor-to-floor* dapat ditempuh dalam waktu 4-6 hari dengan tenaga yang minim.
 2. Kualitas

Penggunaan bekisting aluminium memberikan dampak yang sangat baik karena kualitas yang dihasilkan. Dimulai dari sambungan antar panel yang konsisten, kepala kolom (*joint* pertemuan antara balok dan kolom) yang sangat rapi, serta hasil akhir yang halus dan rapi sehingga memudahkan pekerjaan *finishing*. Beton juga terhindar dari kerusakan gripih dan bunting serta sambungan beton yang tidak rapi karena penggunaan bekisting yang baik.
 3. *Green Concept*
 - a. *Durability*

Aluminium formwork mampu digunakan lebih dari 250 kali
 - b. *Recycle*

Apabila terdapat kerusakan pada bekisting maka dapat diperbaiki dengan mudah dan dapat digunakan kembali
 - c. *Reduce Wood Consumption*

Mengurangi penggunaan kayu dan limbah hasil penggunaannya
 - d. *Renewable Energy*

Material aluminium yang rusak dapat dilebur kembali menjadi aluminium baru yang dapat dibuat bekisting lagi[1].
- Perbandingan penggunaan bekisting konvensional dan aluminium dapat dilihat pada **Tabel 1**.
- Elemen dasar bekisting aluminium adalah panel yang berupa lembaran dan dihubungkan satu sama lain. Panel ini mempunyai berat yang ringan karena memiliki ketebalan yang tipis namun mampu menahan defleksi pembebanan beton pada saat pengecoran. Berikut komponen yang biasanya terdapat pada aluminium formwork:
1. *Slab Components*
 - *Slab Panel*
 - *Slab Prop Head*
 - *Mid/End Beam*
 - *Slab Corner*
 - *Beam Splice Bar*
 - *Prop Length*

2. *Wall Components*

- *Wall Panel*
- *External Corner*
- *Rocker*
- *Internal Corner*
- *Kicker*
- *Pin and Wedge*

3. *Beam Components*

- *Beam Panel*
- *Bulk Head Horizontal*
- *Beam Prop Head*
- *Soffit Corner Internal*
- *Beal Soffit Panel*
- *Soffit Corner External* [8]

Komponen tersebut berbeda dengan komponen bekisting konvensional yang umumnya hanya terdiri dari kayu, papan plywood, dan paku. Pada bekisting konvensional umumnya komponen dapat digunakan pada semua elemen struktur.

Tabel 1. Perbandingan penggunaan bekisting konvensional dan aluminium

Variabel	Bekisting Konvensional	Bekisting Aluminium
Kecepatan	7 – 8 hari (<i>floor to floor</i>)	5 -7 hari (<i>floor to floor</i>)
Mutu (<i>quality</i>)	Beton kurang rapi/halus	Beton rapi dan halus
K3 (<i>Safety</i>)	<i>Re-shoring</i>	<i>Fix Shoring</i>
Limbah (<i>waste</i>)	Banyak sampah kayu	Bahan utama tidak menghasilkan sampah
Reusable	4 – 6 kali Feleksibel – Pemindahan menggunakan TC (<i>Tower Crane</i>)	150 – 250 kali Harus sesuai perencanaan – Pemindahan tanpa TC (<i>Tower Crane</i>)
Pelaksanaan	Di daerah tangga tertinggal	Satu kesatuan dinding tangga
Dinding Luar (<i>façade</i>)	Menggunakan <i>pre-cast</i>	<i>Cor in situ</i>
<i>Manpower</i>	Harus ada ahli kayu dan gergaji (70 – 80 orang/1000 m ²)	Tidak membutuhkan keterampilan khusus (40 – 45 orang/1000 m ²)

Dalam pelaksanaan pekerjaan *aluminium formwork*, bekisting digunakan untuk elemen struktur kolom, shearwall, balok, plat dan tangga. Urutan langkah pekerjaan dijelaskan sebagai berikut:

1. Pekerjaan persiapan dan pengukuran

Tahap pertama ialah melakukan marking dari zona pekerjaan. Kemuadian mempersiapkan semua dokumen administrasi seperti *shop drawing*, *sell drawing* dan lain-lain.

2. Pekerjaan Formwork

Tahap kedua memasuki pekerjaan bekisting, dimulai dengan pelumasan minyak bekisting, instalasi besi vertikal dan pemasangan bekisting diantaranya:

- a. Pasang panel vertikal (kolom dan *shearwall*)
- b. Pasang *bracket* dan *hollow*
- c. Pasang bekisting *slab*

3. Pengecoran

4. Pembongkaran Bekisting

Adapun empat tahapan fase konstruksi pada siklus proyek konstruksi dimana *shoring/reshore* digunakan, yaitu:

1. Fase 1
Pemasangan *shoring* dan bekisting diikuti dengan pengecoran pelat lantai
2. Fase 2
Pengangkatan *shoring* dan bekisting yang memungkinkan pelat untuk deflect dan memikul berat sendiri plat
3. Fase 3
Pelepasan *shoring reshore* pada tingkat interkoneksi terendah
4. Fase 4
Penempatan *reshoring* tanpa awalannya membawa beban apapun [9]

2.2 Perhitungan Volume

Perhitungan volume dapat dideskripsikan sebagai berikut:

1. Volume Pembesian
Volume pekerjaan besi dihitung dengan Persamaan (1) sebagai berikut:

$$\text{Volume (kg)} = \text{Berat (kg/m)} \times \text{Panjang (m)} \quad (1)$$

2. Volume Bekisting
Volume Bekisting dihitung dengan Persamaan (2) sebagai berikut

$$\text{Volume bekisting} = \text{panjang (m)} \times \text{lebar (m)} \quad (2)$$

3. Volume Pengecoran
Volume pengecoran dihitung sesuai volume masing-masing struktur. Perhitungan volume tanpa dikurangi dengan volume tulangan di dalamnya Persamaan (3) adalah :

$$\text{Vol. Pengecoran(m}^3\text{)} = \text{panjang (m)} \times \text{lebar (m)} \times \text{tinggi (m)} \quad (3)$$

2.3 Perhitungan Produktivitas dan Durasi

Perhitungan produktivitas dan durasi pekerjaan dengan Persamaan (4), (5), (6), dan (7).

1. Produktivitas dan Durasi Pembesian [10]

Produktivitas fabrikasi =

$$\text{jumlah alat} \times \text{kapasitas produksi} \times \text{jam kerja} \quad (4)$$

2. Kapasitas Produksi [10]

$$= \frac{\text{Jumlah pekerja}}{\text{Jam Kerja tiap 100 buah}} \times 100 \text{ buah} \quad (5)$$

$$\text{Durasi fabrikasi} = \frac{\text{Jumlah potongan / bengkok / kait}}{\text{Produktivitas / hari}} \quad (6)$$

$$\text{Durasi pemasangan} = \frac{\text{Volume pemasangan}}{\text{Produktivitas / hari}} \quad (7)$$

3. Produktivitas dan Durasi Bekisting

Berikut adalah analisa perhitungan produktivitas pekerja pada bekisting *aluminium formwork* menurut rujukan [11]. Dari data yang telah dikumpulkan dan dilakukan analisa perhitungan dengan berbagai penyesuaian faktor dari pekerja didapatkan:

$$\text{Waktu standar perakitan} = 2,423 \text{ menit/m}^2$$

$$\text{Jumlah pekerja} = 5 \text{ orang}$$

$$\text{Jam kerja per hari} = 8 \text{ jam/hari}$$

4. Produktivitas dan Durasi Pengecoran

Durasi pengecoran didapatkan dengan Persamaan (8) sebagai berikut [10]

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume}}{\text{Produktivitas Pengecoran}} \quad (8)$$

2.4 Rencana Anggaran Biaya

Pada umumnya terdapat 3 aspek yang menjadi pertimbangan dalam perhitungan anggaran biaya pelaksanaan yakni:

1. Upah Kerja

Perhitungan upah pekerja dipengaruhi oleh berbagai aspek antara lain: durasi jam kerja yang ditetapkan untuk tiap pekerjaan, kondisi lingkungan pekerjaan, ketrampilan, dan keahlian dari pekerja yang akan dipekerjakan.

2. Alat-alat Konstruksi

Suatu peralatan yang diperlukan untuk suatu jenis konstruksi meliputi: bangunan-bangunan sementara, mesin-mesin, alat-alat tangan. Perhitungan anggaran biaya alat-alat konstruksi berhubungan dengan masa pakai alat tersebut, lama durasi pemakaian alat, dan besarnya volume pekerjaan yang akan diselesaikan. Biaya alat-alat konstruksi juga mencakup biaya sewa alat, biaya pengangkutan alat, biaya pemasangan alat, biaya pemindahan lokasi penempatan alat di lapangan, biaya pembongkaran alat saat pekerjaan sudah selesai, dan biaya operasional alat. Satuan anggaran biaya dari peralatan dapat dipakai per jam dari durasi jam kerja alat tersebut atau dari satuan volume pekerjaan yang dikerjakan oleh alat tersebut.

3. Bahan Material

Perhitungan anggaran biaya bahan material didasarkan dari daftar yang telah dibuat oleh *quantity surveyor*. Pembuatan daftar harga bahan material memakai harga bahan material ditempat pekerjaan, sehingga sudah mencakup biaya

transportasi ke lokasi proyek, biaya menaikan serta menurunkan bahan material, pengepakan, penyimpanan sementara di gudang, pemeriksaan kualitas, dan asuransi [10].

2.5 Waktu Penjadwalan

Penjadwalan proyek konstruksi merupakan alat untuk menentukan waktu yang dibutuhkan oleh suatu kegiatan dalam penyelesaian. Di samping itu, juga sebagai alat untuk menentukan kapan mulai dan selesaiya kegiatan-kegiatan tersebut. Perencanaan penjadwalan pada proyek konstruksi, secara umum terdiri dari penjadwalan waktu, tenaga kerja, peralatan, material, dan keuangan. Ketepatan penjadwalan dalam pelaksanaan proyek sangat berpengaruh pada terhindarnya banyak kerugian, misalnya pembengkakan biaya konstruksi, keterlambatan penyerahan proyek, dan perselisihan atau klaim [12].

2.6 Kurva S

Kurva S adalah hasil plot dari barchart, bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan yang masuk dalam suatu jangka waktu pengamatan progres pelaksanaan proyek [12]. Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam membuat sebuah Kurva S Recana adalah sebagai berikut:

1. Menghitung Persen Bobot Biaya Setiap Pekerjaan
2. Membagi Persen Bobot Biaya Pekerjaan pada Durasi
3. Menjumlahkan Persen Bobot Biaya Pekerjaan pada Setiap Lajur Waktu
4. Menghitung Kumulatif dari Persen Bobot Biaya Pekerjaan pada Lajur Persen Kumulatif Bobot Biaya
5. Membuat Kurva S berdasarkan Persen Kumulatif Bobot Biaya [10], [12].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Kumkang Kind Aluminium Formwork

Kumkang kind adalah produk *aluminium formwork* yang berasal dari Korea Selatan yang berbentuk puzzle dan disusun sehingga dapat terbentuk satu kesatuan bekisting. Perencanaan arsitektur harus dilakukan supaya bekisting dapat terbentuk satu kesatuan utuh pada kolom, balok, plat, tangga dan fasad. *Aluminium formwork* dirasa cukup ringan sehingga tidak diperlukan alat berat untuk proses pemindahannya. Bekisting ini dapat digunakan sebanyak 150-200 kali pemakaian [1].

Penggunaan Aluminium *Formwork* pada perencanaan pembangunan dapat dilihat pada **Gambar 1**.

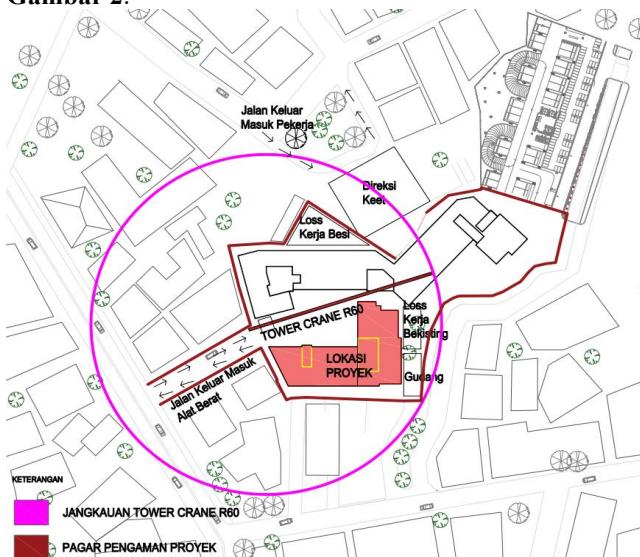


Gambar 1. Satu set *Aluminium Formwork*

3.2 Data Umum Proyek

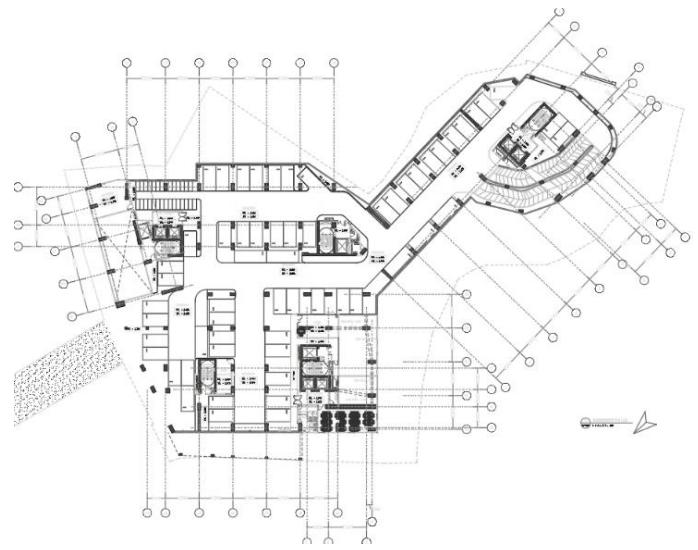
Nama Proyek	: Lantai Basement dan Podium 8 lantai pada Gedung Apartemen
Jumlah Lantai	: 2 lantai basement, 6 lantai podium
Level Terendah Bangunan	: -5.800 m
Level Tertinggi Bangunan	: +18.250 m
Luas Bangunan	: 5.532,422 m ²
Jenis Kontrak	: <i>Lump Sum Fixed Price</i>
Sistem Pembayaran	: <i>Monthly Progress</i>

Siteplan lokasi gedung apartemen dapat dilihat pada Gambar 2.



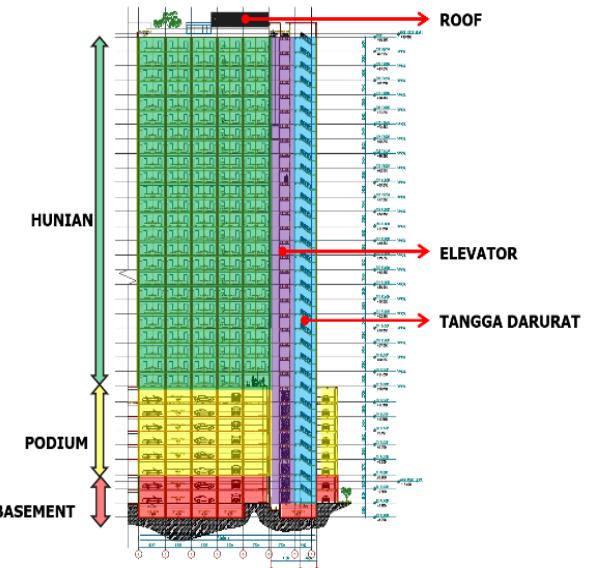
Gambar 2. Siteplan Proyek

Denah gedung apartemen dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Denah Gedung

Gambar potongan gedung apartemen dapat dilihat pada Gambar 4.

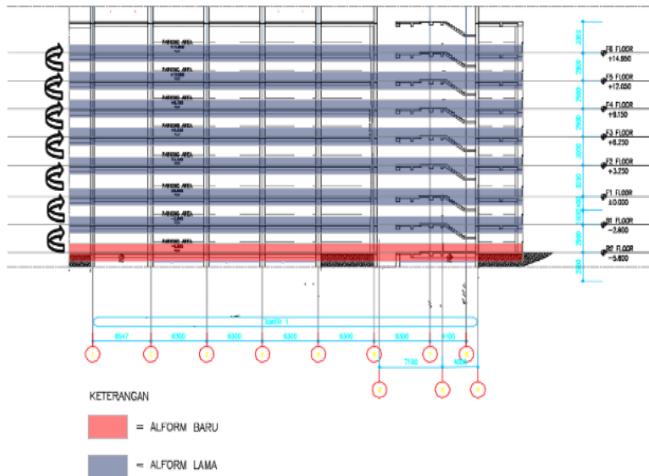


Gambar 4. Potongan Gedung Apartemen

3.3 Penggunaan Material *Aluminium Formwork*

Perencanaan pembelian bekisting aluminium pada proyek dilakukan dengan menguraikan penggunaan material *aluminium formwork* sebagai berikut:

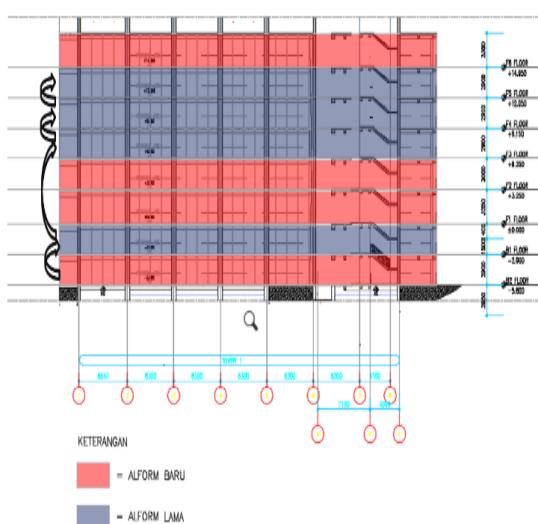
- Satu set *aluminium formwork* pada balok dan plat digunakan untuk seluruh lantai dari lantai B2 sampai P6.
- Pemakaian *Aluminium Formwork* Balok dan Plat juga dijelaskan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pemakaian *Aluminium Formwork* pada Balok dan Plat

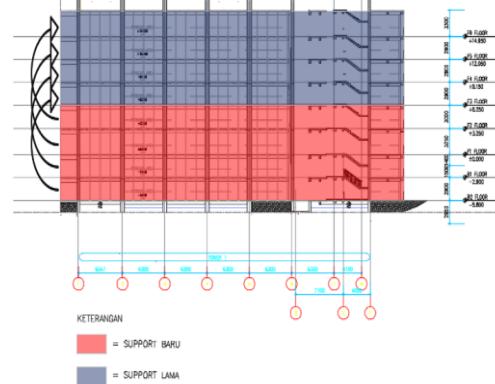
- Satu set *aluminium formwork* kolom, shearwall, corewall, dan tangga dengan ukuran tinggi yang sama digunakan untuk 5 lantai yaitu lantai B2, B1, P3, P4 dan P5
- Satu set *aluminium formwork* kolom, shearwall, corewall, dan tangga dengan ukuran tinggi yang sama digunakan hanya untuk satu lantai yaitu lantai P1.
- Satu set *aluminium formwork* kolom, shearwall, corewall, dan tangga dengan ukuran tinggi yang sama digunakan hanya untuk satu lantai yaitu lantai P2.
- Satu set *aluminium formwork* kolom, shearwall, corewall, dan tangga dengan ukuran tinggi yang sama digunakan hanya untuk satu lantai yaitu lantai P6.

Pemakaian *Aluminium Formwork* kolom juga dijelaskan pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Pemakaian *Aluminium Formwork* pada Struktur Vertikal

- Support untuk balok dan plat dapat digunakan secara berulang sebanyak 2 kali. Penggunaan support pada *aluminium formwork* balok dan plat dijelaskan pada Gambar 7.



Gambar 7. Pemakaian Support pada *Aluminium Formwork* Balok dan Plat

3.4 Perhitungan Produktivitas dan Durasi Pekerjaan Bekisting

Berikut merupakan contoh perhitungan produktivitas pada pekerjaan plat dengan *Aluminium Formwork* dan Bekisting Konvensional dengan volume sebesar 255,36 m²

1. Pemasangan Aluminium Formwork

• Tenaga Kerja yang dipakai:

$$\begin{aligned} \text{Mandor} &= 1 \text{ orang} \times 8 \text{ jam/hari} \\ &= 8 \text{ jam/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tukang Alform} &= 8 \text{ orang} \times 8 \text{ jam/hari} \\ &= 64 \text{ jam/hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total pekerja} &= 9 \text{ orang} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total jam kerja} &= 72 \text{ jam/hari} \end{aligned}$$

• Produktivitas

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas pasang} &= \frac{72 \text{ jam/hari}}{0,202 (\frac{\text{jam}}{\text{m}^2})} \\ &= 356,583 \text{ m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Produktivitas oles minyak} &= \frac{72 \text{ jam/hari}}{0,05 (\frac{\text{jam}}{\text{m}^2})} \\ &= 1440 \text{ m}^2/\text{hari} \end{aligned}$$

• Durasi

$$\begin{aligned} \text{Durasi pasang} &= \frac{255,36 \text{ m}^2}{356,583 \text{ m}^2/\text{hari}} \\ &= 0,716 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Durasi oles minyak} &= \frac{255,36 \text{ m}^2}{1440 \text{ m}^2/\text{hari}} \\ &= 0,177 \text{ hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Durasi} &= 0,893 \text{ hari} \sim 1 \text{ hari} \end{aligned}$$

2. Pemasangan Bekisting Konvensional

- **Tenaga Kerja yang dipakai:**

Mandor	= 1 orang x 8 jam/hari
	= 8 jam/hari
Tukang Kayu	= 5 orang x 8 jam/hari
	= 40 jam/hari
Pekerja	= 10 orang x 8 jam/hari
	= 80 jam/hari
Total pekerja	= 16 orang
Total jam kerja	= 128 jam/hari

- **Produktivitas**

$$\text{Produktivitas setel} = \frac{128 \text{ jam/hari}}{5,5 \left(\frac{\text{jam}}{\text{m}^2} \right)} \times 10 \text{ m}^2 \\ = 232,727 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Produktivitas oles minyak} = \frac{128 \text{ jam/hari}}{0,5 \left(\frac{\text{jam}}{\text{m}^2} \right)} \times 10 \text{ m}^2 \\ = 2560 \text{ m}^2/\text{hari}$$

$$\text{Produktivitas pasang} = \frac{128 \text{ jam/hari}}{3 \left(\frac{\text{jam}}{\text{m}^2} \right)} \times 10 \text{ m}^2$$

$$= 426,667 \text{ m}^2/\text{hari}$$

3. Durasi

$$\text{Durasi pasang} = \frac{255,36 \text{ m}^2}{232,727 \text{ m}^2/\text{hari}} \\ = 1,097 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi oles minyak} = \frac{255,36 \text{ m}^2}{2560 \text{ m}^2/\text{hari}} \\ = 0,100 \text{ hari}$$

$$\text{Durasi oles minyak} = \frac{255,36 \text{ m}^2}{426,667 \text{ m}^2/\text{hari}} \\ = 0,598 \text{ hari}$$

$$\text{Total Durasi} = 1,795 \text{ hari} \sim 2 \text{ hari}$$

3.5 Perhitungan Harga *Aluminium Formwork*

Daftar harga *Aluminium Formwork/m²* dijabarkan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Harga *Aluminium Formwork/m²*

Desc.	Unit	Sales	Buy Back (25 %)	Transport	Amount
Alform Kolom	m ²	Rp 2.323.747,50	Rp 580.936,88	Rp 2.827,85	Rp 1.745.638,48
Alform Shearwall	m ²	Rp 2.323.747,50	Rp 580.936,88	Rp 2.827,85	Rp 1.745.638,48
Alform Corewall	m ²	Rp 2.323.747,50	Rp 580.936,88	Rp 2.827,85	Rp 1.745.638,48
Alform Tangga	m ²	Rp 2.323.747,50	Rp 580.936,88	Rp 2.827,85	Rp 1.745.638,48
Alform Balok	m ²	Rp 2.323.747,50	Rp 580.936,88	Rp 2.827,85	Rp 1.745.638,48
Alform Slab	m ²	Rp 2.323.747,50	Rp 580.936,88	Rp 2.827,85	Rp 1.745.638,48
Support	pcs	Rp 433.766,20			Rp 433.766,20
Reusable Ties	pcs	Rp 154.916,50			Rp 154.916,50

Berdasarkan daftar harga pada **Tabel 2** maka dapat ditentukan harga kebutuhan *aluminium formwork* untuk plat lantai adalah:

Penggunaan material *aluminium formwork* pada plat digunakan secara berulang untuk seluruh lantai. Sedangkan penggunaan support digunakan untuk dua kali pemakaian.

1. Alform Slab = 255,36 m² x 0,125 x Rp 1.745.638,48
= Rp. 55.720.314,01
2. Support = 215 pcs x 0,5 x Rp. 433.766,20
= Rp. 46.629.866,50
3. Minyak = 255,36 m² x 0,200 x Rp. 16.800
= Rp. 858.002,42

Total biaya material = Rp. 103.208.182,94

3.6 Rencana Anggaran Pelaksanaan

Rekapitulasi hasil perhitungan Rencana Anggaran Pelaksanaan pada lantai basement dan podium 8 lantai pada gedung apartemen dijabarkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Perbandingan Biaya Metode Aluminium Formwork dan Bekisting Konvensional

Lant.	Jumlah Harga		
	Aluminium Formwork	Bekisting Konvensional	Selisih
B2	Rp 1.761.361.014	Rp 1.621.121.332	Rp 140.239.683
B1	Rp 1.750.087.476	Rp 1.609.847.794	Rp 140.239.683
P1	Rp 1.903.601.302	Rp 1.774.729.368	Rp 128.871.934
P2	Rp 1.759.972.018	Rp 1.654.804.352	Rp 105.167.666
P3	Rp 1.711.569.751	Rp 1.571.330.068	Rp 140.239.683
P4	Rp 1.711.569.751	Rp 1.649.292.352	Rp 62.277.399
P5	Rp 1.711.569.751	Rp 1.585.569.852	Rp 125.999.899
P6	Rp 1.928.291.947	Rp 1.720.796.110	Rp 207.495.837
Total	Rp 14.238.023.010	Rp 13.187.491.226	Rp 1.050.531.784

3.7 Penjadwalan

Penjadwalan dilakukan dengan metode *Precedence Diagram Method* dengan program bantu *Microsoft Project*. *Precedence Diagram Method* adalah salah satu cara membuat penjadwalan dengan mengatur hubungan setiap pekerjaan pada kolom “*Predecessors*” pada Microsoft Project. *Predecessors* yang digunakan adalah FS (*Finish to*

Start) yang artinya suatu pekerjaan dapat dimulai apabila pekerjaan sebelumnya sudah selesai.

Urutan pekerjaan *aluminium formwork* yang nantinya dapat digunakan untuk penentuan *predecessors* pada *Microsoft Project* dijelaskan pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Urutan Produktivitas Pekerjaan *Aluminium Formwork*

No	Aktivitas Pekerjaan	Hari ke-						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Pembesian Vertikal							
2	Bekisting Vertikal							
3	Bekisting Horizontal							
4	Pembesian Horizontal							
5	Pengcoran							
6	Pembongkaran Bekisting							
7	Pembongkaran Support							

Dari tata cara perhitungan produktivitas dan durasi pada Persamaan (4)-(8) dan dengan bantuan penjadwalan menggunakan *Microsoft Project* diperoleh hasil perhitungan durasi pada lantai basement dan podium 8 lantai pada gedung apartemen pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Durasi Pelaksanaan per Lantai

Lantai	Durasi (hari kerja)		Selisih (hari kerja)
	Aluminium Formwork	Bekisting Konvensional	
B2	14	29	15
B1	16	29	13
P1	18	29	11
P2	20	29	9
P3	20	29	9
P4	20	29	9
P5	20	29	9
P6	20	29	9

Setelah dilakukan perhitungan produktivitas, durasi serta penjadwalan maka didapatkan durasi total pada pekerjaan *Aluminium Formwork* sebesar 70 hari kerja dan untuk pekerjaan bekisting konvensional sebesar 103 hari kerja sehingga selisih durasi pekerjaan sebesar 33 hari kerja.

4. Simpulan

Berdasarkan hasil Analisa perhitungan waktu dan biaya pelaksanaan pembangunan Lantai Basement dan Podium 8 Lantai pada Gedung Apartemen serta pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka didapatkan kesimpulan:

1. Metode pelaksanaan pekerjaan struktur atas lantai basement dan podium 8 lantai pada gedung apartemen yaitu dengan mengganti bekisting konvensional dengan *aluminium formwork* yang dilakukan sesuai teori dan referensi dari berbagai literatur serta dikaitkan dengan analisa lapangan. Metode pelaksanaan tersebut meliputi kolom, balok, pelat, shearwall, corewall dan tangga.
2. Waktu yang dibutuhkan dalam dibutuhkan dalam pelaksanaan pekerjaan struktur atas lantai basement dan podium 8 lantai pada Gedung Apartemen menggunakan *aluminium formwork* adalah selama 70 hari kerja. Sedangkan apabila menggunakan bekisting konvensional, waktu yang dibutuhkan selama 103 hari kerja.
3. Biaya yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pekerjaan struktur atas lantai basement dan podium 8 lantai pada gedung apartemen menggunakan *aluminium formwork* adalah Rp. 14.238.023.010. Sedangkan apabila menggunakan bekisting konvensional adalah Rp. 13.187.491.226. Selisih harga kedua metode ialah Rp. 1.050.531.784.

Daftar Pustaka

- [1] PT. PP (Persero) Tbk., *ALFORM EFFECT - Perubahan Paradigma untuk Efektivitas Pelaksanaan Proyek Gedung*. Tangerang Selatan: Tim Proyek AYOMA Apartment, 2018.
- [2] G. Abdunnafi, M. Agung Wibowo, and B. Purwanganono, “Kajian Perbandingan Pengaruh Penggunaan Bekisting Aluminium dan Perth Construction Hire (PCH) dalam Mewujudkan Lean Construction,” 2021.
- [3] A. Bintang Galaxy and M. Agung Wibowo, “Penghambat dan Pendorong Green Supply Chain Management (Studi Kasus : Aluminium Formwork),” 2021.
- [4] F. Dong, “Study on the green construction technology model of aluminum alloy formwork based on multi factor coupling,” *Chem Eng Trans*, vol. 55, pp. 271–276, 2016, doi: 10.3303/CET1655046.
- [5] B. Lee, H. Choi, B. Min, and D. E. Lee, “Applicability of formwork automation design software for aluminum formwork,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 24, pp. 1–9, Dec. 2020, doi: 10.3390/app10249029.
- [6] D. Saptatiansah, “Analisis Perbandingan antara Pekerjaan Pemasangan Bekisting Konvensional

- [7] dengan Bekisting Aluminium ditinjau dari Segi Biaya dan Waktu pada Kolom,” 2021.
- [8] P. Oktavia, I. Ketut Sucita, K. Kunci, B. Aluminium, and H. Sewa, Biaya, “Biaya Sewa Bekisting Metode Sistem Penuh dengan Material Aluminium,” 2020.
- [8] R. Thiyagarajan, V. Panneerselvam, and K. Nagamani, “Aluminium Formwork System Using In Highrise Buildings Construction,” *International Journal of Advanced Research in Engineering and Technology*, vol. 8, no. 6, pp. 29–41, 2017, [Online]. Available: <http://www.iaeme.com/IJARET/index.asp?29http://www.iaeme.com/ijaret/issues.asp?JType=IJARET&VType=8&IType=6http://www.iaeme.com/ijaret/issues.asp?JType=IJARET&VType=8&IType=6http://www.iaeme.com/IJARET/index.asp?30>
- [9] Y. A. Priastiwi, S. Silviana, and R. Purwaningsih, “Kumkang, Sistem Konstruksi Bekisting Alumunium Formwork dengan Konsep Green Construction,” *Jurnal Profesi Insinyur Indonesia*, vol. 1, no. 6, Aug. 2023, doi: 10.14710/jpii.2023.18429.
- [10] S. Sastraatmadja, *Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan*. Bandung: Nova, 1984.
- [11] P. A. P. Suwandi, I. T. Husodo, and M. W. Suryadi, “Value Engineering in the Implemetation of Kumkang Formwork (Case Study: The Alton Apartment Project in Semarang Indonesia),” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Sep. 2020. doi: 10.1088/1742-6596/1625/1/012012.
- [12] M. T. Ir. Irika Widiasanti and M. Lenggogeni, *Manajemen Konstruksi*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2013.

Halaman ini sengaja dikosongkan