

Perhitungan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Pengembangan Menara 17 PWNU Jatim Menggunakan *Aluminium Formwork*

Almas Hafizhah, Mohamad Khoiri, dan Ragil Purnamasari
Departemen Teknik Geofisika, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
e-mail: mkhoiri@ce.its.ac.id.

Abstrak—Penggunaan bahan bangunan material beton pada proyek konstruksi digunakan di hampir seluruh komponen struktur bangunan konstruksi. Untuk menopang berat beton dan pekerja di atasnya, bekisting yang digunakan sebagai cetakan beton harus kuat, kaku, dan kokoh. Untuk memotong biaya, disarankan untuk penggunaan material bekisting secara berulang. Proyek akhir ini merencanakan manajemen konstruksi pada proyek Pembangunan Menara 17 PWNU JATIM Kota Surabaya yang berlokasi di Jl. Masjid Al-Akbar Timur No. 9, Kota Surabaya, Jawa Timur dengan 17 lantai dan atap. Proyek akhir ini merencanakan dan menghitung biaya serta waktu penggantian metode pelaksanaan dari yang sebelumnya menggunakan metode bekisting konvensional menjadi metode bekisting aluminium formwork mulai dari lantai 2 sampai lantai 17. Hal ini dikarenakan proyek memiliki desain lantai tipikal. Penyusunan proyek akhir dimulai dari mengidentifikasi item pekerjaan, kemudian menghitung volume dan produktivitas pekerjaan yang akan digunakan dalam menentukan durasi setiap item pekerjaan sehingga dapat menyusun penjadwalan. Hasil analisa perhitungan waktu diperoleh selama 316 hari kerja dan biaya pelaksanaan sebesar Rp51.705.176.000,00.

Kata Kunci—*Aluminium Formwork*, Biaya Pelaksanaan, Penjadwalan, Waktu Pelaksanaan.

I. PENDAHULUAN

PENGGUNAAN bahan bangunan material beton pada proyek konstruksi digunakan di hampir seluruh komponen struktur bangunan konstruksi. Bekisting dapat digunakan untuk membuat bentuk beton dan pengerasan yang sesuai dengan rencana. Untuk menopang berat beton dan pekerja di atasnya, bekisting yang digunakan harus kuat, kaku, dan kokoh. Penggunaan material bekisting yang berulang disarankan untuk memotong biaya karena hal itu dapat menurunkan biaya beton pada proyek sekitar 40-60% [1].

Jenis bekisting yang dipilih akan menentukan biaya, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan proyek, dan tingkat kualitas konstruksi. Untuk mencapai hasil yang terbaik, pekerjaan bekisting harus direncanakan seefektif mungkin. Pekerjaan bekisting merupakan salah satu tugas yang harus diselesaikan karena menjadi penunjang untuk pekerjaan lainnya dalam suatu proyek pembangunan. Bekisting berfungsi sebagai cetakan sementara beton yang dirancang untuk menahan beban dan ukuran, sehingga sesuai dengan rencana. Ketika beton yang dituang telah mencapai kekuatan yang cukup, maka bekisting akan dilepas atau dibongkar [2].

Di Indonesia, ada tiga bentuk bekisting yang berbeda yakni bekisting konvensional, bekisting semi sistem, dan bekisting

Tabel 1.
Perbedaan Bekisting Konvensional dan Bekisting Aluminium Formwork

Variabel	Bekisting Konvensional	Bekisting Aluminium Formwork
Umur	Memiliki umur yang pendek	Memiliki umur yang panjang
Reusable	4 – 6 kali	150-200 kali
Biaya Awal	Biaya awal rendah	Biaya awal tinggi
Pelaksanaan	Membutuhkan tenaga kerja ahli kayu	Tidak membutuhkan tenaga kerja ahli
Limbah	Menghasilkan limbah kayu	Tidak menghasilkan limbah
Mutu	Permukaan beton kurang rapi/halus	Permukaan beton rapi/halus

sistem [3]. Namun dalam penggunaannya, di Indonesia pekerjaan bekisting masih banyak menggunakan metode bekisting konvensional yang menggunakan material kayu, *multiplex*, dan papan. Bekisting konvensional umumnya hanya dapat digunakan 2 (dua) hingga 3 (tiga) kali pekerjaan sehingga akan menimbulkan adanya sisa atau wasted material.

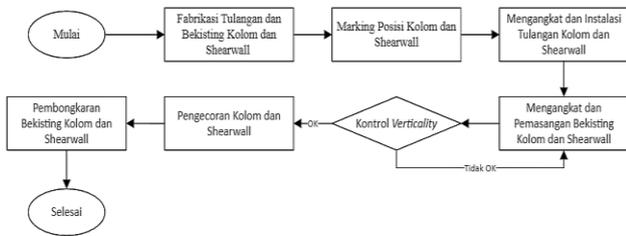
Proyek akhir ini merencanakan penggantian bekisting konvensional menjadi bekisting *aluminium formwork* mulai lantai 2 hingga lantai 17 untuk struktur kolom, balok, pelat, *shearwall*, dan tangga pada proyek Pembangunan Menara 17 PWNU JATIM Kota Surabaya yang memiliki struktur lantai yang tipikal sehingga cocok menggunakan *Aluminium Formwork*. Perhitungan waktu atau durasi pelaksanaan ditentukan dengan menghitung total volume suatu pekerjaan dibagi dengan kapasitas produksi tiap pekerjaan. Biaya pelaksanaan meliputi biaya yang diperlukan dalam penyediaan tenaga kerja, alat, dan bahan material.

Penjadwalan proyek menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM) dengan program bantu *Microsoft Project* untuk mengetahui lintasan kritis aktivitas proyek. Perhitungan anggaran biaya mengacu pada harga satuan daerah dan survei lapangan. Hasil proyek akhir ini berupa metode pelaksanaan, waktu total pelaksanaan, penjadwalan proyek, dan biaya total pelaksanaan pada proyek Pembangunan Menara 17 PWNU JATIM Kota Surabaya.

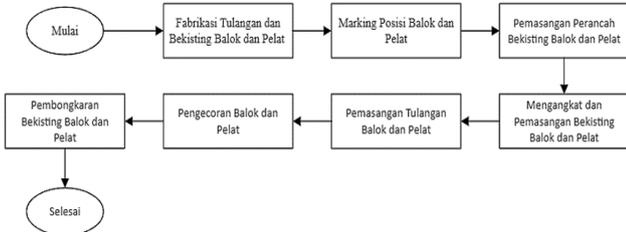
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Bekisting

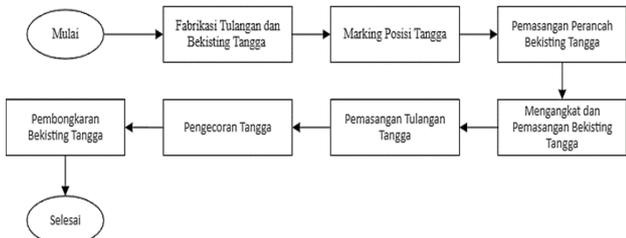
Bekisting adalah konstruksi yang membantu dalam mencetak beton sesuai dengan rencana. Setelah melewati waktu tertentu, beton akan mengeras dan mampu menahan beban sendiri, sehingga bekisting akan dilepaskan dan dirakit kembali pada bagian bangunan yang lain. Aspek yang wajib



Gambar 1. Bagan Alir Pekerjaan Kolom dan Shearwall.



Gambar 2. Bagan Alir Pekerjaan Batok dan Pelat.



Gambar 3. Bagan Alir Pekerjaan Tangga.

diperhatikan dalam pemasangan bekisting yakni beban yang ditopang, penggunaan bekisting, faktor cuaca, dan kesusutan scaffolding karena getaran serta beban yang tidak rata [4].

Aluminium Formwork adalah salah satu jenis perkembangan teknologi baru dari sistem bekisting. *Aluminium formwork* merupakan bekisting berbentuk modul *puzzle* yang lebih ringan dari bekisting baja. Seluruh komponennya terbuat dari aluminium dan fabrikasi dilakukan di pabrik.

Bekisting jenis ini dapat digunakan berulang hingga 150-200 kali sehingga cocok untuk konstruksi high-rise building lantai tipikal [5]. Perbedaan Bekisting Konvensional dan Bekisting *Aluminium Formwork* ditunjukkan pada Tabel 1.

B. Item Pekerjaan Struktur Atas

Adapun tahapan pekerjaan struktur atas meliputi:

1) Kolom dan Shearwall

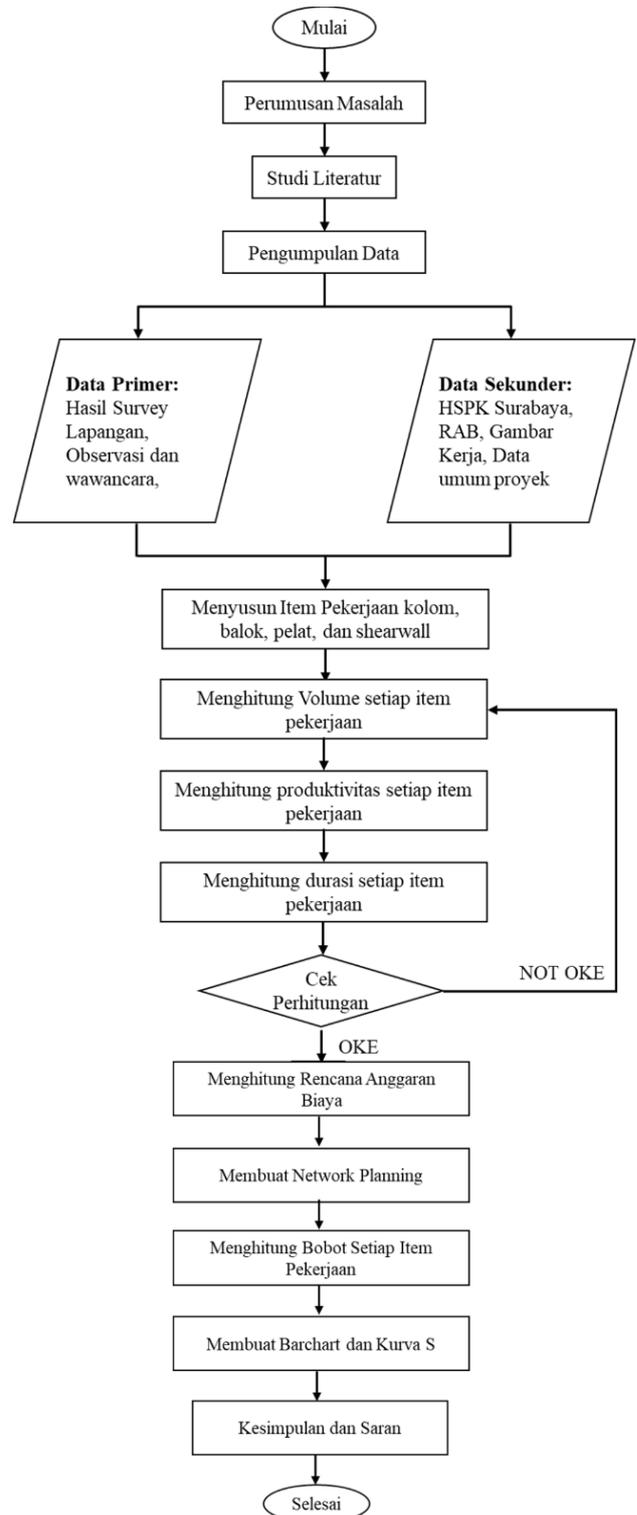
Tahapan pekerjaan kolom dan shearwall secara umum terdiri dari fabrikasi tulangan, pemasangan tulangan, pemasangan bekisting, pengecoran, dan pembongkaran bekisting. Gambar 1 adalah penggambaran aktivitas pekerjaan kolom dan shearwall.

2) Batok dan Pelat

Tahapan pekerjaan kolom dan shearwall secara umum terdiri dari fabrikasi tulangan, pemasangan tulangan, pemasangan bekisting, pengecoran, dan pembongkaran bekisting. Bagan alir penggambaran aktivitas pekerjaan balok dan pelat dapat dilihat pada Gambar 2.

3) Tangga

Tahapan pekerjaan tangga secara umum terdiri dari fabrikasi tulangan, pemasangan tulangan, pemasangan



Gambar 4. Diagram Alir Metodologi.

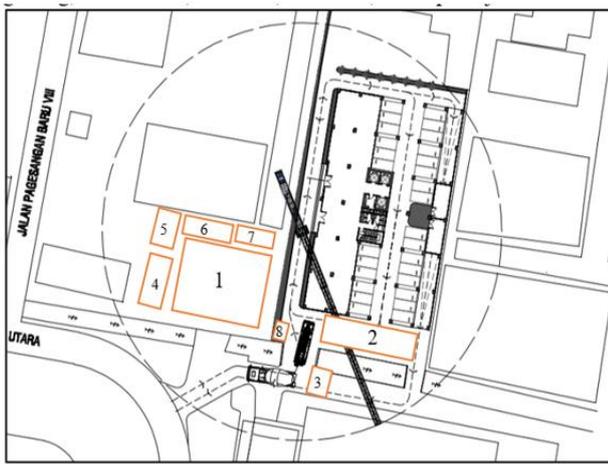
bekisting, pengecoran, dan pembongkaran bekisting. Gambar 3 adalah penggambaran aktivitas pekerjaan tangga.

C. Perhitungan Volume

Perhitungan volume mengacu pada gambar kerja proyek. Setelah memperoleh hasil volume, selanjutnya dapat menghitung durasi dan biaya untuk suatu item pekerjaan.

D. Perhitungan Tenaga Kerja

Jumlah tenaga kerja maksimal untuk tiap-tiap item pekerjaan berdasarkan pada koefisien HSPK Kota Surabaya Tahun 2021.



1. Stock Yard
2. Fabrikasi Besi
3. Direksi Keet
4. Gudang
5. Barak Pekerja
6. Kantin
7. Musholla dan Kamar Mandi
8. Pos Satpam

Gambar 5. Layout Proyek.

E. Perhitungan Durasi

Durasi pekerjaan pembesian meliputi durasi pemotongan besi, pembengkokan besi, dan pemasangan tulangan. Sebelum menghitung durasi, perlu dilakukan perhitungan produktivitas. Durasi pekerjaan bekisting meliputi durasi menyetel, memasang, membongkar, membersihkan, dan memperbaiki. Sebelum menghitung durasi, perlu dilakukan perhitungan produktivitas. Durasi pengecoran dipengaruhi oleh metode pelaksanaan pekerjaan pengecoran.

F. Rencana Anggaran Biaya Pelaksanaan

Terdapat tiga hal pokok dalam perhitungan biaya, yakni biaya material, biaya pekerja, dan biaya peralatan. Biaya material secara umum terdiri dari jumlah, ukuran, dan berat.

$$Biaya = Volume \times harga\ material \tag{1}$$

Biaya Pekerja dipengaruhi oleh durasi pekerjaan, kondisi lokasi pekerjaan, keterampilan dan keahlian pekerja yang bersangkutan.

$$Biaya = durasi \times upah \times jumlah\ pekerja \tag{2}$$

Biaya Peralatan mengacu pada jenis dan banyaknya peralatan yang dipakai dan biayanya.

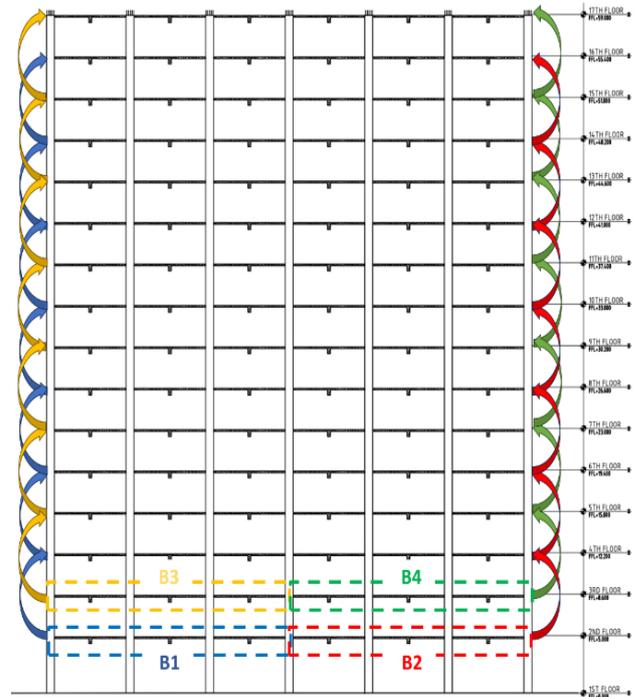
$$Biaya = durasi \times harga \times jumlah\ alat \tag{3}$$

G. Alat Berat dan Penunjang

Pemilihan jenis alat berat harus menyesuaikan kondisi dan situasi proyek [6]. Beberapa alat berat yang digunakan untuk pekerjaan struktur atas, diantaranya *Tower Crane*, *Concrete Pump*, *Truck Mixer*, *Bar Cutter*, dan *Concrete Vibrator*.

H. Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek adalah rencana pengurutan durasi pekerjaan dari awal hingga akhir proyek untuk menyelesaikan suatu pekerjaan dengan mempertimbangkan aspek-aspek kemungkinan yang akan terjadi.



Gambar 6. Siklus Bekisting.

1) Work Breakdown Structure (WBS)

Penyusunan WBS berbentuk top down yang menerangkan aktivitas-aktivitas item pekerjaan proyek. WBS memiliki fungsi untuk memecahkan tiap proses pekerjaan menjadi lebih detail agar perencanaan proyek lebih sistematis.

2) Metode Precedence Diagram

Metode Precedence Diagram atau diagram preseden termasuk ke dalam Activity on Node (AON), kegiatan pekerjaan ditulis dalam bentuk node berbentuk segi empat dan penunjuk hubungan antar waktu selesai paling awal berbentuk anak panah pada sudut atas, dan sudut bawah sebagai petunjuk waktu mulai dan selesai paling akhir dalam hitungan mundur [6].

Pada Metode *Precedence Diagram* terdapat istilah yang disebut sebagai konstrain. Setiap konstrain hanya dapat menghubungkan dua node dengan dua ujung yaitu ujung awal atau mulai = (S) dan ujung akhir atau selesai = (F). Sehingga pada metode *Precedence Diagram* memiliki empat hubungan keterkaitan antar kegiatan [7], yakni *Finish to start (FS)*, *Start to Start (SS)*, *Finish to Finish (FF)*, dan *Start to Finish (SF)*.

3) Microsoft Project

Microsoft Project adalah suatu aplikasi yang dirancang untuk keperluan manajemen suatu proyek [8]. Microsoft Project dapat membantu manajer proyek dalam mengembangkan rencana, menetapkan sumber daya untuk tugas-tugas pelacakan kemajuan, pengelola anggaran, dan menganalisis beban kerja [9].

4) Barchart

Bar Chart adalah sekumpulan daftar kegiatan pekerjaan yang disusun dalam kolom arah vertikal, dan waktu yang disusun kolom arah horizontal [10]. Mulai dan akhirnya sebuah kegiatan pekerjaan dapat terlihat dengan jelas, sedangkan durasi kegiatan pekerjaan digambarkan oleh panjangnya diagram batang [11].

Tabel 2.
Jumlah Tenaga Kerja

Pekerjaan	Kolom	Balok	Pelat	Shearwall	Tangga
Pembesian					
Mandor	2	2	2	1	1
Tukang	36	36	36	18	2
Pekerja	36	36	36	18	2
Operator	12	12	12	12	1
Bekisting					
Mandor	1	1	1	1	1
Tukang	10	10	10	10	5
Pekerja	20	20	20	20	10
Pengecoran					
Mandor	1	1	1	1	1
Tukang	2	2	2	2	1
Pekerja	10	10	10	10	2

Tabel 3.
Rekapitulasi Durasi Pekerjaan

Uraian Pekerjaan	Total Durasi
Struktur Lantai 2	35 hari
Struktur Lantai 3	35 hari
Struktur Lantai 4	35 hari
Struktur Lantai 5	32 hari
Struktur Lantai 6	29 hari
Struktur Lantai 7	29 hari
Struktur Lantai 8	29 hari
Struktur Lantai 9	29 hari
Struktur Lantai 10	29 hari
Struktur Lantai 11	27 hari
Struktur Lantai 12	27 hari
Struktur Lantai 13	27 hari
Struktur Lantai 14	27 hari
Struktur Lantai 15	27 hari
Struktur Lantai 16	27 hari
Struktur Lantai 17	28 hari

5) Kurva S

Kurva S bertujuan untuk mempermudah melihat kegiatan-kegiatan yang masuk, dalam suatu jangka waktu progres pelaksanaan proyek [12]. Kurva S digunakan untuk menggambarkan dan mengungkapkan nilai-nilai kuantitas dalam hubungannya dengan waktu. Kurva S dibuat dengan sumbu-x menunjukkan parameter waktu sedangkan sumbu-y sebagai nilai kumulatif persentase (%) bobot pekerjaan.

III. METODOLOGI

A. Perumusan Masalah

Tahap ini merupakan tahap awal penelitian. Pada tahap ini, dilakukan identifikasi suatu permasalahan yang akan dilakukan analisis sesuai dengan langkah – langkah pengerjaan berikutnya.

B. Studi Literatur

Literatur yang dijadikan sebagai bahan acuan dalam penelitian studi ini bersumber dari jurnal, buku terkait

Tabel 4
Rekapitulasi Anggaran Biaya Pekerjaan

Uraian Pekerjaan	Jumlah Harga
Struktur Lantai 2	Rp3.228.649.374
Struktur Lantai 3	Rp3.228.649.374
Struktur Lantai 4	Rp3.228.649.374
Struktur Lantai 5	Rp3.187.367.572
Struktur Lantai 6	Rp2.925.474.647
Struktur Lantai 7	Rp2.925.474.647
Struktur Lantai 8	Rp2.925.474.647
Struktur Lantai 9	Rp2.925.474.647
Struktur Lantai 10	Rp2.747.805.746
Struktur Lantai 11	Rp2.196.581.837
Struktur Lantai 12	Rp2.196.581.837
Struktur Lantai 13	Rp2.196.581.837
Struktur Lantai 14	Rp2.196.581.837
Struktur Lantai 15	Rp2.196.581.837
Struktur Lantai 16	Rp2.196.581.837
Struktur Lantai 17	Rp2.348.956.253
Sewa Tower Crane	Rp3.087.000.000
K3 Konstruksi (1,5%)	Rp642.772.010
PPN 11%	Rp5.123.936.325
TOTAL	Rp51.705.175.641
Pembulatan	Rp51.705.176.000

manajemen konstruksi, peraturan pemerintah, dan makalah-makalah terkait

C. Pengumpulan Data

Terdapat dua data yang digunakan dalam penelitian ini, yakni data primer dan sekunder dari proyek Pembangunan Menara 17 PWNU JATIM Kota Surabaya.

Data primer berupa data yang diperoleh dari hasil survey lapangan, observasi, dan wawancara langsung ke lokasi proyek objek penelitian studi ini. Dan data sekunder merupakan data yang diperoleh dari proyek / instansi yang menjadi objek dalam penelitian studi ini.

D. Pengolahan Data

Data-data yang telah diperoleh kemudian diolah agar dapat mencapai tujuan pembuatan studi ini. Tahapan dari pengolahan data dapat dilihat pada Gambar 4.

IV. METODE DAN PEMBAHASAN

A. Layout Proyek

Site plan proyek merupakan suatu rencana perletakan fasilitas atau bangunan pembantu yang bersifat sementara sebagai sarana pendukung pelaksanaan proyek. Gambar site plan proyek pada Gambar 5 memberi informasi bahwa terdapat beberapa bangunan sementara meliputi gudang, direksi keet, WC/KM, musholla, barak pekerja dan kantin.

B. Pelaksanaan Metode Bekisting Aluminium

1) Siklus Bekisting Aluminium

Direncanakan pemesanan kebutuhan bekisting pada proyek Pembangunan Menara 17 PWNU JATIM Kota Surabaya adalah 2 lantai yang terbagi menjadi 4 area,

dengan satu lapisan di bawahnya. Setelah bagian atas diratakan, segera cetakan diangkat perlahan-lahan dan diukur penurunannya.

4) Syarat Material

Semua baja tulangan beton harus baru, tidak bekas, bebas karat dan ditempatkan dilokasi yang bersih dan tidak basah.

5) Syarat Mutu

Mutu baja tulangan beton yang didatangkan harus benar, yang dinyatakan dengan surat/sertifikat keterangan dari distributor/pabrik pembuatnya. Baja tulangan beton tidak boleh diluruskan atau dibengkokkan kembali dengan cara yang merusak bahannya dan dibengkokkan dalam keadaan dingin.

D. Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)

Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi yang selanjutnya disebut K3 pada konstruksi adalah segala kegiatan untuk menjamin dan melindungi keselamatan dan kesehatan tenaga kerja melalui upaya pencegahan kecelakaan kerja dan penyakit akibat kerja pada pekerjaan konstruksi. Penerapan K3 pada Proyek Pembangunan Menara 17 PWNU JATIM Kota Surabaya dilaksanakan oleh SHE dan *Safety Officer*.

Berdasarkan Lampiran Surat Edaran Menteri Nomor 10/SE/M/2018 Tentang Biaya Sistem Manajemen K3, disebutkan bahwa komponen atau item pekerjaan penyelenggaraan keamanan dan kesehatan kerja serta keselamatan konstruksi dimasukkan dalam daftar kuantitas dan harga besaran biaya berkisar antara 1% sampai dengan 2,5% dari nilai biaya pekerjaan total. Maka untuk biaya K3 umum pada proyek Pembangunan Menara 17 PWNU Jatim ini akan diambil 1,0% sampai 2,5% dari total biaya struktur lantai 2 sampai dengan lantai 17.

E. Perhitungan Volume

Berikut adalah rekapitulasi perhitungan volume pekerjaan struktur atas meliputi kolom, balok, pelat, shearwall dan tangga pada Proyek Pembangunan Menara 17 PWNU JATIM Kota Surabaya mengacu gambar kerja proyek.

F. Perhitungan Tenaga Kerja

Jumlah tenaga kerja yang akan digunakan pada perhitungan pembesian, bekisting, dan pengecoran digunakan maksimal sesuai dengan HSPK Kota Surabaya 2021. Hasil perhitungan tenaga kerja dapat dilihat pada Tabel 2.

G. Perhitungan Durasi

Setelah menghitung volume dan tenaga kerja, dilakukan perhitungan produktivitas untuk mendapatkan durasi pekerjaan. Hasil perhitungan durasi pekerjaan dapat dilihat pada Tabel 3.

H. Rancangan Anggaran Biaya Pekerjaan

Setelah dilakukan perhitungan, maka akan didapatkan ringkasan rancangan anggaran pelaksanaan seperti pada Tabel 4.

I. Penjadwalan

Setelah melakukan perhitungan durasi dan biaya, maka

dilakukan penjadwalan dari awal hingga selesainya proyek. Gambar 7 merupakan contoh hasil penjadwalan dari Proyek Pembangunan Menara 17 PWNU JATIM Kota Surabaya menggunakan metode PDM dengan menggunakan bantuan aplikasi *Microsoft Project*.

Kurva S adalah grafik yang dibuat dengan sumbu vertical adalah nilai kumulatif biaya dan sumbu horizontal sebagai waktu pekerjaan proyek. Gambar 8 merupakan hasil Kurva S dari Proyek Pembangunan Menara 17 PWNU JATIM menggunakan metode bekisting *Aluminium Formwork*.

V. KESIMPULAN

Metode pelaksanaan struktur atas yaitu mengganti bekisting konvensional dengan aluminium formwork yang dilakukan sesuai teori dan referensi dari beberapa literatur serta dikaitkan dengan analisa lapangan. Metode pelaksanaan tersebut meliputi kolom, balok, pelat, shearwall, dan tangga.

Rencana Anggaran Biaya yang dibutuhkan dalam pelaksanaan struktur beton pada proyek Pembangunan Menara 17 PWNU JATIM Kota Surabaya menggunakan metode bekisting konvensional adalah sebesar Rp45.165.136.000 dan menggunakan metode bekisting *Aluminium Formwork* adalah sebesar Rp51.705.176.000 dengan asumsi pembelian bekisting untuk 2 lantai yakni lantai 2 dan 3 yang terbagi menjadi 4 area.

Waktu Pelaksanaan untuk pekerjaan struktur beton pada proyek Pembangunan Menara 17 PWNU JATIM Kota Surabaya menggunakan metode bekisting konvensional adalah selama 365 hari kerja dan menggunakan metode bekisting *Aluminium Formwork* adalah selama 316 hari kerja

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. S. Hanna, *Concrete Formwork Systems*. New York city: Marcel Dekker, Inc., 1999. doi: 10.1201/9780203909690.
- [2] Y. N. D. Saraswati and R. Indryani, "Analisa perbandingan penggunaan bekisting semi konvensional dengan bekisting Sistem Table Form pada konstruksi gedung bertingkat," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 1, no. 1, pp. D67–D71, 2012.
- [3] F. Wigbout, *Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta: Erlangga, 1997.
- [4] F. Wigbout, *Buku Pedoman Tentang Bekisting (Kotak Cetak)*. Jakarta: Erlangga, 1992.
- [5] K. A. Suryawan, *Manajemen Alat Berat*. Sleman: Deepublish, 2019.
- [6] H. A. Rani, *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Deepublish, 2016.
- [7] I. Soeharto, *Manajemen Proyek Jilid 2*. Jakarta: PT Gelora Aksara Pratama, 1991.
- [8] A. Kusrianto, *Panduan Lengkap Memakai Microsoft Office Project 2007*. Jakarta: Elex Media Komputindo, 2013.
- [9] S. Tamba and D. Maisandi Hutaauruk, "Optimasi biaya dan waktu akibat penjadwalan ulang pada proyek perumahan menggunakan Microsoft Project," *Journal of Civil Engineering, Building And Transportation*, vol. 2, no. 1, pp. 34–41, Jan. 2019, doi: 10.31289/jcebt.v2i1.1742.
- [10] Y. Sutomo, S. Anwar, and A. Firmanto, "Analisis manajemen proyek pembangunan kantor PT. Prima Multi Usaha Indonesia," *Jurnal Konstruksi*, vol. V, no. 4, 2016.
- [11] W. I. Ervianto, *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi, 2005.
- [12] M. T. Callahan, D. G. Quackenbush, and J. E. Rowings, *Construction Project Scheduling*. New York: McGraw-Hill, 1992.