

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Penelitian Terdahulu

Sebagai bahan analisa, pertimbangan dan referensi pada penelitian 2 ini yang berkaitan dengan analisa biaya, durasi, dan waktu pekerjaan konstruksi. Maka akan dijelaskan hasil penelitian sejenis yang sudah dilaksanakan. Hasil Penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penelitian ini masing – masing dapat dijabarkan sebagai berikut :

No.	Judul	Peneliti	Tahun, tempat	Tujuan	Kesimpulan
1.	Optimalisasi Rencana Anggaran Biaya dan Waktu Pelaksanaan Dengan Preseden Diagram Method (PDM)	M. Fauzan Zulfahmi	2016, Universitas Malikussaleh, Aceh	optimalisasi biaya dan Waktu penyelesaian proyek mengambil studi kasus pada proyek pembangunan SDN3 Dewantara. Inventarisasi kegiatan didasarkan pada data yang dihimpun dari dokumen	Hasil perhitungan menunjukkan adanya penghematan waktu dibandingkan rencana awal yaitu selama 10 hari untuk alternatif 1 dan 21 hari untuk alternatif 2 dengan biaya pelaksanaan pekerjaan tetap sebesar Rp.

				kontrak termasuk didalamnya rencana anggaran biaya (RAB), gambar kerja, dan spesifikasi teknis	1.926.468.800,66
2.	Perhitungan Rencana Waktu dan Biaya Pelaksanaan Proyek Gedung BPKAD (Badan Pengelola Keuangan dan Aset Daerah) Provinsi Jawa Timur	Icco Candra Ismawanti Mitha Yulinda	2018, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya	Efisiensi waktu dan biaya pada perhitungan perencanaan pembangunan BPKAD (Badan Pengelola Keuangan dan Aset Daerah) Provinsi Jawa Timur	Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan struktur mulai dari Pekerjaan pemancangan hingga lantai atap pada Proyek Pembangunan Gedung BPKAD Provinsi Jawa Timur adalah 227 hari dengan 8 jam kerja

					berdasarkan analisa harga yang digunakan penulis. Nilai anggaran biaya yang diperlukan dalam menyelesaikan pekerjaan struktur mulai dari pemancangan hingga lantai atap pada Proyek Pembangunan Gedung Pembangunan Gedung BPKAD Provinsi Jawa Timur adalah sebesar Rp. 8.503.327.754
3.	Perencanaan Biaya dan Waktu Pelaksana	Any Sofya Jarier	2018, Institut Teknologi	Efisiensi waktu dan biaya terhadap	Hasil durasi dan produktivitas tiap pekerjaan

	an Proyek Pembangu nan Gedung Asrama Universita s Negeri Surabaya	Audrey Claudis t Suhern an	Sepulu h Nopem ber, Suraba ya	Perhitungan perencanaan waktu dan biaya Pelaksanaan menggunak an sumber referensi utama dari Ir. A. Soedrajat s, Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan , Penerbit "Nova", Bandung dan referensi tentang alat berat	yang dihitung sebelumnya dapat dijadikan input pada aplikasi software MS Project 2010 untuk membantu dalam merencana n penjadwalan pelaksanaan proyek beserta dengan metode pelaksanaann ya. Kontrol penjadwalan dilakukan dengan melakukan analisis pada resource graph untuk mengoptimal kan penggunaan
--	--	--	--	--	---

					<p>sumber daya agar tidak adanya idle time. Dari perencanaan yang telah disusun didapatkan hasil durasi pelaksanaan proyek tersebut adalah 286 hari dengan total biaya pelaksanaan sebesar Rp.18.174.502.548,00</p>
4.	Perhitungan Waktu dan Biaya Pelaksanaan Pembangunan Gedung Pascasarjana UMM dengan Modifikasi	Mitha Yulinda	2019, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya	Efisiensi waktu dan biaya dalam perubahan metode pelat dari sistem konvensional menjadi precast Half Slab pada proyek	Perencanaan waktu menggunakan sistem penjadwalan PDM. Sedangkan untuk perencanaan biaya menggunakan perhitungan

	i Plat Half Slab			<p>Pascasarjana UMM dari segi waktu dan biaya. Metode yang dilakukan di proyek tersebut adalah sistem konvensional/cor di lokasi. Pada tugas akhir ini direncanakan alternative berupa precast Half Slab. Perencanaan waktu menggunakan sistem penjadwalan PDM. Sedangkan untuk perencanaan biaya</p>	<p>analisa dari data lapangan, observasi, maupun AHS Malang 2018 dengan lampiran. Berdasarkan hasil analisa diperoleh rencana anggaran biaya pelaksanaan untuk struktur beton pada pembangunan Gedung Pascasarjana UMM sebesar Rp. 32.746.955.793 dengan Waktu pelaksanaan proyek selama 291 hari kerja</p>
--	------------------	--	--	---	---

				menggunakan perhitungan analisa dari data lapangan, observasi, maupun AHS Malang 2018 dengan lampiran	
5.	Perbandingan Waktu dan Biaya Proyek Antara Jam Kerja Lembur dan Penambahan Tenaga Kerja Pada Pekerjaan Struktur	Ardattyan Dwi Irianto	2019, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta	Perbandingan waktu dan biaya proyek antara jam kerja lembur dan penambahan tenaga kerja pada pekerjaan struktur untuk studi kasus pada perumahan mukti sendangadi residence	Total biaya pekerjaan struktur kondisi normal dengan 2 tukang 4 pekerja sebesar Rp. 128.289.475, 30 dengan durasi 98 hari. Setelah dilakukan penambahan jumlah tenaga kerja yaitu dengan 3

					<p>tukang dan 6 pekerja biaya menjadi Rp. 129.999.475,00 dengan durasi 79 hari.</p> <p>Sedangkan dengan penambahan jam kerja lembur 4 jam biaya menjadi Rp. 148.483.761,00 dengan durasi 79 hari,</p> <p>Disimpulkan bahwa dengan dilakukannya penambahan jumlah tenaga kerja lebih efektif dan ekonomis daripada dilakukannya penambahan jam kerja</p>
--	--	--	--	--	---

					lembur yaitu dengan selisih biaya Rp. 18.484.286,0 0
--	--	--	--	--	---

Sehingga berdasarkan dari hasil penelitian yang telah sebagaimana disebutkan diatas dapat disimpulkan bahwa, dalam penentuan metode pelaksanaan dilapangan perlu dilakukan efisiensi dan analisa mengenai perhtiungan waktu dan biaya yang sangat berdampak dan menentukan keberlangsungan suatu proyek

2.2 Teori - Teori Dasar

Berdasar pernyataan Ervianto (dalam Agung Hardianto, 2015:4) manajemen proyek adalah keseluruhan kegiatan baik perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi dari sebuah proyek dari inisiasi gagasan ide (awal) hingga selesainya sebuah proyek untuk menjamin bahwa proyek dilaksanakan tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu. Dengan menggunakan sumber daya yang tersedia melalui tahapan – tahapan yang sistematis, seperti perencanaan (*planning*), penjadwalan (*schedule*), Pelaksanaan (*action*), serta di dalam pengawasan (*controlling*) dalam setiap kegiatan atau pihak, dan diharapkan dengan adanya tahapan tersebut dapat dilaksanakan dengan baik dan sistematis sehingga pelaksanaan pembangunan proyek dapat dilaksanakan dengan efektif, efisien, teliti, dan cermat.

Pada kegiatan manajemen proyek, tindakan perencanaan, penjadwalan, dan pelaksanaan merupakan tahapan – tahapan yang penting dalam pengerjaan suatu proyek sehingga tercipta proyek pekerjaan yang sesuai harapan. Tahapan perencanaan memiliki kandungan isi berupa perencanaan item pekerjaan yang terdapat dalam

suatu pekerjaan proyek. Selanjutnya susunan item dalam setiap pekerjaan tersebut dapat dilakukan penyusunan prioritas waktu dari awal sampai akhir pengerjaan. Sehingga dapat terbentuk penjadwalan secara terperinci dan sistematis dalam sebuah proyek. Untuk kemudian selanjutnya pada tahapan pelaksanaan, dilaksanakan penghitungan anggaran biaya yang dibutuhkan dan dari metode pelaksanaan yang digunakan serta dari perhitungan waktu yang telah dihitung dan dijadwalkan. Hal tersebut bertujuan supaya pengerjaan proyek dapat diselesaikan sesuai waktu yang telah ditentukan dan biaya yang direncanakan dan disepakati.

2.2.1 Beton Konvensional

Beton konvensional adalah suatu komponen struktur yang paling utama dalam sebuah bangunan (Erviyanto, 2006).

Suatu struktur dalam konstruksi baik kolom, balok, pelat, pondasi dan rangka atap telah dirancang sedemikian rupa agar dapat menahan beban dari masing – masing struktur atau beban mati dan beban hidup yang akan ditahan. Beton Konvensional dalam pembuatannya harus melalui proses perencanaan terlebih dahulu. Proses pembetonan konvensional memerlukan biaya bekisting, dan upah pekerja yang relatif lebih banyak

Menurut (Erviyanto, 2006) keunggulan dari beton konvensional diantaranya adalah :

1. Mudah dan umum dalam pengerjaan dilapangan
2. Mudah dibentuk dalam berbagai penampang
3. Perhitungan relatif mudah dan umum
4. Sambungan balok, kolom dan plat lantai bersifat monolit (terikat penuh)

Dan Beton Konvensional juga memiliki kelemahan sebagai berikut :

1. Memerlukan tenaga buruh yang relatif lebih banyak dan mahal
2. Pemakaian bekisting yang relatif lebih banyak
3. Pekerjaan dalam pembangunan agak lama karena pengerjaanya
4. Berurutan saling ketergantungan dengan pekerjaan lainnya
5. Sangat dipengaruhi oleh cuaca, sebagai contoh apabila cuaca hujan maka pekerjaan pengecoran ditunda terlebih dahulu

2.2.2 Penilaian dalam memilih metode Beton Konvensional dan Beton Pabrikasi

Proses pemilihan metode pembetonan baik konvensional maupun pracetak (*precast*) memiliki beberapa pertimbangan dalam proses penilaiannya. Terdapat 4 (empat) landasan yang menjadi pertimbangan dalam menentukan hal tersebut :

1. Efisiensi sistem struktur
2. Efisiensi bekisting
3. Efisiensi dari kontrol kualitas
4. Efisiensi dari jadwal pelaksanaan.

Sehingga dalam pelaksanaannya seorang perencana hendaknya mempertimbangkan hal tersebut dan menjadikan landasan dalam perencanaannya.

2.2.3 Pemeliharaan Beton

Pada proses pemeliharaan beton pada umumnya terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan setelah dilakukan proses pengecoran, hal yang menjadi sorotan yakni dalam hal pengecoran in situ atau ditempat dimana proses tersebut memerlukan biaya tambahan berupa perawatan atau proses curing. Tahapan pemeliharaan beton menurut SNI 2002 adalah sebagai berikut :

1. Beton (selain kuat awal tinggi) harus dirawat pada suhu diatas 10° C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang – kurangnya selama 7 hari setelah dilaksanakan pengecoran.
2. Beton kuat awal tinggi harus dirawat pada suhu di atas 10° C dan dalam kondisi lembab untuk sekurang-kurangnya selama 3 hari pertama
3. Perawatan dipercepat
 - a. Perawatan dengan uap bertekanan tinggi, penguapan pada tekanan atmosfer, panas lembab, atau proses lainnya yang dapat diterima, dapat dilakukan untuk mempercepat peningkatan kekuatan dan mengurangi waktu perawatan
 - b. Percepat waktu perawatan harus memberikan kuat tekan beton pada tahap pembebanan yang ditinjau sekurang-kurangnya sama dengan kuat rencana perlu pada tahap pembebanan tersebut
 - c. Proses perawatan harus sedemikian hingga beton yang dihasilkan mempunyai tingkat keawetan paling tidak sama dengan yang dihasilkan oleh metode perawatan.
 - d. Apabila diperlukan oleh pengawas lapangan, maka dapat dilakukan penambahan uji kuat tekan beton untuk menjamin bahwa proses perawatan yang dilakukan telah memenuhi persyaratan.

2.2.4 Pembetonan

Pada proses pembetonan, sebelum dilakukan pekerjaan plat lantai dan balok terlebih dahulu dilakukan pekerjaan kolom. (Ervianto, 2006). Suatu sistem struktur pada dasarnya dibedakan menjadi 3 (tiga) jenis diantaranya yakni :

1. Struktur rangka kolom menerus dengan sambungan kaku
2. Struktur rangka kolom kaku dengan *pin joint* sebagai alat sambungan pada balok.

3. Struktur rangka dengan *pin joint* sebagai alat sambung kolom dan unit lantai.

Pekerjaan pengecoran beton dilapangan mengacu pada beberapa peraturan dan regulasi yang mengatur tentang penjaminan kualitas beton pada pekerjaan pengecoran. Peraturan dan regulasi terkait tersebut diantaranya :

1. Standar Indonesia
 - a. Peraturan Umum Bahan Bangunan Indonesia (PUBI) - 1982, NI -3
 - b. Peraturan Standar Beton 1991 (SK. SNI T-15-1991-03)
 - c. Peraturan pembebanan Indonesia untuk Gedung Tahun 1983
 - d. Standar beton prategang / pracetak Indonesia
2. *ACI : American Concrete Institute, USA*
 - a. *SP4, Special publication 34-formwork for concrete*
 - b. *347- recommended practice for concrete formwork*
 - c. *318-building code requirements for reinforced concrete*
 - d. *American society of testing material (ASTM)*

2.2.5 Item Pekerjaan

Pendefinisian item dalam setiap tahapan pekerjaan merupakan langkah pertama yang harus dilakukan sebelum memulai penghitungan durasi dan rencana anggaran biaya pelaksanaan. Item dalam setiap tahapan pekerjaan tersebut berfungsi sebagai gambaran umum bahasan yang akan direncanakan dan dihitung baik durasi pelaksanaan proyek maupun rencana anggaran pelaksanaan, Berikut merupakan item setiap tahapan pekerjaan yang dilaksanakan dalam proyek pembangunan gedung Rumah Susun Sederhana Sewa Kambingan Pemerintah Kabupaten Gresik;

2.2.6 Pekerjaan Persiapan

Pekerjaan persiapan adalah pekerjaan yang dilaksanakan pada saat awal pengerjaan sebuah proyek. Pekerjaan persiapan diantaranya terdiri dari :

1. Pekerjaan Pengukuran

Pekerjaan pengukuran adalah pekerjaan yang dilakukan guna mengetahui data terkait batas lahan, batas bangunan, luasan dan keliling sebuah lahan bangunan proyek, dan menentukan lokasi patok atau *benchmark* sebuah proyek. Alat yang biasa digunakan untuk pengukuran adalah *Total Station, Theodolite, Waterpass*, dl.

2. Pekerjaan Pemagaran

Pekerjaan pemagaran adalah pekerjaan yang berfungsi untuk pemagaran sekeliling lahan proyek dan untuk menutup lokasi pekerjaan proyek dengan menggunakan *pagar* dari kayu dan seng.

3. Pekerjaan bouwplank

Pekerjaan bouwplank adalah pekerjaan yang terdiri dari pemasangan papan, tiang kayu, dan benag pada lokasi as bangunan dana tau batas pada area kerja galian yang akan dilaksanakan.

2.2.7 Pekerjaan Struktur Bawah

Pekerjaan struktur bawah adalah pekerjaan yang berisikan tentang pengerjaan pondasi bangunan pada sebuah proyek, pekerjaan tersebut terdiri atas :

1. Pekerjaan Pemancangan

Pekerjaan pemancangan dilaksanakan menggunakan alat pancang yang bernama *Hydraulic Jack-In Pile* yang

digunakan untuk memancang tiang pancang *spun pile* dengan ukuran diameter 40 cm.

2. Pekerjaan Galian

Pekerjaan galian adalah pekerjaan penggalian lahan dengan menggunakan alat *excavator* pada lokasi lahan yang akan digunakan untuk tahapan pekerjaan *pile cap* dan *sloof*.

3. Pekerjaan lantai kerja

Pekerjaan lantai kerja adalah pekerjaan pengecoran setebal 5 cm pada alas *pile cap* dan *sloof*. Lantai kerja berfungsi untuk memudahkan pekerja dalam melaksanakan pekerjaan struktur bawah, sebagai bekisting beton bagian bawah *pile cap* dan *sloof*, dan juga sebagai perata elevasi permukaan *pile cap* dan *sloof*.

4. Pekerjaan *Pile cap* dan *sloof*

Pekerjaan *pilecap* dan *sloof* terdiri atas :

A. Bekisting

Pekerjaan pemasangan bekisting pada *pile cap* dan *sloof* menggunakan batako.

B. Pembesian

Pekerjaan pembesian *pile cap* dan *sloof* terbagi menjadi beberapa tahapan fabrikasi yakni (pembengkokan, pengkaitan, dan pemotongan tulangan) dan pemasangan tulangan.

C. Pengecoran

Pekerjaan pengecoran *pile cap* dan *sloof* menggunakan alat yang dapat mempercepat volume *pengecoran* beton yakni, *concrete pump* dan pekerjaan tersebut dilakukan

setelah pekerjaan bekisting dan pembesian telah selesai dilakukan.

5. Pekerjaan timbunan

Pekerjaan timbunan adalah suatu pekerjaan yang dilakukan untuk menimbun kembali tanah/lahan yang telah digali menggunakan *excavator*.

2.2.8 Pekerjaan Struktur Atas

Pekerjaan struktur atas adalah pekerjaan dimana terdapat tahapan pada pengerjaan struktur bangunan atas pada sebuah proyek. Tahapan pekerjaan struktur atas terdiri dari :

1. Pekerjaan kolom dan *shear wall*

Pekerjaan kolom dan *shear wall* terdiri atas :

A. Bekisting

Pekerjaan bekisting kolom dan *shear wall* menggunakan cetakan bekisting dari kombinasi bahan dasa kayu dan multiplek. Pekerjaan bekisting terdiri dari beberapa tahapan diantaranya, fabrikasi, pemasangan, pembongkaran dan reparasi bekisting.

B. Pembesian

Pekerjaan pembesian kolom dan *shear wall* terbagi atas beberapa tahapan diantaranya fabrikasi (pembengkokan, pengkaitan, dan pemotongan tulangan) dan pemasangan tulangan.

C. Pengecoran

Pekerjaan pengecoran kolom dan *shear wall* menggunakan alat bantu *bucket cor* yang diangkat dengan menggunakan *tower crane*. Pekerjaan pengecoran

dikerjakan setelah pengerjaan fabrikasi, pemasangan bekisting dan pembesian telah selesai dilaksanakan.

2. Pekerjaan balok, pelat, dan tangga.

Tahapan Pekerjaan balok, pelat, dan tangga diantaranya adalah:

A. Bekisting

Pekerjaan bekisting balok, pelat, dan tangga menggunakan cetakan bekisting dari perpaduan bahan berdasar dari kayu dan multipleks. Tahapan pekerjaan bekisting diantaranya adalah, fabrikasi, pemasangan, pembongkaran dan reparasi bekisting.

B. Pembesian

Pekerjaan pembesian balok, pelat dan tangga terbagi atas beberapa tahapan yakni, pekerjaan fabrikasi (pembengkokan, pengaitan, dan pemotongan tulangan) dan pemasangan tulangan.

C. Pengecoran

Pekerjaan pengecoran balok, pelat, dan tangga menggunakan alat bantu seperti *concrete pump*, dan pekerjaan pengecoran dilaksanakan setelah serangkaian pekerjaan fabrikasi, pemasangan bekisting dan pembesian telah selesai dilaksanakan.

3. Pekerjaan atap

Pekerjaan atap atau struktur atap pada penelitian ini adalah terbatas hanya pekerjaan beton pada struktur atap, seperti ringbalk dan rooftank

2.2.9 Perhitungan Volume Pekerjaan

Perhitungan volume pekerjaan merupakan salah satu dari serangkaian tahapan dalam pengerjaan suatu pembangunan proyek khususnya dalam manajemen konstruksi. Perhitungan volume pekerjaan dihitung melalui acuan pada gambar perencanaan yang sudah ditentukan.

1. Pekerjaan Persiapan

a. Pekerjaan Pengukuran

Rumusan perhitungan berikut adalah cara perhitungan volume pada pekerjaan pengukuran:

- Lahan

$$\text{Luas lahan (m}^2\text{)} = \text{Panjang lahan} \times \text{Lebar lahan}$$

$$\text{Keliling lahan (m)} = 2 \times [\text{Panjang lahan} + \text{Lebar lahan}]$$

- Bangunan

$$\text{Luas bangunan (m}^2\text{)} = \text{Panjang bangunan} \times \text{Lebar bangunan}$$

$$\text{Keliling lahan (m)} = 2 \times [\text{Panjang bangunan} \times \text{Lebar bangunan}]$$

b. Pekerjaan Pemagaran

Rumusan perhitungan berikut adalah cara perhitungan volume kebutuhan tiang dan seng pada pekerjaan pemagaran:

$$\text{Volume tiang vertikal} = A \times t \times n$$

$$\text{Volume tiang horizontal} = A \times l \times n$$

$$\begin{aligned} \text{Volume tiang seng} &= A_p \\ &= P \times L \end{aligned}$$

Dimana :

A = Luas permukaan tiang (m²)

t = Tinggi (m)

l = Panjang (m)

n = Jumlah tiang

A_p = Luas Pagar (m²)

P = Panjang seng (m)

L = Lebar seng (m)

c. Pekerjaan Bouwplank

Rumusan Cara perhitungan pada volume pekerjaan bouwplank adalah sebagai berikut:

- Tiang
- Jumlah tiang = $\frac{\text{Keliling bouwplank} \times \text{tinggi}}{\text{Luas Papan}}$
- Volume tiang = A x t x n

Dimana:

A = Luas permukaan tiang (m²)

t = Tinggi (m)

n = Jumlah tiang

- Papan

$$\text{Jumlah tiang} = \frac{\text{Keliling bouwplank} \times \text{tinggi}}{\text{Luas Papan}}$$

2. Pekerjaan Struktur Bawah

a. Pekerjaan Pemancangan

Pekerjaan pondasi pada proyek pembangunan gedung Rumah Susun Sederhana Sewa (RUSUNAWA) Kambingan Kabupaten Gresik ini memakai pondasi berjenis tiang pancang. Tiang pancang yang dipakai adalah tiang pancang yang memiliki bentuk silinder/bulat. Sehingga perhitungan volume tiang pancang dapat didefinisikan sebagai berikut:

$$\text{Jumlah titik pancang} = N \text{ pancang} \times N \text{ pile cap}$$

$$\text{Volume pemancangan} = N \text{ titik pancang} \times \text{Kedalaman}$$

b. Pekerjaan Galian

Volume galian tanah dapat dilakukan perhitungan dengan berdasar luas bidang galian dikalikan dengan kedalaman. Sehingga dapat didefinisikan sebagai rumus perhitungan sebagai berikut:

$$V \text{ (m}^3\text{)} = P_{\text{galian}} \times L_{\text{galian}} \times T_{\text{galian}}$$

Dimana :

P = Panjang galian (m)

L = Lebar galian (m)

T = Kedalaman (m)

c. Pekerjaan Timbunan

Volume timbunan tanah dapat dilakukan penghitungan berdasarkan luas bidang timbunan dikalikan dengan kedalaman. Sehingga dapat didefinisikan sebagai rumus perhitungan sebagai berikut:

$$V \text{ (m}^3\text{)} = P_{\text{timbunan}} \times L_{\text{timbunan}} \times T_{\text{timbunan}}$$

Dimana :

P = Panjang timbunan (m)

L = Lebar timbunan (m)

T = Kedalaman (m)

d. Pekerjaan *Pile Cap* dan *Sloof*

Pekerjaan *pile cap* dilakukan pengerjaan setelah selesainya tahapan pekerjaan galian. Apabila dapat dijabarkan, pekerjaan *pilecap* terdiri dari :

- Bekisting

Pekerjaan *pile cap* dan *sloof* bahan bekisting yang digunakan adalah bekisting berbahan batako. Batako disusun sedemikian rupa dan dibentuk mengelilingi *pile cap*. Apabila didefinisikan sebagai rumus adalah sebagai berikut:

$$\text{Luas } \textit{pile cap} \text{ (m}^2\text{)} = [2x (P_{\text{pile}} + L_{\text{pile}})] \times (H_{\text{pile}})$$

$$\text{Luas Batako (m}^2\text{)} = P_{\text{batako}} \times T_{\text{batako}}$$

$$\text{Kebutuhan batako (n)} = \frac{\text{Luas } \textit{pile cap} \text{ (m}^2\text{)}}{\text{Luas batako (m}^2\text{)}}$$

Dimana :

P_{pile} = Panjang *pile cap* (m)

L_{pile} = Lebar *pile cap* (m)

H_{pile} = Tinggi *pile cap* (m)

P_{batako} = Panjang batako (m)

T_{batako} = Panjang batako (m)

- Pembesian

Pekerjaan pembesian *pile cap* dan *sloof* dilakukan pengerjaan berdasarkan acuan spesifikasi dan gambar perencanaan. Dan dapat dilakukan perhitungan volume pembesian pada *pile cap* adalah sebagai berikut:

$$V_{\text{pembesian}} = P_{\text{besi}} \times W_{\text{besi}}$$

Dimana :

$V_{\text{Pembesian}}$ = Volume pembesian (Kg)

P_{besi} = Panjang besi penulangan (m)

W_{besi} = Berat besi yang digunakan (m)

- Pengecoran

Dalam tahap pekerjaan pengecoran, dilakukan perhitungan volume *pile cap* untuk mengetahui jumlah volume beton yang akan digunakan untuk proses pengecoran. Besarnya volume pengecoran pada *pile cap* dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$V_{\text{beton}}(\text{m}^3) = P_{\text{pile}} \times L_{\text{pile}} \times T_{\text{pile}}$$

Kemudian dari rumus perhitungan volume beton tersebut di atas, volume beton dikurangi dengan volume tulangan sehingga didapatkan rumus volume cor bersih.

$$\text{Volume bersih } (\text{m}^3) = V_{\text{beton}} - \text{Volume tulangan}$$

Sedangkan volume tulangan didapatkan dari rumus :

$$\text{Volume tulangan } (\text{m}^3) = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times P_{\text{tulangan}}$$

Dimana :

Vbeton = Volume beton pada pile cap (m³)

Ppile = Panjang pile (m)

Lpile = Lebar pilecap (m)

Tpile = Tinggi pilecap (m)

d = Diameter tulangan (m)

Ptulangan = Panjang tulangan (m)

3. Pekerjaan Struktur Atas

Pekerjaan struktur atas terdiri dari pengerjaan kolom, *shear wall*, balok, pelat, dan tangga. Pada setiap struktur tersebut terdiri atas beberapa tahapan pekerjaan diantara sebagai berikut :

- Bekisting

Pada pekerjaan struktur atas, bekisting yang digunakan adalah bekisting menggunakan material kayu dan multiplek. Berikut adalah cara perhitungan volume besting kayu dan multiplek:

- Bekisting Kolom

$$\text{Vol. (m}^2\text{)} = 2 \times (P_{\text{kolom}} \times T_{\text{kolom}}) + 2 \times (L_{\text{kolom}} \times T_{\text{kolom}})$$

- Bekisting shear wall

$$\text{Vol. (m}^2\text{)} = [n \times (P_{\text{sw}} \times T_{\text{sw}})] + [N \times (L_{\text{sw}} \times T_{\text{sw}})]$$

- Bekisting balok

$$\text{Vol. (m}^2\text{)} = 2 \times (P_{\text{balok}} \times T_{\text{balok}}) + 2 \times (L_{\text{balok}} \times T_{\text{balok}})$$

- Bekisting pelat

$$\text{Vol. (m}^2\text{)} = (P_{\text{pelat}} \times L_{\text{pelat}})$$

- Bekisting tangga

- Pelat tangga ;

$$\text{Vol. (m}^2\text{)} = (P \times L) + \{2 \times \{P \times (t1 + t2)\} + (L \times t2 \times n)$$

- Pelat bordes:

$$\text{Vol. (m}^2\text{)} = (P \times L) + (L \times t1) + (P \times t1)$$

Keterangan:

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)

T = Tinggi (m)

N = Jumlah struktur

t1 = Tebal pelat tangga (m)

t2 = Tinggi anak tangga (m)

n = Jumlah anak tangga

- Pembesian

Perhitungan pembesian dilaksanakan berdasarkan spesifikasi dan gambar rencana dari masing-masing elemen struktur yang dihitung. Cara perhitungan volume pembesian secara umum adalah sebagai berikut:

$$V_{\text{pembesian}} = P_{\text{besi}} \times W_{\text{besi}}$$

Keterangan:

$V_{\text{pembesian}}$ = Volume pembesian (kg)

P_{besi} = Panjang besi penulangan (m)

W_{besi} = Berat besi yang digunakan (m)

Tabel 2.1. Berat besi polos per meter.

Diameter Nominal (d)	Luas Penampang Nominal (A)	Berat nominal per meter*
mm	mm ²	Kg/m
6	28	0.222
8	50	0.395
10	79	0.617
12	113	0.888
14	154	1.208
16	201	1.578
19	284	2.226
22	380	2.984
25	491	3.854
28	616	4.834
32	804	6.313
36	1018	7.990
40	125	9.865
50	1964	15.413

Sumber : SNI 2052-2017 halaman 4

- Pengecoran

Sebelum melaksanakan tahapan pengecoran, maka terlebih dahulu melaksanakan perhitungan volume beton pada masing – masing struktur untuk mengetahui jumlah volume beton yang akan digunakan untuk proses pengecoran. Jumlah besaran bolume pengecoran dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut :

$$V_{\text{beton}} (\text{m}^3) = \text{Panjang} \times \text{Lebar} \times \text{Tinggi}$$

Kemudian dari rumus volume beton tersebut diatas, volume beton dikurangi dengan volume tulangan sehingga menjadi volume cor bersih

$$\text{Volume bersih} (\text{m}^3) = V_{\text{beton}} - \text{Volume tulangan}$$

Sedangkan volume tulangan didapat dari rumus :

$$\text{Volume tulangan} (\text{m}^3) = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \times P_{\text{tulangan}}$$

Dimana :

d = Diameter tulangan (m)

P_{tulangan} = Panjang tulangan (m)

4. Perhitungan Kebutuhan Material

- Pembesian

- Besi tulangan

Volume besi tulangan didapatkan dari perhitungan volume pembesian yang telah dilaksanakan berdasarkan perhitungan pada sub-bab 2.3.2 dan 2.3.3 diatas.

- Kawat pengikat (bendrat)

Volume bendrat didapat dari 10% dari jumlah volume besi tulangan (kg) yang dihitung.

- Bekisting

Pada pengerjaan proyek ini terdapat dua jenis bekisting, yaitu bekisting yang terbuat dari batako dan bekisting yang terbuat dari bahan dasar kayu.

- Bekisting batako

- Volume Batako

Pekerjaan bekisting batako membutuhkan material batako sebagai bekistingnya, dan material mortar sebagai perekat dari batako tersebut, perhitungan kebutuhan bekisting batako terdapat pada bab 2.3.2 adalah sebagai berikut :

$$\text{Kebutuhan batako (n)} = \frac{\text{Luas pile cap (m}^2\text{)}}{\text{Luas batako cap (m}^2\text{)}}$$

Sedangkan untuk kebutuhan material pengikat adalah sebagai berikut :

- Volume mortar

Volume mortar berdasarkan buku Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan adalah 10% dari volume bekisting batako. Sehingga volume mortar adalah sebagai berikut :

$$\text{Volume bekisting batako} = L_{BB} \times L_b$$

$$\text{Volume mortar} = 10\% \times V_{BB}$$

Dimana :

$$L_{BB} = \text{Luas bekisting batako (m}^2\text{)}$$

$$L_b = \text{Lebar batako (m)}$$

$$V_{BB} = \text{Volume bekisting batako (m}^3\text{)}$$

Kemudian setelah diketahui kebutuhan volume mortar maka dapat dicari volume kebutuhan material untuk campuran mortar dari table dibawah.

Tabel 2.2 Kebutuhan semen dan pasir dalam 1m³ mortar

Campuran Semen:Pasir	Semen		Pasir	Keterangan
	Kantong	m ³	m ³	
1:1	24,75	0,70	0,70	1 zak semen = 42,5 kg = 0,02832 m ³ 1 m ³ pasir = ± 1550 kg
1:2	16,60	0,47	0,96	
1:3	12,75	0,36	1,08	
1:4	10,25	0,29	1,16	

Sumber : Ir. Soedrajat S, *Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan Lanjutan*, Nova, Bandung, halaman 125

Sehingga dari table diatas dipakai campuran semen dan pasir adalah 1:3. Kemudian dapat dihitung volume kebutuhan semen dan pasir sebagai berikut :

- Volume semen

$$\text{Vol. Semen} = \text{Kebutuhan semen} \times \text{Vol. mortar}$$

- Volume pasir

$$\text{Vol. semen} = \text{Kebutuhan pasir} \times \text{Vol. mortar}$$

- Volume air

$$\text{Vol.semen} = \frac{\text{Keperluan batako} \times \text{Kebutuhan air}}{1000 \text{ buah batako}}$$

- Bekisting kayu dan multiplek

Perhitungan kebutuhan material bekisting kayu dan multiplek membutuhkan luasan bekisting (m²) untuk

menentukan volume materialnya. Berikut adalah table keperluan kayu dan paku berdasarkan jenis cetakan pada tiap 10 m² cetakan bekisting.

Tabel 2.3. Perkiraan keperluan kayu untuk cetakan beton tiap 10 m²

Jenis Cetakan	Kayu	Paku, baut-baut, dan kawat (kg)
Pondasi / pangkal jembatan	0,46 – 0,81	2,73 – 5
Dinding	0,46 – 0,62	2,73 – 4
Lantai	0,41 – 0,64	2,73 – 4
Atap	0,46 – 0,69	2,73 – 4,55
Tiang- tiang	0,44 – 0,74	2,73 – 5
Kepala tiang	0,46 – 0,92	2,73 – 5,45
Balok – balok	0,69 – 1,61	3,64 – 7,27
Tangga	0,69 -1,38	3,64 – 6,36
Sudut-sudut tiang/balok berukir*	0,46 – 1,84	2,73 - 6,82
Ambang jendela dan lintel*	0,58 – 1,84	3,18 – 6,36

Sumber : Ir. Soedrajat S, Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan Lanjutan, Nova, Bandung, halaman 85.

Sedangkan untuk kebutuhan oli/ minyak bekisting 2 sampai 3,75 liter untuk luasan bekisting tiap 10 m² (Ir. Soedrajat S,1984). Rumus kebutuhan material yang digunakan dalam bekisting kayu dan multiplek adalah sebagai berikut :

- Keperluan kayu

$$\text{Volume} = \frac{\text{Luas Bekisting (m}^2\text{)}}{10 \text{ m}^2} \times \text{keperluan kayu}$$

- Keperluan oli/minyak

$$\text{Volume} = \frac{\text{Luas Bekisting (m}^2\text{)}}{10 \text{ m}^2} \times \text{keperluan minyak}$$

- Keperluan paku

$$\text{Volume} = \frac{\text{Luas Bekisting (m}^2\text{)}}{10 \text{ m}^2} \times \text{keperluan paku}$$

Sedangkan untuk keperluan multiplek adalah sebagai berikut :

$$\text{Luas multiplek} = 1,22 \text{ m} \times 2,44 \text{ m} = 2,977 \text{ m}^2.$$

$$\text{Volume multiplek} = \frac{\text{Luas Bekisting (m}^2\text{)}}{\text{Luas multiplek (m}^2\text{)}}$$

Untuk keperluan kayu, oli/minyak, dan paku diambil dari nilai tengah (interpolasi) dari masing-masing kebutuhan seperti yang tertera pada Tabel 2.3. Kemudian bekisting tersebut dapat digunakan kembali hingga dua kali dengan menggunakan proses reparasi bekisting. Pada reparasi yang pertama kerusakan bekisting adalah sebanyak 20% dari pemakaian. Sehingga bekisting kayu dan multiplek dapat digunakan kembali sebanyak 80%. Sedangkan untuk reparasi kedua kerusakan bekisting adalah sebanyak 50% dari pemakaian. Sehingga bekisting kayu dan multiplek dapat digunakan kembali sebanyak 50%.

- Pengecoran

Perhitungan volume beton pada proyek akhir ini menggunakan perhitungan volume beton dengan dikurangi volume pembesian. Mutu beton yang digunakan pada pekerjaan struktur ini yaitu K250. Berikut cara perhitungan volume pekerjaan beton:

$$V_{\text{beton (m}^3\text{)}} = P_{\text{pile}} \times L_{\text{pile}} \times T_{\text{pile}}$$

Kemudian dari rumus volume beton di atas, volume beton dikurangi dengan volume tulangan sehingga menjadi volume cor bersih, seperti dalam perhitungan volume pengecoran pada sub-bab 2.3.2 dan 2.3.3.

2.2.10 Produktivitas Alat Berat

Alat berat adalah mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan pekerjaan konstruksi yang lingkup pekerjaannya besar atau luas. Pemilihan alat berat disesuaikan dengan jenis item pekerjaan, volume pekerjaan, metode pekerjaan, serta situasi dan kondisi dilapangan. Pengoperasian alat berat mempengaruhi produktivitas yang dihasilkan oleh alat tersebut. Faktor yang mempengaruhi produktivitas alat berat yaitu efisiensi alat, kapasitas alat dan waktu siklus alat.

Tabel 2.4. Efisiensi operasional alat dan pemeliharaan

Kondisi Operasi Alat	Pemeliharaan Mesin				
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
Baik Sekali	0,83	0,81	0,76	0,7	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,6	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,53	0,50	0,47	0,42	0,32

Sumber : Peraturan Menteri PUPR nomor 28/PRT/M/2016 Tentang Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum.

- Waktu Siklus

Suatu alat membutuhkan siklus pekerjaan dalam melakukan pekerjaan. Siklus pekerjaan tersebut terdiri dari waktu memuat, waktu mengangkut, waktu kembali, waktu bongkar, dan waktu tunggu. Sehingga untuk mengetahui waktu sebuah alat dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$CT = LT + HT + RT + DT + ST$$

Keterangan :

CT = Waktu siklus alat (menit)

LT = Waktu muat alat (menit)

HT = Waktu angkut alat (menit)

RT = Waktu kembali alat (menit)

DT = Waktu bongkat alat (menit)

ST = Waktu tunggu alat (menit)

- Produktivitas

Setiap alat berat mempunyai kemampuan produktivitas alat yang berbeda-beda. Faktor yang mempengaruhi produktivitas alat yaitu kapasitas alat, waktu siklus, dan efisiensi kerja suatu alat

- Alat Berat

Alat berat merupakan alat yang berfungsi membantu pekerjaan-pekerjaan besar yang terdapat pada pekerjaan

konstruksi. Berikut ini adalah alat-alat berat yang dapat digunakan dalam pelaksanaan pembangunan pada proyek:

1. Dump Truck

Dump truck adalah alat berat yang berfungsi mengangkut material-material seperti tanah, batu, kerikil, pasir, dan lainnya. Dump truck mempunyai kapasitas angkut yang besar dan mempunyai mobilisasi yang cepat sehingga dapat memudahkan pelaksanaan pekerjaan. Alat ini mempunyai hidrolik pada bagian depan truk yang berfungsi menaikkan bak truk pada sisi depan. Berikut adalah spesifikasi dump truck yang dipakai:

Model : HINO Ranger FM 260JD

Kapasitas Bak : 20 m³ atau 30 ton



Gambar 2.1. *Dump truck*

Sumber : <https://hinomania.wordpress.com/>

Berdasarkan peraturan Menteri PUPR no.28/PRT/M/2016, kapasitas produksi dari *dump truk* dapat diketahui melalui persamaan berikut :

$$Q = \frac{V \times Fa \times 60}{D \times Ts}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi dump truck (m³/jam)

V = Kapasitas bak (ton)

Fa = Faktor efisiensi alat

Ts = Waktu siklus (menit)

D = Berat isi material (lepas, gembur), (ton/m³)

Kemudian dari rumus di atas dipakai faktor efisiensi alat untuk *dump truck* dan kecepatan *dump truck* dalam berbagai macam kondisi pada tabel – tabel berikut.

Tabel 2.5 Faktor efisiensi alat *dump truck*.

Kondisi Kerja	Efisiensi Kerja
Baik	0,83
Sedang	0,80
Kurang Baik	0,75
Buruk	0,70

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.28/PRT/M/2016, halaman 43.

Tabel 2.6 Kecepatan *dump truck* dan kondisi lapangan.

Kondisi Lapangan	Kondisi Beban	V
		(Km/h)
Datar	Isi	40
	Kosong	60
Menanjak	Isi	20
	Kosong	40
Menurun	Isi	20

	Kosong	40
--	--------	----

*) Kecepatan tersebut adalah perkiraan umum. Besar kecepatan bisa berubah sesuai dengan medan, kondisi jalan, kondisi cuaca setempat, serta kondisi kendaraan.

Sumber : *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.28/PRT/M/2016, halaman 43.*

1. Excavator

Excavator adalah alat berat yang digunakan untuk pekerjaan tanah. *Excavator* berfungsi untuk menggali dan mengurug tanah. Penggunaan *excavator* dapat mempermudah pekerjaan tanah dibandingkan dengan hanya menggunakan cangkul dan tenaga manusia. Berikut adalah spesifikasi alat yang dipakai:

Merk : KOMATSU

Model : PC 200

Kapasitas Bucket : 1,2 m³



Gambar 2.2. *Excavator.*

Sumber : jualo.com/perengkapan-industri/

Excavator digunakan pada saat pekerjaan galian dan timbunan tanah. Berdasarkan Peraturan Menteri PUPR no.28/PRT/M/2016, kapasitas produksi *excavator* dapat diketahui melalui persamaan berikut:

$$Q = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts \times Fv}$$

Keterangan :

Q = Kapasitas produksi *excavator* (m³/jam)

V = Kapasitas *bucket* (m³)

Fb = Faktor *bucket*

Fa = Faktor efisiensi alat

Ts = Waktu siklus (menit)

Fv = Faktor Konversi

Tabel 2.7. Faktor bucket (Fb) untuk *excavator backhoe*.

Kondisi Operasi	Kondisi Lapangan	Faktor Bucket
Mudah	Tanah biasa, lempung, tanah lembut	1,1 – 1,2
Sedang	Tnah biasa berpasir	1,0 – 1,1
Agak Sulit	Tanah biasa berbatu	1,0 – 0,9
Sulit	Batu pecah hasil	0,9 – 0,8

Sumber : Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.28/PRT/M/2016, halaman 44

Tabel 2.8 Faktor konversi galian (Fv) untuk alat *excavator*

Kondisi Galian	Kondisi Membuang (<i>dumping</i>)			
	Mudah	Normal	Agak Sulit	Sulit
< 40%	0,7	0,9	1,1	1,4
(40 – 75) %	0,8	1	1,3	1,6
>75%	0,9	1,1	1,5	1,8

Sumber : *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.28/PRT/M/2016, halaman 44*

Tabel 2.9. Faktor efisiensi kerja alat (Fa) *excavator*

Kondisi Operasi	Faktor Efisiensi
Baik	0,83
Sedang	0,75
Agak Kurang	0,67
Kurang	0,58

Sumber : *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.28/PRT/M/2016, halaman 44*

Untuk waktu siklus pekerjaan *excavator* terdiri atas :

- Waktu siklus (Ts)
- Waktu gali
- Waktu putar
- Waktu dumping
- Waktu putar kembali

Durasi waktu didapat dari Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.28/PRT/M/2016 terdapat pada tabel berikut:

- Waktu gali (detik)

Tabel 2.10. Waktu galian dengan *excavator*

Kedalaman galian	Ringan	Sedang	Agak Sulit	Sulit
0 - < 2m	6	9	15	26
2m - <4m	7	11	17	28
4m – Lebih	8	13	19	30

- Waktu putar (detik)

Tabel 2.11. Waktu putar dengan *excavator*

Sudut Putar	Waktu Putar
45° – 90°	4 – 7
45° – 90°	5 - 8

Sedangkan untuk waktu dumping kedalam *dump truck* berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No.28/PRT/M/2016 adalah 5 – 8 detik.

2. Hydraulic Static Pile Driver

Hydraulic Static Pile Driver adalah alat berat yang digunakan untuk pekerjaan pemancangan. Alat ini berfungsi memancang tiang pancang kedalam tanah sesuai dengan kedalaman yang direncanakan. Pemancangan dilakukan dengan menekan tiang pancang ke titik-titik yang sudah direncanakan koordinatnya. Alat Hydraulic Static Pile Driver yang digunakan dapat memiliki beban 80, 120, dan 240 ton. Dapat mengangkat pile dengan panjang

mencapai 15 meter. Dimensi dari alat ini adalah 12 m x 9,5 m x 6,9 m. Dan kecepatan maksimum pemancangan dapat mencapai 5,6 meter / menit.



Gambar 2.3. Hydraulic Static Pile Driver.

Sumber : sinovogroup.com

3. Tower Crane

Tower crane adalah alat berat yang digunakan pada pembangunan gedung yang bertingkat tinggi. Alat ini berfungsi untuk mengangkat dan memindahkan material-material konstruksi ke lokasi pekerjaan. Penggunaan tower crane dapat membuat pekerjaan pengangkatan material menjadi lebih mudah dan efisien. Berikut adalah spesifikasi dari tower crane yang dipakai:

Nama Unit = JL 8032 Jiang Lu

Panjang jib = 80 m

Kecepatan hoisting = 93 m / menit

Kecepatan slewing = 252° / menit

Kecepatan Trolley = 50 m / menit

Kecepatan Landing = 93 m /menit

Faktor efisiensi alat = 0,82



Gambar 2.4. Tower Crane.

Sumber : cranemarket.com

4. Truck Mixer

Truck mixer adalah alat berat yang digunakan untuk mengangkut beton ready mix dari tempat pembuatan beton ke lokasi proyek. Kapasitas angkut beton truck mixer pada proyek ini menggunakan 10 m³.



Gambar 2.5. Truck Mixer

Sumber : Alibaba.com

5. *Concrete Pump dan Concrete Bucket*

Concrete pump adalah alat berat yang berfungsi untuk menyalurkan beton segar ke lokasi pengecoran. Concrete pump mempunyai lengan mekanis yang dapat mengubah posisi lengan menjadi horizontal maupun vertikal sehingga cocok digunakan pada bangunan yang bertingkat. Berikut adalah spesifikasi alat concrete

pump yang dipakai:

Portable Concrete Pump

Tipe alat = Schwing SP 1800 D

Concrete Output = 73 m³ / jam

Jangkauan = 70 – 100 m

Faktor efisiensi = 0,75

Pengecoran juga dapat dilakukan dengan menggunakan *concrete bucket*. *Concrete bucket* adalah tempat pengangkutan adukan cor beton dari truk *mixer* sampai ke tempat pengecoran yang terdapat pada ketinggian yang tidak dapat dijangkau *concrete pump*. Pengangkatan *concrete bucket* dibantu dengan menggunakan *tower crane*. Kapasitas *concrete bucket* yang dipakai berkapasitas 1 m³.



Gambar 2.6. Concrete Pump dan Bucket Cor.

Sumber : google image

2.2.11 Perhitungan Durasi Pekerjaan

Perhitungan durasi pada setiap pekerjaan berbeda-beda dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor-faktor tersebut yaitu, kapasitas produksi, koefisien pekerja, dan volume pekerjaan. Untuk mengetahui durasi suatu item pekerjaan maka terlebih dahulu mengetahui kapasitas produksinya.

1. Pekerjaan Persiapan

Pada pekerjaan persiapan ini terdapat tiga tahapan, yaitu pekerjaan pengukuran, pekerjaan pemagaran, dan pekerjaan bouwplank.

A. Pengukuran

a. Pengukuran rangka

- $Lahan = \frac{Keliling\ lahan}{Kapasitas\ pekerja} / \text{jumlah grup}$
- $Lahan = \frac{Keliling\ bangunan}{Kapasitas\ pekerja} / \text{jumlah grup}$

b. Pengukuran situasi

- $Lahan = \frac{Luas\ Lahan}{Kapasitas\ pekerja} / \text{jumlah grup}$
- $Lahan = \frac{Luas\ bangunan}{Kapasitas\ pekerja} / \text{jumlah grup}$

c. Penggambaran / Plotting hasil situasi

- $Lahan = \frac{Luas}{Kapasitas\ pekerja} / \text{jumlah grup}$
- $Lahan = \frac{Luas}{Kapasitas\ pekerja} / \text{jumlah grup}$

d. Total Durasi

Total durasi = Durasi pengukuran rangka + pengukuran situasi + Penggambaran situasi.

Kapasitas kerja pada pekerjaan pengukuran didapat dari tabel dibawah ini.

Tabel 2.12. Kapasitas kerja pada pekerjaan pengukuran.

Jenis Pekerjaan	Hasil Pekerjaan	
Pengukuran rangka (Polygon utama)	1,5	Km/regu/hari
Pengukuran situasi	5	Ha/regu/hari
Pengukuran trace saluran	0,5	Km/regu/hari
Penggambaran/plot hasil ukuran situasi, skala 1:2000 di lapangan	20	Ha/Org/hari
Penggambaran trace saluran skala 1:5000 di lapangan	2 – 2,5	Km/Org/hari

Sumber : Ir. Soedrajat S, *Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan Lanjutan*, Nova, Bandung, halaman 145.

Namun menurut Buku “Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan Lanjutan” oleh Ir. Soedrajat, jumlah pekerja dalam 1 regu kerja untuk pengukuran paling sedikit dari:

- 1 Orang surveyor atau tukang ukur merangkap mandor
- 2 Orang pembantu pemegang rambu
- 2 Orang tukang pasang patok dan mengukur pita ukur
- 1 Orang tukang gambar atau memplot hasil ukur

- 1 atau 2 orang pembantu mengangkat alat – alat.

B. Pemagaran

a. Durasi pemasangan tiang vertical

$$\text{Durasi jam} = \text{Kapasitas produksi} \times \frac{\text{Volume tiang}}{2,36 \text{ m}^2}$$

$$\text{Durasi hari} = \frac{\text{Durasi (jam)}}{\text{Jml.pekerja} \times \text{jam kerja}}$$

b. Durasi pemasangan tiang horizontal

$$\text{Durasi jam} = \text{Kapasitas produksi} \times \frac{\text{Volume tiang}}{2,36 \text{ m}^2}$$

$$\text{Durasi hari} = \frac{\text{Durasi (jam)}}{\text{Jml.pekerja} \times \text{jam kerja}}$$

c. Durasi pemasangan seng

$$\text{Durasi jam} = \text{Kapasitas produksi} \times \frac{\text{Volume tiang}}{2,36 \text{ m}^2}$$

$$\text{Durasi hari} = \frac{\text{Durasi (jam)}}{\text{Jml.pekerja} \times \text{jam kerja}}$$

d. Durasi total

$$\text{Durasi total} = \text{Durasi pemasangan tiang vertikal} + \text{tiang horizontal} + \text{durasi pemasangan seng}$$

Kapasitas kerja pada pekerjaan pemagaran didapat dari jam kerja yang dibutuhkan 2,36 m² konstruksi, seperti yang terdapat pada tabel berikut:

Tabel 2.13. Kapasitas kerja pada pekerjaan *bouwplank*.

Jenis Pekerjaan	Jam Kerja / 2,36 m ³			Rata – rata (Dipilih)
	Persiapan	Mendirikan	Jumlah	
Tiang, sebatang kayu	8 - 12	8 - 12	16 - 24	20
Papan dinding			14 - 26	20

Sumber : *Ir. Soedrajat S, Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan Lanjutan, Nova, Bandung, halaman 178 – 179.*

Dari tabel diatas, jam kerja yang digunakan untuk perhitungan durasi yaitu pada setiap jenis pekerjaan dipilih rentang waktu jumlah jam kerja persiapan dan mendirikan. Kemudian nilai jam kerja yang dipakai yaitu dengan mengambil nilai tengah pada rentang waktu tersebut.

2. Pemancangan

Produktivitas pemancangan didapat dari jumlah waktu siklus yang diperlukan untuk setiap titik pemancangan. Berikut adalah proses waktu siklus pemancangan :

1. Sentring alat pancang (t1)

Mengontrol posisi alat pancang agar tepat di atas titik yang akan dipancang.

2. Pengangkatan tiang pancang segmen 1 (t2)

Pengangkatan tiang pancang segmen 1 (bagian bawah) oleh alat pancang.

3. Sentring tiang pancang (t3)

Mengontrol posisi tiang pancang agar tepat di atas titik yang akan dipancang.

4. *Injection* segmen 1 (t4)

Proses menekan tiang pancang segmen 1 atau bagian bawah ke dalam tanah.

5. Pengangkatan tiang pancang segmen 2 (t5)

Pengangkatan tiang pancang segmen 2 (bagian atas) oleh alat pancang.

6. Sentring tiang pancang (t6)

Mengontrol posisi tiang pancang agar tepat di atas titik yang akan dipancang.

7. Pengelasan (t7)

Penyambungan tiang pancang segmen 1 dan tiang pancang segmen 2 dengan cara di las.

8. *Injection* segmen 2 (t8)

Proses menekan tiang pancang segmen 2 atau bagian atas ke dalam tanah.

9. Pengangkatan dan penyetingan dolly (t9)

Proses mengangkat dan memposisikan dolly di atas tiang pancang segmen 2 (bagian atas).

10. *Injection* dolly (t10)

Proses menekan dolly ke sisa pemancangan tiang pancang segmen 2 ke dalam tanah.

11. Pemindahan dolly (t11)

Proses emindahkan dolly dari alat pancang.

12. Pindah titik pancang (t12)

Proses perpindahan alat pancang ke titik pancang lain dalam 1 pile cap.

13. Pindah titik pile cap (t13)

Proses perpindahan alat pancang ke pile cap berikutnya.

Sehingga didapat nilai total waktu siklus untuk pemancangan 1 titik adalah :

$$\text{Waktu siklus } t = t_1+t_2+t_3+t_4+t_5+t_6+t_7+t_8+t_9+t_{10}+t_{11}+t_{12}+t_{13}$$

Kemudian waktu siklus pemancangan untuk 1 titik tersebut dihitung untuk jumlah tiang pancang dalam 1 pile cap (pc) sehingga.

1. Durasi pile cap 1

$$\text{Durasi pancang} = \frac{\text{Waktu siklus} \times \text{Jumlah pancang}}{60}$$

$$\text{Durasi pindah pc} = \frac{\text{Jarak perpindahan}}{\text{Kecepatan pemancangan}}$$

$$\text{Durasi total} = \text{Durasi pancang} + \text{durasi pindah pc}$$

2. Durasi pile cap 2

$$\text{Durasi pancang} = \frac{\text{Waktu siklus} \times \text{Jumlah pancang}}{60}$$

$$\text{Durasi pindah pc} = \frac{\text{Jarak perpindahan}}{\text{Kecepatan pemancangan}}$$

Durasi total = Durasi pancang + durasi pindah pc

Kemudian perhitungan dilanjutkan hingga alat pancang menyelesaikan pemancangan pada semua pile cap. Sehingga durasi total keseluruhan pekerjaan pemancangan yaitu jumlah dari durasi total pada masing-masing pile cap.

3. Galian dan Timbunan

Pekerjaan galian menggunakan alat berat *excavator* dan *dump truck*. Pekerjaan galian dipengaruhi oleh berbagai faktor-faktor dalam perhitungan kapasitas produksinya. Dalam tabel-tabel di bawah adalah faktor-faktor dalam pekerjaan galian:

- Faktor Bucket (Fb)

Tabel 2.14. Faktor bucket (Fb)

Kondisi Operasi	Kondisi Lapangan	Faktor Bucket
Mudah	Tanah biasa, lempung, tanah lembut	1,1 – 1,2
Sedang	Tnah biasa berpasir	1,0 – 1,1
Agak Sulit	Tanah biasa berbatu	1,0 – 0,9
Sulit	Batu pecah hasil	0,9 – 0,8

- Faktor efisiensi kerja alat (Fa)

Tabel 2.15. Faktor efisiensi *excavator* (Fa).

Kondisi Operasi	Faktor Efisiensi
Baik	0,83
Sedang	0,75
Agak Kurang	0,67
Kurang	0,58

- Faktor konversi galian (Fv)

Tabel 2.16. Faktor konversi galian (Fv)

Kondisi Galian	Kondisi Membuang (<i>dumping</i>)			
	Mudah	Normal	Agak Sulit	Sulit
< 40%	0,7	0,9	1,1	1,4
(40 – 75) %	0,8	1	1,3	1,6
>75%	0,9	1,1	1,5	1,8

- Waktu gali (detik)

Tabel 2.17. Waktu galian dengan menggunakan *excavator*

Kedalaman galian	Ringan	Sedang	Agak Sulit	Sulit
0 - < 2m	6	9	15	26
2m - <4m	7	11	17	28
4m – Lebih	8	13	19	30

- Waktu putar (detik)

Tabel 2.18 Waktu putar dengan menggunakan *excavator*

Sudut Putar	Waktu Putar
45°– 90°	4 – 7
45°– 90°	5 - 8

- Kecepatan *dump truck*

Tabel 2.19. Kecepatan *dump truck* dan kondisi lapangan.

Kondisi Lapangan	Kondisi Beban	V
		(Km/Jam)

Datar	Isi	40
	Kosong	60
Menanjak	Isi	20
	Kosong	40
Menurun	Isi	20
	Kosong	40

Faktor – faktor alat berat di atas mengacu pada peraturan menteri PUPR no.28- 2016.

- Faktor *Swell* tanah

Faktor *swell* tanah yaitu mengembangnya tanah setelah dilakukan penggalian. Sehingga volume tanah yang telah digali akan semakin besar.

Faktor *swell* tanah = 45%

- Waktu siklus *excavator* (T_s)

Waktu siklus *excavator* diambil dari faktor waktu alat berat yang telah ditulis di atas. Sehingga waktu siklus *excavator* terdiri atas:

- Waktu gali = 11 detik
- Waktu putar = 5 detik
- Waktu *dumping* = 7 detik
- Waktu putar = 5 detik

Sehingga waktu siklus total adalah = 28 detik atau dalam menit adalah = 0,467 menit.

Sehingga perhitungan durasi pekerjaan adalah sebagai berikut:

a. Produktivitas

- Excavator

Menurut peraturan menteri PUPR no.28-2016, rumus kapasitas produksi dari *excavator* adalah sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas produksi / jam, } Q \text{ (m}^3\text{)} = \frac{V \times Fb \times Fa \times 60}{Ts \times Fv}$$

Keterangan:

- V = Kapasitas bucket (m³)
- Fb = Faktor bucket
- Fa = Faktor efisiensi alat
- Ts = Waktu siklus (menit)
- Fv = Faktor konversi

- *Dump truck*

Menurut peraturan menteri PUPR no.28-2016, rumus kapasitas produksi dari *dump truck* adalah sebagai berikut :

$$\text{Kapasitas produksi / jam, } Q \text{ (m}^3\text{)} = \frac{V \times Fa \times 60}{D \times Ts}$$

Keterangan :

- V = Kapasitas bak *truck* (ton)
- Fa = Faktor efisiensi alat
- D = Berat isi material (ton/m³)
- Ts = Waktu siklus (menit)

Waktu siklus *dump truck* diambil dari faktor waktu alat berat yang telah ditulis diatas. Sehingga waktu siklus *dump truck* terdiri atas:

- Waktu muat (t1)

$$\text{Waktu muat} = \frac{V \times 60}{D \times Q \text{ excavator}}$$

- Waktu muat (t2)

$$\text{Waktu muat} = \frac{\text{Jarak buang}}{\text{Kecepatan truk bermuatan}}$$

- Waktu buang (*dumping*) (t3)

$$\text{Waktu muat} = 2 \text{ menit}$$

- Waktu muat (t4)

$$\text{Waktu kembali} = \frac{\text{Jarak buang}}{\text{Kecepatan truk bermuatan}}$$

- Waktu persiapan ulang (*setting*) (t5)

$$\text{Waktu setting} = 2 \text{ menit}$$

Sehingga waktu siklus total (Ts) *dump truck* adalah:

$$\text{Waktu siklus} = t1 + t2 + t3 + t4 + t5$$

Untuk pengangkutan hasil galian ke tempat pembuangan dibutuhkan beberapa unit *dump truck*, sehingga kebutuhan *dump truck* adalah:

$$\text{Jumlah dump truck} = \frac{Q \text{ excavator}}{Q \text{ dump truck}}$$

b. Perhitungan durasi galian

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume tanah swell}}{\text{Produktivitas excavator}}$$

c. Perhitungan durasi timbunan

Pekerjaan timbunan ini adalah penimbunan tanah kembali setelah pekerjaan *pile cap* dan *sloof* selesai dilakukan. Pekerjaan timbunan ini menggunakan alat berat sama seperti pekerjaan galian yaitu *excavator*.

Perhitungan durasi:

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume timbunan tanah}}{\text{Produktivitas excavator}}$$

4. Pemesian

Kapasitas produksi atau produktivitas pada pekerjaan pemesian dapat dihitung berdasarkan rumus berikut (Ir. Soedrajat S,1984):

- Pemotongan tulangan

$$\text{Kapasitas produksi} = \frac{\text{Total jam kerja}}{\text{Keperluan jam pemotongan}} \times 100$$

- Pembengkokan tulangan

$$\text{Kapasitas produksi} = \frac{\text{Total jam kerja}}{\text{Keperluan jam pemotongan}} \times 100$$

- Pengaitan

$$\text{Kapasitas produksi} = \frac{\text{Total jam kerja}}{\text{Keperluan jam pemotongan}} \times 100$$

- Pemasangan tulangan

$$\text{Kapasitas produksi} = \frac{\text{Total jam kerja}}{\text{Keperluan jam pemotongan}} \times 100$$

Total jam kerja = Jumlah pekerja x jumlah grup x 8 jam

Total jam kerja didapatkan dari jumlah jam kerja pekerja (tanpa jam kerja mandor) dalam 1 hari. Pada pengerjaan proyek ini jam kerja dalam satu hari adalah 8 jam, dimulai dari pukul 08.00 -17.00 dengan waktu istirahat pada pukul 12.00 - 13.00. Sedangkan untuk keperluan jam untuk pekerjaan pembengkokan dan pengakaitan tiap 100 tulangan diambil berdasarkan nilai rata-rata pada range nilai tabel 2.21 berikut:

Tabel 2.20 Keperluan jam kerja buruh untuk membuat 100 bengkakan dan kaitan

Ukuran besi beton ϕ	Dengan tangan		Dengan mesin	
	Bengkakan, (jam)	Kait, (jam)	Bengkakan, (jam)	Kait, (jam)
1 - ½" (12 mm) kebawah	2 - 4	3 - 6	0,8 - 1,5	1,2 - 2,5
2 - 5/8" (16 mm), ¾" (19 mm) 7/8" (22 mm)	2,5 - 5	4 - 8	1 - 2	1,6 - 3
3 - 1" (25 mm), 1 1/8" (28,5 mm)	3 - 6	5 - 10	1,2 - 2,5	2 - 4
4 - 1¼" (31,75 mm), 1½" (38,1mm)	4 - 7	6 - 12	1,5 - 3	2,5 - 5

Sumber : Ir. Soedrajat S, *Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan, Nova, Bandung, halaman 91.*

Sedangkan untuk keperluan jam kerja untuk pemasangan besi tiap 100 tulangan adalah sebagai berikut :

Ukuran besi beton ϕ	Panjang batang tulangan (m)		
	Dibawah 3 m	3 - 6 m	6 - 9 m
1 - ½" (12 mm) kebawah	3,5 - 6	5 - 7	6 - 8
2 - 5/8" (16 mm), ¾" (19 mm) 7/8" (22 mm)	4,5 - 7	6 - 8,5	7 - 9,5
3 - 1" (25 mm), 1 1/8" (28,5 mm)	5,5 - 8	7 - 10	8,5 - 11,5
4 - 1¼" (31,75 mm), 1½" (38,1 mm)	6,5 - 9	8 - 12	10 - 14

Tabel 2.21. Keperluan jam kerja buruh untuk memasang 100 buah tulangan

Sumber : Ir. Soedrajat S, *Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan, Nova, Bandung, halaman 92.*

Dan untuk keperluan jam pemotongan memerlukan waktu antara 1 sampai 3 jam untuk 100 batang tulangan.

Dari range-range keperluan jam di atas, dipilih nilai tengah pada range tersebut untuk dimasukkan ke dalam perhitungan. Berdasarkan perhitungan kapasitas produksi yang didapatkan, maka perhitungan durasi item pekerjaan dapat diketahui melalui persamaan berikut:

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Jumlah tulangan}}{\text{Kapasitas Produksi}}$$

5. Bekisting

Pada pekerjaan bekisting pada proyek ini terdapat dua jenis bekisting, yaitu bekisting dengan batako dan bahan dasar kayu dan multiplek.

A. Bekisting batako

Kapasitas produksi atau produktivitas pada pekerjaan bekisting batako dapat dihitung berdasarkan rumus berikut

(Ir. Soedradjat S, 1984):

Produktivitas masing – masing pekerja yang bekerja memasang batako :

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Jam Kerja pekerja}}{\text{Keperluan jam}} \times 100$$

Total jam kerja = Jumlah pekerja x jumlah grup x 8 jam

Pada table keperluan jam kerja dibawah, terdapat keperluan jam kerja masing – masing untuk tukang batu dan pembantu tukang. Sehingga perhitungan produktivitas menjadi :

$$\text{Jumlah Produktivitas} = \text{Produktivitas tukang batu} + \text{pembantu tukang}$$

Total jam kerja didapatkan dari jumlah jam kerja pekerja dalam 1 hari. Sedangkan untuk keperluan jam untuk masing-masing pekerjaan bekisting batako diambil berdasarkan nilai rata-rata pada range nilai tabel 2.23 berikut :

Tabel 2.22. Keperluan jam kerja buruh untuk memasang batako

Jenis Pekerjaan	Jam / 100 blok atau jubin		Blok atau jubin/jam	
	Tukang pasang batu	Pembantu	Tukang pasang batu	Pembantu
- Pondasi, 20 cm x 20 cm x 40 cm (ukuran blok-blok)	2,5 – 5	2,5 – 5	20 – 40	20 – 40
- Bagian di atas Pondasi : ukuran blok sama dg diatas, ada sedikit lobang-lobang pintu dan sudut-sudut	2,8 – 5,5	2,8 – 6,5	18 – 35	16 – 35
- Bagian di atas Pondasi, ukuran blok sama dengan di atas, ada beberapa lobang-lobang pintu dan pekerjaan sudut.	3,3 – 6,7	3,3 – 7	15 – 30	14 – 30
- Dinding pembagi ruangan, ukuran blok 15 cm x 20 cm x 30 cm, sedikit lobang-lobang pintu	2,5–4	2,5 – 5	25 – 40	20 – 40
- Dinding pembagi ruangan sama dengan di atas hanya ada beberapa lobang-lobang pintu	2,8–5,5	2,8 – 6	18 – 35	17 – 35
Penyelesaian voeg-voeg dan pembersihan pekerjaan pemasangan blok-blok dan jubin bata				
Sebelah permukaan dinding saja :				
- Penyelesaian voeg biasa/sederhana	1,7 – 5	0,25 – 0,50	20 – 60	100 – 200
- Penyelesaian voeg berukir	3,3 – 10	2,5 – 6,7	10 – 30	15 – 40
Membersihkan sebelah muka dinding saja :	1,25 – 4	–	25 – 80	–

Sumber : Ir. Soedrajat S, *Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan, Nova, Bandung, halaman 139.*

Dari range-range keperluan jam di atas, dipilih nilai tengah pada range tersebut untuk dimasukkan ke dalam perhitungan. Berdasarkan perhitungan kapasitas produksi yang didapatkan, maka perhitungan durasi item pekerjaan dapat diketahui melalui persamaan berikut:

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Jumlah batako}}{\text{Kapasitas produksi}}$$

B. Bekisting Kayu

Kapasitas produksi atau produktivitas pada pekerjaan bekisting kayu dapat dihitung berdasarkan rumus berikut (Ir. Soedrajat S, 1984)

- Fabrikasi bekisting

$$\text{Kapasitas produksi} = \frac{\text{Total jam kerja}}{\text{Keperluan jam fabrikasi}} \times 10$$

- Pemasangan bekisting

$$\text{Kapasitas produksi} = \frac{\text{Total jam kerja}}{\text{Keperluan jam fabrikasi}} \times 10$$

- Pembongkaran bekisting

$$\text{Kapasitas produksi} = \frac{\text{Total jam kerja}}{\text{Keperluan jam fabrikasi}} \times 10$$

- Reparasi bekisting

$$\text{Kapasitas produksi} = \frac{\text{Total jam kerja}}{\text{Keperluan jam fabrikasi}} \times 10$$

Total jam kerja = Jumlah pekerja x jumlah grup x 8 jam

Total jam kerja didapatkan dari jumlah jam kerja pekerja dalam 1 hari. Sedangkan untuk keperluan jam untuk masing- masing

pekerjaan bekisting diambil berdasarkan nilai rata – rata pada range nilai tabel 2.24 sebagaimana berikut :

Jenis cetakan kayu	Jam kerja tiap luas cetakan 10 m ²			
	Menyetel	Memasang	Membuka dan membersihkan	Repa-rasi
1. Pondasi/pangkal jembatan	3 - 7	2 - 4	2 - 4	2 sam pai 5 jam untuk segala jenis peker jaan.
2. Dinding	5 - 9	3 - 5	2 - 5	
3. Lantai	3 - 8	2 - 4	2 - 4	
4. Atap	3 - 9	2 - 5	2 - 4	
5. Tiang	4 - 8	2 - 4	2 - 4	
6. Kepala-kepala tiang	5 - 11	3 - 7	2 - 5	
7. Balok-balok	6 - 10	3 - 4	2 - 5	
8. Tangga-tangga	6 - 12	4 - 8	3 - 5	
9. Sudut-sudut tiang dan balok * berukir	5 - 11	3 - 9	3 - 5	
10. Ambang jendela dan lintel *	5 - 10	3 - 6	3 - 5	

Tabel 2.23. Keperluan jam kerja tenaga buruh untuk pekerjaan bekisting

Sumber : Ir. Soedrajat S, *Analisa (cara modern) Anggaran Biaya Pelaksanaan*, Nova, Bandung, halaman 86.

Berdasarkan perhitungan kapasitas produksi yang didapatkan, maka perhitungan durasi item pekerjaan dapat diketahui melalui persamaan berikut :

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Luas Bekisting}}{\text{Kapasitas produksi}}$$

6. Pengecoran

Pada pekerjaan pengecoran pada proyek ini terdapat dua cara, yaitu pengecoran dengan menggunakan *concrete pump* dan pengecoran menggunakan *bucket cor* yang diangkat oleh *tower crane*.

A. Pengecoran *Concrete Pump*

Pada pekerjaan pengecoran menggunakan *concrete pump*, untuk menentukan kapasitas produksinya yaitu berdasarkan kapasitas produksi alat dari *concrete pump* sebagai berikut:

$$Q = \text{Concrete output} \times \text{efisiensi kerja}$$

Sedangkan efisiensi kerja didapatkan dari nilai yang terdapat pada tabel 2.4, pada tabel tersebut dipakai nilai pada kondisi operasi alat adalah baik dan pemeliharaan mesin baik. Sehingga didapat nilai efisiensi kerja yang dengan menghitung waktu siklus dari pengecoran untuk mengetahui durasinya. Waktu siklus pengecoran menggunakan *concrete pump* adalah sebagai berikut :

1. Waktu persiapan

- Pengaturan posisi alat = 15 menit
- Pemasangan pipa = 40 menit

$$\text{Total waktu persiapan} = 55 \text{ menit} \sim 0,917 \text{ jam}$$

2. Waktu pengecoran

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume beton cor}}{\text{Kapasitas produksi concrete pump}}$$

3. Waktu pergantian truk *mixer*

- Jumlah truk *mixer*:

$$\text{Jumlah} = \frac{\text{Volume beton cor}}{\text{Kapasitas 1 truk mixer}}$$

- Pergantian truk *mixer* = 5 menit

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Jumlah truk mixer} \times \text{waktu pergantian truk}}{60}$$

- Uji slump truck *mixer* = 5 menit

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Jumlah truk mixer} \times \text{waktu pergantian truk}}{60}$$

- Total waktu pergantian truk *mixer*

$$\text{Durasi} = \text{Durasi pergantian truk mixer} + \text{uji slump}$$

4. Waktu pasca pelaksanaan

- Pembersihan pompa = 30 menit
- Pembongkaran pipa = 30 menit
- Persiapan kembali = 10 menit

$$\text{Total waktu pasca pelaksanaan} = 70 \text{ menit} \sim 1,17 \text{ jam}$$

Maka total durasi keseluruhan pekerjaan pengecoran menggunakan *concrete pump* adalah sebagai berikut :

$$\text{Durasi} = \text{Waktu persiapan} + \text{waktu pengecoran} + \text{waktu pergantian truk mixer} + \text{waktu pasca pelaksanaan}$$

B. Pengecoran *Bucket Cor*

Pada pekerjaan pengecoran menggunakan bucket cor, untuk menentukan kapasitas produksinya yaitu berdasarkan kapasitas produksi dari kombinasi alat tower crane dan bucket car dari rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{\text{Volume 1 cor 1 siklus}}{\text{Waktu siklus TC}} \times \text{faktor efisiensi alat}$$

Sedangkan efisiensi alat didapatkan dari nilai yang terdapat pada tabel 2.4, pada tabel tersebut dipakai nilai pada kondisi operasi alat adalah baik sekali dan pemeliharaan mesin baik. Sehingga didapat nilai efisiensi kerja yang dipakai adalah 0,81.

Kemudian pekerjaan dilakukan dengan menghitung waktu siklus dari pengecoran untuk mengetahui durasinya. Waktu siklus pengecoran menggunakan bucket cor yang diangkat dengan menggunakan tower crane adalah sebagai berikut:

1. Waktu persiapan

- Pengaturan posisi alat = 5 menit

Total waktu persiapan = 5 menit ~ 0,083 jam

2. Waktu pengecoran

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume beton cor}}{\text{Kapasitas produksi}}$$

3. Waktu pergantian truk *mixer*

- Jumlah truk *mixer*:

$$\text{Jumlah} = \frac{\text{Volume beton cor}}{\text{Kapasitas 1 truk mixer}}$$

- Pergantian truk *mixer* = 5 menit

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Jumlah truk mixer} \times \text{waktu pergantian truk}}{60}$$

- Uji slump truck *mixer* = 5 menit

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Jumlah truk mixer} \times \text{waktu pergantian truk}}{60}$$

- Total waktu pergantian truk *mixer*

$$\text{Durasi} = \text{Durasi pergantian truk mixer} + \text{uji slump}$$

Maka total durasi keseluruhan pekerjaan pengecoran kolom menggunakan *bucket cord* dan *tower crane* adalah sebagai berikut :

Durasi = Waktu persiapan + waktu pengecoran + waktu pergantian truk mixer

2.2.12 Anggaran Biaya Pelaksanaan

Berdasarkan buku "Analisa (earn modem) Anggaran Biaya Pelaksanaan" karya Ir. A Soedrajat, terdapat 3 aspek yang menjadi bahan pertimbangan dalam perhitungan anggaran biaya pelaksanaan, yaitu:

1. Pekerja

Perhitungan upah pekerja dipengaruhi oleh berbagai aspek, diantaranya :

- Keahlian dan ketrampilan pekerja
- Durasi jam kerja pada tiap pekerjaan yang dilakukan
- Kondisi lingkungan pekerjaan

Cara perhitungan biaya upah pekerja adalah sebagai berikut

$$\text{Biaya Pekerja} = \text{Jumlah pekerja} \times \text{Upah pekerja/hari} \times \text{Durasi}$$

2. Alat – alat konstruksi

Perhitungan biaya alat – alat konstruksi yang digunakan dalam perhitungan dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Biaya Alat} = \text{Jumlah alat} \times \text{Harga sewa alat} \times \text{Durasi}$$

3. Bahan Material

Perhitungan anggaran biaya material memakai bahan material di lokasi pembangunan proyek gedung. Sehingga

$$\text{Biaya Material} = \text{Volume material} \times \text{Harga Material}$$

harga material yang dipakai memakai harga di Kabupaten Gresik. Berikut cara menghitung biaya material :

2.2.13 Metode Penjadwalan Proyek

Perencanaan penjadwalan, alokasi sumber daya baik pekerja, alat, maupun material dari suatu proyek dapat menggunakan alat bantu berupa *Primavera P6* yang nantinya dapat menghasilkan output berupa rincian alokasi sumber daya baik pekerja, alat, maupun material yang tertuang didalam *activity usage* profile atau *curve S* (Kurva S). Dalam menyusun penjadwalan proyek. Metode penjadwalan yang digunakan dalam penyusunan proyek akhir ini menggunakan *Precedence Diagram Method (PDM)*. Penggunaan *Precedence Diagram Method* mempunyai kelebihan yaitu:

- Tidak memerlukan kegiatan fiktif/*dummy* sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana.
- Hubungan overlapping yang berbeda dapat dibuat tanpa menambah jumlah kegiatan.
- Dapat mengetahui jalur kritis pada penjadwalan pekerjaan.

1. Kurva S (*S Curve*)

Kurva S adalah kemajuan volume pekerjaan yang disajikan dalam bentuk grafis yang dapat memberikan nilai ukuran kemajuan pekerjaan atau nilai kumulatif biaya pada sumbu vertikal, dan satuan waktu pada sumbu horizontal.

Grafik kurva S dapat memberikan informasi mengenai apakah suatu proyek pembangunan itu mengalami keterlambatan dari rencana awal pembangunan atau justru mengalami percepatan pada proses pekerjaannya. Langkah-langkah pembuatan kurva S adalah sebagai berikut:

1. Pertama – tama hal yang dilakukan adalah menghitung durasi pada setiap item pekerjaan yang dilakukan.
2. Menghitung biaya pada masing – masing item pekerjaan dan menghitung jumlah total biaya semua pekerjaan.
3. Menghitung persentase (%) bobot biaya pada masing – masing item pekerjaan. Berikut adalah cara menghitung presentase bobot :

$$\text{Persentase (\%)} = \frac{\text{Harga item pekerjaan}}{\text{Harga total seluruh pekerjaan}} \times 100$$

4. Kemudian pada letak hari pelaksanaan pekerjaan dilaksanakan, diisi dengan hasil pembagian dari bobot pekerjaan dibagi dengan durasi pekerjaan.
5. Pengisian bobot pekerjaan dilakukan untuk semua item pekerjaan pada hari pelaksanaannya masing-masing.
6. Menjumlahkan nilai bobot sesuai dengan kolom lajur waktunya masing-masing.
7. Melakukan penjumlahan kumulatif persentase bobot pada lajur persentase kumulatif dari bobot biaya.
8. Membuat kurva S berdasarkan persentase kumulatif bobot biaya



Gambar 2.7. Contoh Kurva S dalam Primavera P6

Sumber : Dokumentasi pribadi penulis.

2. *Primavera P6 Professional*

Pada pengerjaan proyek akhir ini terdapat berbagai macam item pekerjaan dengan masing – masing alokasi sumber daya yang berupa pekerja, alat dan peralatan proyek, serta material yang harus dilakukan perhitungan secara detail, tertata dan terperinci baik dari segi durasi dan biayanya. Sehingga dalam perencanaan proyek dapat berjalan sesuai dengan batas waktu dan dengan biaya seminimal mungkin maka diperlukan perencanaan dan penjadwalan yang terstruktur dan mudah dilakukan evaluasi dan monitoring. Oleh karena itu penjadwalan pada proyek akhir ini menggunakan bantuan perangkat lunak bernama *Primavera P6 Professional*. *Primavera P6 Professional* adalah perangkat lunak berbasis database yang dikembangkan oleh perusahaan yang bernama *oracle* dimana program tersebut dapat membantu dalam manajemen proyek seperti penjadwalan, pengalokasian sumberdaya, pekerja, alat dan peralatan, material, melacak progres, mengelola sumber daya, dan mampu menghimpun beberapa proyek lebih dari satu sampai dengan pengalokasian siapa yang bertanggung jawab dan siapa engineer-nya. Manfaat dari *Primavera P6 Professional* pada proyek akhir adalah sebagai berikut :

1. Dapat menunjukkan hubungan antar item pekerjaan satu dengan pekerjaan yang lain.
2. Dapat melakukan rincian pengisian sumber daya baik berupa sumber daya manusia (pekerja), alat dan peralatan serta material sampai dengan tingkat satuan jam dan unit.
3. Dapat melakukan penunjukan penanggung jawab setiap proyek atau pendetailan pada setiap aktivitas.

4. Dapat melakukan monitoring antar proyek karena *primavera p6* itu sendiri merupakan platform berbasis database
5. Dapat menunjukkan lintasan kritis pada penjadwalan yang telah dilakukan.
6. Untuk melakukan pengecekan dalam proses perhitungan dan penjadwalan agar dapat mengetahui apakah proyek berjalan sesuai dengan batas waktu yang direncanakan dan sesuai dengan anggaran yang direncanakan atau tidak.
7. *Primavera P6* memiliki keunggulan dari segi kompleksitas, detail dan rincian dari *Microsoft Project*. Karena basis dari *Primavera P6* itu sendiri merupakan alat bantu perhitungan dan penjadwalan proyek yang mengarah pada sistem database.

2.2.14 Keselamatan dan Kesehatan Kerja

Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi yang selanjutnya disingkat K3 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 (Peraturan Menteri PU No.05/PRT/M, 2014). Dalam sebuah proyek penting untuk menerapkan K3 dalam setiap pekerjaan yang beresiko terjadinya kecelakaan dan penyakit.

Oleh karena itu terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan pada setiap pekerjaan konstruksi yang dilakukan. Diantaranya adalah menggunakan alat pelindung diri (APD), pemasangan rambu-rambu pada area pekerjaan proyek, pengecekan alat secara berkala, dan lain-lain.

Biaya K3 berdasarkan Surat Edaran Menteri PUPR nomor 10/SE//M/2018 adalah berkisar antara 1,0%- 2,5% dari nilai pekerjaan. bangunan pada proyek akhir penulis ini menggunakan bangunan Rumah Susun Sederhana Sewa (Rusunawa) yang terdiri dari 3 lantai, sehingga diambil persentase hitungan biaya K3 adalah sebesar 2,5%.



Gambar 2.8. Peralatan dan rambu – rambu K3.

Sumber : google image

2.2.15 Pengendalian Mutu (Quality Control)

Pengendalian mutu (*Quality control*) adalah segala kegiatan yang berhubungan dengan pemantauan dan pengkajian hasil proyek (baik hasil antara atau final) untuk menentukan apakah telah memenuhi standar persyaratan dan spesifikasi yang telah ditentukan. Dan kemudian mengidentifikasi cara untuk menghilangkan sebab terjadinya penyimpangan.

A. Beton *Ready Mix*

Pekerjaan beton pada proyek pembangunan gedung Rumah Susun Sederhana Sewa (Rusunawa) Kambangan Kabupaten Gresik ini menggunakan beton ready mix. Beton ready mix ini banyak digunakan untuk menghemat waktu pembuatan beton. Selain itu penggunaan beton ready mix juga dapat meminimalisir penggunaan lahan untuk material pembuatan beton (semen, kerikil, pasir, dll). Maka untuk dapat menghasilkan mutu beton yang memenuhi karakteristik dan sesuai dengan standar maka perlu dilakukan pengujian terlebih dahulu.

Pengendalian mutu beton ready mix yang digunakan pada pembangunan gedung Rumah Susun Sederhana Sewa (Rusunawa) Kambangan Kabupaten Gresik ini dilakukan sebelum proses pengecoran dimulai yaitu pada saat truk *mixer* datang. Evaluasi atau pengujian mutu yang dilakukan adalah dengan melakukan *slump test* dan pengambilan sampel untuk diuji kuat tekan beton di laboratorium.

- *Slump test*

Berdasarkan SNI 1972:2008, alat yang digunakan dalam pengujian slump test harus berupa sebuah cetakan dari bahan logam yang tidak lengket dan tidak bereaksi dengan pasta semen. Ketebalan logam tidak boleh lebih kecil dari 1,5 mm. Cetakan berbentuk kerucut terpancung dengan diameter dasar 203 mm, diameter atas 102 mm, dan tinggi 305 mm. Pada pembangunan gedung Rumah Susun Sederhana Sewa (Rusunawa) Kambangan Kabupaten

Gresik digunakan beton dengan mutu K-250 dengan nilai pengujian slump minimal 7,5 cm dan maximum 15 cm. Pengambilan sampel untuk slump test dilakukan sesering mungkin, dapat dilakukan uji slump pada setiap truk mixer yang datang. Jika hasil dari pengujian slump memenuhi standar maka pekerjaan pengecoran dapat dilaksanakan. Namun jika hasil uji slump tidak memenuhi standar persyaratan yang diajukan maka pengawas berhak menolak/tidak menyetujui beton ready mix tersebut.

- Uji Tekan

Uji tekan bertujuan untuk mengetahui nilai kuat tekan beton (kuat tekan maksimum yang dapat diterima beton sampai beton mengalami kehancuran), serta dapat menentukan waktu untuk pembongkaran bekisting balok dan plat lantai. Pengambilan sampel untuk uji kuat tekan beton adalah sebanyak 8 sampel berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm. Uji kuat tekan pada benda uji dilakukan masing-masing 2 benda uji pada usia 7 hari, 14 hari, 21 hari, dan 28 hari. Benda uji diambil setiap mutu beton yang dicor setiap hari diambil sekali sehari, atau sekali setiap 110 m³ beton atau tidak kurang dari sekali untuk 460 m² luasan permukaan lantai atau dinding. Jika hasil uji kuat tekan beton dari laboratorium memenuhi syarat, maka pekerjaan konstruksi beton sudah memiliki syarat dan kriteria mutu yang direncanakan. Namun apabila mutu beton tidak memenuhi syarat, maka selanjutnya dilakukan pengujian beton keras yaitu dengan menggunakan metode pengujian *hammer test* dan *core drill* secara acak.

- Perawatan Beton

Perawatan beton dilakukan agar kualitas beton dapat terjaga dan untuk menjaga kelembaban dan suhu beton agar beton tidak mengalami keretakan karena kehilangan air yang begitu cepat sehingga mencapai mutu beton yang diinginkan. Berdasarkan ACI 347 -04 tahun 2004, setelah proses pengecoran beton, bekisting kolom dapat dilepas setelah 12 jam. Sedangkan untuk bekisting balok, plat, dan tangga dapat dilepas setelah 7-14 hari pengecoran. Setelah bekisting dilepas, permukaan beton yang sudah dicor dilakukan perawatan dengan cara membasahi permukaan beton dengan air atau dengan menggunakan karung goni yang dibasahi. Perawatan beton ini dilakukan selama minimal 7 hari setelah proses pengecoran.

B. Baja Tulangan

Syarat tulangan yang digunakan pada proyek pembangunan gedung Rumah Susun Sederhana Sewa (Rusunawa) Kambangan Kabupaten Gresik ini yaitu F_y 240 MPa untuk tulangan lentur dan F_y 400 MPa untuk tulangan geser. Pada saat pekerjaan berlangsung dan baja tulangan yang akan dipakai datang maka dilakukan pengukuran dan uji tarik. Cara pengambilan contoh yang akan dilakukan pengujian yaitu pengambilan dilakukan secara acak pada kelompok nomor leburan. Untuk kelompok yang terdiri dari nomor leburan yang berbeda dari satu ukuran dan satu kelas baja yang sama, sampai dengan 25 ton diambil 1 contoh uji, selebihnya berdasarkan kelipatannya (SNI 2052, 2017). Pengecekan pada baja tulangan secara fisik dilakukan dengan mengecek

diameter, panjang, dan jumlah lonjor sesuai yang dipesan. Untuk melakukan uji kuat tarik, diambil secara acak sesuai diameter yang dipesan, kemudian dibawa ke laboratorium untuk mengetahui apakah mutu baja sesuai dengan mutu baja rencana. Apabila mutu baja telah sesuai, maka pekerjaan selanjutnya dapat dilakukan. Namun apabila mutu baja tidak memenuhi, maka dilakukan pengembalian barang (*reject*) untuk ditukar dengan baja beton yang sesuai dengan spesifikasi yang direncanakan.

C. Bekisting

Menurut SNI 2847:2013, persyaratan bekisting adalah berikut :

- Cetakan harus menghasilkan struktu akhir yang memenuhi bentuk, garis, dan dimensi komponen bekisting.
- Cetakan harus kokoh dan cukup rapat untuk mencegah kebocoran mortar.
- Cetakan harus diperkaku atau diikat dengan baik untuk mempertahankan posisi dan bentuknya.
- Kekuatan dan kelayakan material bekisting untuk menahan beban juga harus diperhatikan.
- Untuk bekisting yang akan digunakan kembali setelah dipakai, maka harus dibersihkan dengan cara menyemprotkan air hingga bersih, dan untuk pembongkaran bekisting harus dilakukan dengan cara yang tepat agar tidak mengurangi keamanan dan kemampuan layan struktur.
- Pada saat pembongkaran bekisting beton, baton harus sudah cukup umur agar tidak terjadi kerusakan.