

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Riwew Penelitian Terdahulu

No	Judul Jurnal	Permasalahan	Metode Penelitian	Hasil dan Pembahasan	Persamaan
1	PERBANDINGAN SISTEM STRUKTUR DAN BIAYA PELAT LANTAI METODE PRECAST HALF SLAB DAN METODE KONVENSIONAL (Mochamad Romy, 2016)	-Bagaimana perbandingan kinerja sistem struktur pelat lantai antara metode precast half slab dan metode konvensional berdasarkan perhitungan manual dengan menggunakan bantuan software Safe12.	Pengumpulan Data, Permodelan menggunakan software safe12, Perhitungan plat precast dan konvensional secara manual, Penyusunan RAB, Analisis Perbandingan	Precast half slab memiliki fleksibilitas yang lebih besar dari pelat konvensional dengan mutu beton yang sama. Hal ini karena precast half slab memiliki displacement yang lebih besar dibandingkan dengan pelat konvensional	Persamaan perhitungan struktur, biaya dari precast half slab
		-l Bagaimana perbandingan Rencana Anggaran Biaya pelat lantai pada pembangunan gedung hotel Pesona antara metode precast half slab dan metode konvensional.		biaya pekerjaan pelat lantai dengan menggunakan metode precast half slab memberikan biaya yang lebih murah dibandingkan dengan total biaya pekerjaan pelat lantai dengan metode konvensional	
2	ANALISIS PERBANDINGAN PELAT LANTAI KONVENSIONAL DAN PRACETAK DITINJAU DARI ASPEK BIAYA DAN WAKTU PADA DERMAGA 006 TERMINAL OPERASI 1 PELABUHAN TANJUNG PRIOK, JAKARTA UTARA	Bagaimana perbandingan kedua metode tersebut dalam pengaplikasian di lapangan dalam aspek waktu dan biaya	Produktivitas tenaga kerja dalam pelaksanaan proses konstruksi pada pelat lantai dermaga 006 dalam memilih metode beton precast atau beton konvensional.	Untuk waktu pelaksanaan pekerjaan pelat lantai dermaga 006 pelabuhan tanjung priok dengan metode beton pracetak half slab dapat menghemat waktu 7 minggu dari metode konvensional. Ini dikarenakan antar pekerjaan install dan pengecoran topping	Menganalisis Waktu dan Biaya metode Konvensional dan Precast
		Produktifitas pekerja dalam pengaplikasian kedua metode tersebut	Biaya dan waktu pelaksanaan yang dibutuhkan dalam penyelesaian pekerjaan pada penggunaan material beton precast atau konvensional	Dari hasil Analisis yang didapat untuk pekerjaan pelat lantai dermaga 006 pelabuhan tanjung priok dengan metode beton konvensional dan beton Pracetak. Metode pracetak didapat penghematan sebesar 29.82% atau 15,308,130.41 jika dibandingkan dengan metode beton konvensional. Ini dikarenakan pemakaian bekisting yang bisa dipakai 5 kali.	
			Pemilihan material yang tepat guna dan tepat biaya untuk pelaksanaan penyelesaian proses konstruksi.		

3	<p>Studi Analisis Penggunaan Alat Berat (Crane) Sebagai Alat Angkat Untuk Instalasi Vessel LP Dan HP Separator Proyek PLTP Rantau Dedap.</p>	<p>Permasalahan pada pekerjaan pengangkatan (lifting) berdasarkan kondisi existing area kerja adalah bagaimana menentukan posisi crane, bagaimana menentukan kapasitas crane, bagaimana menentukan jenis lifting gear yang dapat menahan beban payload tanpa melebihi safety factor.</p>	<p>Persiapan Pekerjaan, Mengkonfigurasi pekerjaan crane, berat angkat yang dtentukan, menentukan crane yang benar,</p>	<p>penggunaan alat berat (crane) sebagai alat angkat untuk instalasi vessel LP dan HP Separator Proyek PLTP Rantau Dedap bahwa jenis crawler crane dengan kapasitas yang lebih kecil yaitu main crane 250 ton + tailing crane 100 ton adalah setara secara fungsi dengan jenis mobile crane dengan kapasitas yang lebih besar yaitu main crane 450 ton + tailing crane 250 ton. Namun, crawler crane lebih tepat digunakan untuk instalasi vessel LP dan HP Separator Proyek PLTP Rantau Dedap karena lebih unggul dibandingkan jenis mobile crane pada kriteria Lifting Capacity,</p>	<p>Mengetahui Waktu dan Daya pengangkatan crane</p>
4	<p>Komparasi Peneraooan Plat Pracetak Vs Konvensional Pada Bangunan Gedung Bertingkat (Wulfram I. Ervianto,2010)</p>	<p>Permasalahan pada penerapan berbagai metode, dan mencari efisiensi dari segi waktu dan biaya antara konvensional dan pracetak pada gedung bertingkat</p>	<p>Perhitungan biaya dan waktu yang dilakukan berdasarkan analisa pekerjaan</p>	<p>Penggunaan plat beton pracetak memungkinkan pekerja langsung bekerja pada lantai sebelumnya . 3. Plat beton pracetak menghasilkan permukaan yang halus sehingga tidak perlu dilakukan finishing lagi. 4. Waktu pemasangan jauh lebih cepat dibanding cara konvensional.</p>	<p>Mengetahui waktu dan biaya pada pekerjaan precast maupun konvensional</p>

5	Perbandingan Penggunaan Tower Crane dengan Mobil Crane Ditinjau Dari Efisiensi Waktu Dan Biaya Sebagai Alat Angkat Utama Pada Pembangunan Gedung (Hari Jamanto, 2015)	Menganalisis Perbandingan Tower Crane dan mobil crane dari segi biaya maupun efisiensi waktu	Persiapan Pekerjaan, Mengkonfigurasi pekerjaan crane, berat angkat yang ditentukan, menentukan crane yang benar,	Waktu pelaksanaan tower crane untuk mengerjakan pekerjaan pada gedung ini lebih cepat dibandingkan dengan waktu yang diperlukan oleh mobil crane.	Mencari Efisiensi waktu pekerjaan mobil crane
6	Validasi penggunaan panel half slab pada perencanaan Ruko di Sumatra Utara (Johanes Tarigan, 2022)	Perhitungan Struktur Pembuatan Panel Hal Slab	dilakukan perhitungan pembebanan yang akan digunakan dalam analisis sesuai dengan fungsi bangunan dan peta gempa untuk wilayah Sumatera Utara. Analisis struktur yang digunakan untuk desain struktur half slab precast adalah dengan metode pendekatan seperti balok dengan 6 tipe jenis perletakan sehingga menghasilkan desain penulangan.	Masing-masing alat angkat yang digunakan yaitu tower crane dan mobil crane mempunyai kelebihan dan kekurangan yang berbeda dari segi kapasitas operasi dan pembiayaan yang dikeluarkan. pelat rencana yang mengacu pada nilai minimum diperoleh dari kondisi pelat pada setiap kemungkinan kondisi tumpuan yaitu sebesar 16 cm.	Perhitungan Struktur Panel Precast Half Slab
7	Studi analisis penggunaan alat berat (crane) sebagai alat angkat untuk instalasi equipment deodorizer di proyek cpo Plant (Priyo Hartono, 2015)	Perhitungan Efisiensi alat berat	Menghitung Besaran Jarak, Beban maupun waktu pengangkatan crane dengan pengamatan langsung di lapangan	Perhitungan analisis momen dengan kondisi pelat sebelum komposit dan sesudah komposit menggunakan metode pendekatan seperti balok yang dilakukan untuk setiap kemungkinan jenis perletakan menunjukkan momen terbesar terdapat pada HS-3 dengan perletakan type 1, besaran momen yang diperoleh senilai 504,507 kgm sebelum komposit dan 708,333 kgm sesudah komposit.	Perhitungan Penggunaan Alat Berat Crane
8	Analisis Perbandingan iaya dan waktu pekerjaan plat beton konvensional dengan panel beton (Atep Maskur)	Berapa besar perbandingan biaya pelaksanaan pekerjaan pelat lantai beton konvensional dan panel lantai beton? dan Berapa besar perbandingan waktu pelaksanaan pekerjaan pelat lantai beton konvensional dan panel lantai beton.	dengan cara melakukan observasi secara langsung ke lapangan untuk mendapatkan data proyek dan dokumentasi pelaksanaan pekerjaan. Kemudian meminta data teknis dan RAB proyek kepada kontraktor dan menganalisis perbandingan	Waktu pekerjaan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan Pelat Lantai Konvensional yaitu 27 hari dan waktu pekerjaan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan Pelat Panel Lantai yaitu 21 Hari. Berdasarkan perbandingan waktu pekerjaan, pelat panel Lantai lebih efisien 22,22 % untuk waktu pekerjaan	Analisis Waktu Pekerjaan Pelat

9	Analisis Perbandingan Efisiensi waktu dan biaya antara metode konvensional slab, precast half slab dan precast full slab pada proyek bangunan hotel beringkat di Surabaya (Julistyna Tistogondo, 2018)	Berlandaskan pada latar belakang tersebut yang mendasari penulisan penelitian, bisa dikatakan juga bahwa penulis ingin mencari metode pelaksanaan slab/plat beton yang cocok untuk mempersingkat waktu pelaksanaan, menimalisir biaya produksi, dan memiliki kualitas mutu yang baik. Proyek Supermall Pakuwon Indah Phase 3 Surabaya sendiri adalah salah satu mega proyek dari Pakuwon Grup yang terletak di Surabaya Barat	Mencari efisiensi dari berbagai metode pelaksanaan pelat dan mencari yang mana yang lebih efisien dari berbagai metode pelaksanaan	waktu pelaksanaan pekerjaan slab dengan menggunakan metode slab konvensional 229% dibanding dengan fullslab, sedang kan metode half slab waktunya hanya berbeda 20% lebih lama dibanding full slab. Dan harga per m2 untuk precast full slab Rp 500.589 , precast half slab Rp 485.851 , dan slab konvensional Rp 444.917. Sementara presentase deviasi harga per m2 terhadap precast full slab dari precast half slab adalah 3% dan dari slab konvensional adalah 11%.	Perhitungan Half Slab
10	PERBANDINGAN ANGGARAN BIAYA (RAB) PELAT LANTAI KONVENSIONAL DENGAN PELAT LANTAI BOUNDECK (Zaedar Gazalba, 2020)	Apakah ada perbedaan dari segi biaya bekisting, biaya pembesian, biaya pengecoran, biaya material, biaya upah, biaya sewa alat, waktu pelaksanaan dan rekapitulasi Rencana Anggaran Biaya antara penggunaan pelat boundeck dan pelat lantai konvensional ?	Penelitian yang dilakukan adalah penelitian komparatif, yaitu penelitian yang bersifat membandingkan. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan persamaan dan perbedaan dua atau lebih fakta-fakta dan sifat-sifat objek yang diteliti berdasarkan kerangka pemikiran tertentu. Pada penelitian ini variabelnya masih mandiri tetapi untuk sampel yang lebih dari satu atau dalam waktu yang berbeda.	Berdasarkan aspek biaya pembesian, pelat beton boundeck lebih murah 56% jika dibandingkan dengan pelat beton konvensional. Berdasarkan aspek biaya pengecoran, pelat beton boundeck lebih murah 18% dibandingkan dengan pelat beton konvensional.	Perhitungan Biaya

2.2 Definisi dan Terminologi

Menurut Ervianto (2006), precast dapat diartikan sebagai suatu proses produksi elemen struktur bangunan pada suatu tempat/lokasi yang berbeda dengan tempat/lokasi dimana elemen struktur tersebut akan digunakan.

Jenis-jenis plat precast adalah :

1. Solid Flat Slab atau precast Full Slab yaitu plat precast dengan ketebalan penuh sesuai dengan tebal plat yang ditentukan.

2. Hollow Core Slab yaitu sama dengan plat precast Full Slab. Yang membedakan terdapat lubang rongga pada sisinya yang berfungsi untuk meringankan beban struktur.
3. Half Slab yaitu plat precast yang masih membutuhkan pengecoran lagi (overtopping). Misalnya direncanakan plat lantai dengan ketebalan 12 cm, maka digunakan plat precast dengan ketebalan 7 cm dan pengecoran overtopping setebal 5 cm.

Adapun keunggulan dan kelemahan beton precast:

- A. Keunggulan pemakaian beton precast
 - a) Kualitas beton yang lebih baik. Beton precast mempunyai mutu yang lebih baik karena proses produksinya dilaksanakan dengan mesin dan pengawasan yang lebih cermat.
 - b) Pelaksanaan konstruksi relative tidak terpengaruh cuaca. Beton precast diproduksi dalam lingkungan pabrik yang terlindung dari pengaruh panas matahari maupun hujan sehingga dalam cuaca yang bagaimanapun, proses produksi tetap berlangsung.
 - c) Menghemat pemakaian bekisting
- B. Kelemahan pemakaian beton precast :
 - a) Transportasi
Proses pemindahan hasil produksi beton precast dari pabrik ke lokasi proyek. Proses transportasi precast dari pabrik ke lokasi, yang harus dipertimbangkan adalah dimensi dan berat precast. Karena sangat berpengaruh terhadap kemampuan alat angkutnya dan transportasinya.
 - b) Tahap Pengangkatan
Proses penyatuan komponen bangunan yang berupa beton precast untuk menjadi bagian dari bangunan tersebut. Karena tahap ini dibutuhkan alat bantu seperti crane.
 - c) Tahap Penyambungan
Diperlukan perencanaan yang detail pada bagian sambungan.

2.3 Konsep Dasar dan Teori

Konsep dan dasar teori dari penyusunan tugas akhir ini meliputi pelat lantai sistem konvensional dan pracetak

2.3.1 Pelat Lantai

Menurut Ervianto (2006), Pelat lantai merupakan struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal dan beban yang bekerja tegak lurus pada bidang struktur tersebut sehingga pada bangunan gedung pelat ini berfungsi sebagai diafragma atau unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal. Dalam perencanaannya, pelat lantai harus dibuat rata, kaku dan lurus agar pengguna gedung dapat dengan mantap memijakan kakinya. Hal-hal yang diperhitungkan mencakup beban tetap saja yang bekerja dalam waktu yang lama. Hal lain seperti beban tak terduga gempa, angin, getaran, dll. tidak diperhitungkan.

Pelat lantai dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu pelat satu arah dan pelat dua arah. Pelat lantai satu arah hanya ditumpu pada kedua sisi yang berseberangan dan memiliki bentang panjang (l_y) dua kali atau lebih besar dari pada bentang pendek (l_x). Sedangkan pelat dua arah ditumpu oleh balok pada kedua sisinya dan perbandingan antara bentang panjangnya (l_y) dan bentang pendeknya (l_x) kurang dari dua.

Ada pun dua metode yang akan dibahas pada kasus ini, yaitu metode pelat lantai konvensional dan half slab pracetak.

2.3.1.1 Pelat Konvensional

Kusuma (1997) berpendapat bahwa, pelat konvensional adalah pelat yang cara pengerjaannya yang sangat acap digunakan pada dunia konstruksi. Yang realisasinya yaitu membuat cetakan struktur yang akan digunakan untuk konstruksi dan di cor langsung pada tempat pengerjaan proyek tersebut.

Kelebihan sistem konvensional :

1. Akomodasi biaya yang cukup murah
2. Minimnya penggunaan alat berat

Kekurangan sistem konvensional :

1. Membutuhkan pekerja yang relative banyak
2. Waktu pengerjaan yang lebih lama
3. Kurang terjaminnya mutu yang di inginkan

Metode konvensional yang digunakan salah satunya yaitu struktur pelat lantai yang dikerjakan ditempat pengecoran langsung yang mencakup keseluruhan dengan menggunakan plywood sebagai bekisting dan scaffolding sebagai perancah.

2.3.1.2 Pelat Precast half slab

Menurut Ervianto (2006) pracetak adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (off site fabrication). komponen-komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu (pre-assembly), dan selanjutnya dipasang di lokasi (installation).

Menurut Romi (2016), Metode half slab adalah metode pekerjaan pelat lantai yang separuh struktur pelat lantainya dikerjakan dengan sistem precast dan separuhnya lagi dengan cara pengecoran ditempat. Bagian precast bisa dibuat di pabrik atau tempat fabrikasi yang telah disediakan di area proyek lalu dikirim ke lokasi pemasangan untuk dipasang, selanjutnya dilakukan pemasangan besi tulangan bagian atas lalu dilakukan pengecoran separuh pelat ditempat. Kelebihan dari metode ini yaitu dapat mengurangi waktu pengerjaan dan biaya pengeluaran khususnya penekanan pada biaya kebutuhan bekisting.

2.3.2 Perbandingan Sistem Konvensional dan Pracetak

Tabel 2. 1 Perbandingan Sistem Konvensional dengan Pracetak

Item	Konvensional	Pracetak
Desain	Sederhana	Membutuhkan wawasan yang luas terutama yang ada kaitannya dengan fabrikasi sistem, transportasi serta pelaksanaan atau pemasangan komponen, sistem sambungan dan sebagainya
Bentuk dan ukurannya	Efisien untuk bentuk yang tidak teratur dan bentangbentang yang tidak mengulang.	Efisien untuk bentuk yang teratur/relati f besar dengan jumlah bentuk-bentuk yang berulang
Waktu pelaksanaan	Lebih lama	Lebih cepat, karena dapat dilaksanakan secara paralel sehingga hemat waktu 20-25%
Teknologi Pelaksanaan	Konvensional	Butuh tenaga yang mempunyai keahlian
Koordinasi Pelaksanaan	Kompleks	Lebih sederhana, karena semua pengecoran elemen struktur pracetak telah dilakukan di pabrik.
Kontrol Kerja	Bersifat kompleks, serta dilakukan dengan cara terus menerus.	Sifatnya lebih mudah karena telah dilakukan pengawasan oleh kualitas kontrol di pabrik.
Kondisi lahan	Butuh area yang relati f luas karena butuh adanya penimbunan material dan ruang gerak.	Tidak memerlukan lahan yang luas untuk penyimpanan material selama proses pengerjaan konst ruksi berlangsung, sehingga lebih bersih terhadap lingkungan
Kondisi cuaca	Banyak dipengaruhi oleh keadaan cuaca.	Tidak dipengaruhi cuaca karena dibuat di pabrik

Kecepatan/akurasi ukuran	Sangat tergantung keahlian pelaksana.	Karena dilaksanakan di pabrik, maka ketepatan ukuran lebih terjamin.
Kualitas	Sangat tergantung banyak faktor, terutama keahlian pekerja dan pengawasan.	Lebih terjamin kualitasnya karena di kerjakan di pabrik dengan menggunakan sistem pengawasan pabrik.

(Sumber: www.ilmusipil.com)

Sebagai elemen struktur yang langsung mendukung beban penghuni sebuah bangunan gedung, plat lantai harus sesuai dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku. Adapun tahap perhitungan half slab menurut adalah sebagai berikut :

A. Penulangan Pelat

Perhitungan penulangan akan direncanakan dalam dua tahap yaitu tahap pertama penulangan sebelum dan kedua penulangan setelah . Untuk kemudian dipilih tulangan yang layak untuk digunakan, yang memperhitungkan tulangan yang paling kritis diantara kedua kondisi di atas.

Tahapan yang akan digunakan untuk menentukan penulangan lentur pelat antara lain :

- Menentukan data data d , F_y , F'_c dan μ
- Menentukan batasan rasio tulangan dan menghitung rasio tulangan yang disyaratkan sebagai berikut :

Tabel 2.2 Rasio Penulangan Pelat

SUMBER	PERSAMAAN
SNI 03-2847-2013 pasal 10.5.1	$\rho_{min} = \frac{1,4}{f_y}$
SNI-03-2847-2013 Lampiran B.8.4.2	$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta \times f_c'}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$
SNI-03-2847-2013 Lampiran B.10.3.3	$\rho_{max} = 0,75 \rho_b$
Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a	$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'}$
Wang, C. Salmon hal. 55 pers.3.8.4.a	$\rho_{perlu} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m R_n}{f_y}} \right)$

(sumber: SNI 2847-2013)

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 10.5 (3) Jika $\rho_{perlu} < \rho_{min}$ maka ρ_{perlu} dinaikkan 30%, sehingga:

$$\rho_{pakai} = 1,3 \times \rho_{perlu}$$

- c. Menentukan Luas Tulangan (A_s) dari ρ yang didapatkan Berdasarkan Wang (1998)

$$A_s = \rho_{perlu} \times b \times d$$

Keterangan :

F_y = kuat leleh baja non prategang (Mpa)

F'_c = kuat tekan beton (Mpa)

M_u = momen terfaktor (Nmm)

P_b = rasio tegangan yang memberikan tegangan seimbang

B = faktor yang didefinisikan dalam SNI 03-2847-2013 sebesar 0,85

ρ_{perlu} = rasio tulangan yang diperlukan

ρ_{max} = rasio tulangan yang maksimal

ρ_{min} = rasio tulangan yang minimum

2.4 Tahap Pelaksanaan

Menurut Ervianto (2006), tahap pelaksanaan beton pracetak dijelaskan mulai dari tahap pembuatan sampai dengan tahap overtoping antara lain sebagai berikut:

2.4.1 Tahap Produksi atau Pabrikasi

Pada tahap produksi atau pabrikasi ini dilakukan di area lapangan, yang jadwal pembuatannya berjalan sendiri, jadi tidak mengganggu jadwal inti. Area pembuatan/pabrikasi ini nantinya bersebelahan dengan area penumpukan.

Hal penting dalam faktor produksi adalah penentuan prioritas komponen yang akan lebih dahulu dipabrikasi harus disesuaikan dengan rencana kerja dan metode kerja yang akan direncanakan. Untuk mencapai kesesuaian pemilihan komponen,

maka dibutuhkan koordinasi antara pabrikator dengan instalator. Area produksi harus tertata dengan baik, mulai dari tempat penumpukan material dasar, proses pengecoran, proses rawatan beton serta penyimpanan beton pracetak

2.4.2 Tahap Pengiriman

Pada tahap pengiriman material pracetak ini sangat diperlukan koordinasi antara pihak kontraktor dan suplier pracetak. Pihak suplier menigirm material setelah ada instruksi dari kontraktor, karena hal tersebut sangat berkaitan dengan metode pelaksanaan di lapangan. Jumlah elemen pracetak mengenai bentuk dan ukuran sesuai dengan konfirmasi pihak kontraktor.

Pengiriman material pracetak ke lokasi menggunakan truk trailer. Sebelum pengiriman pihak suplier mengadakan survey untuk melihat akses jalan yang akan dilalui. Dalam pengangkatan perlu diperhatikan penempatan posisi material pracetak di atas angkutan untuk menghindari hal hal yang membahayakan, contohnya : tergelincir, berubah kedudukan, material retak, dsb.

2.4.3 Tahap Penumpukan **PRO PATRIA**

Beberapa alasan sebagai penyebab dilakukan penumpukan material precast :

- a. Jumlah beton precast yang akan dipasang sangat banyak, sehingga tidak memungkinkan untuk pemasangan pelat secara langsung dari trailer ke titik pelat rencana.
- b. Lokasi proyek cukup luas, sehingga tersedia tempat penumpukan pelat dimana tempat ini diusahakan tidak mengganggu aktivitas proyek.

2.4.4 Tahap Pemasangan dan Pengangkatan

Pada tahap pemasangan beton precast harus direncanakan sematang mungkin, baik dari segi peralatan, pekerja, dan siklus pemasangannya. Alat berat yang digunakan untuk mengangkat pelat precast adalah mobile crane, kondisi dari

mobile crane sendiri berpengaruh selama proses pemasangan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Hal-hal yang perlu diperhatikan sebelum pemasangan balok dan pelat precast, antara lain:

- a. Untuk peralatan crane seperti mobile crane harus sudah siap terlebih dahulu dilokasi proyek sebelum beton precast disiapkan.
- b. Perencanaan posisi mobile crane dilapangan dimana panjang jangkauannya harus dapat mencapai setiap bagian dari struktur pada beton precast yang akan dipasang.
- c. Dalam menjalankan tugasnya operator dibantu tenaga kerja untuk penempatan beton precast pada posisi akhir.
- d. Memberikan ruang kerja bagi aktivitas crane selama pemasangan beton precast agar tidak mengganggu aktivitas proyek lain.

2.4.4.1 Titik Angkat dan Sokongan

A. Pengangkatan Pelat

Menurut PCI Design Handbook (2004) Dalam pemasangan pelat pracetak harus pula diingat bahwa pelat akan mengalami pengangkatan sehingga perlu direncanakan tulangan angkat untuk pelat.

pelat dengan 8 titik angkat. Maka akan terjadi momen momen pada elemen pelat sebesar w = beban per unit luas

(a) Empat Titik Angkat

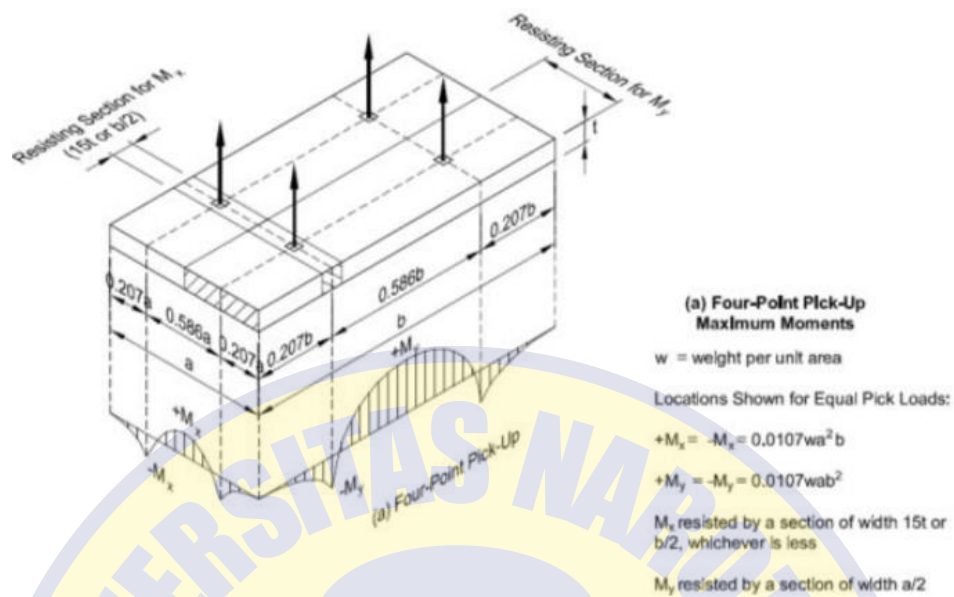
Maksimum momen pendekatan

$$+M_x = -M_x = 0,0107 w a^2 b$$

$$+M_y = -M_y = 0,0107 w a b^2$$

M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/2$. M_y

ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 2.1 Empat Titik Sokongan
(Sumber: *PCI Design Handbook*)

(b) Delapan Titik angkat

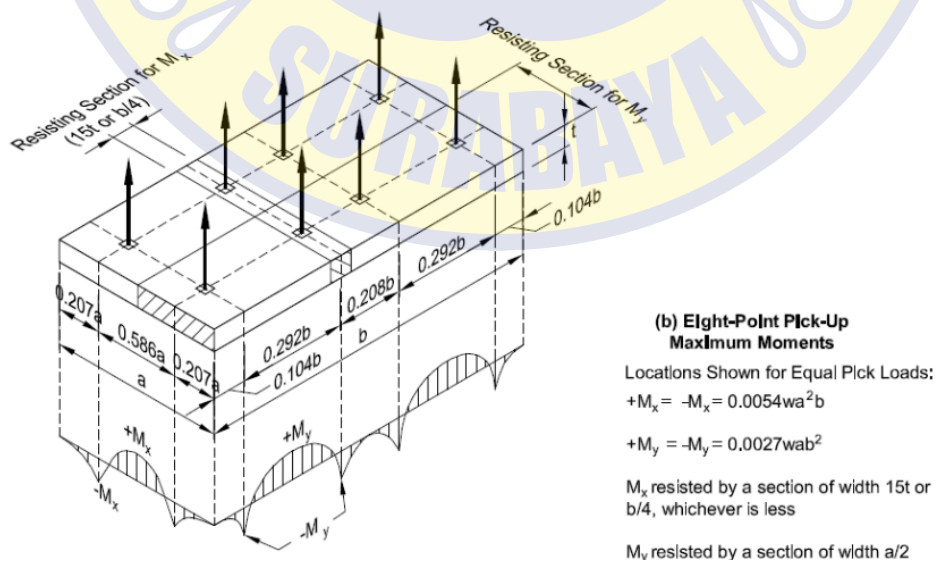
Maksimum momen pendekatan

$$+M_x = -M_x = 0,0054w a^2 b$$

$$+M_y = -M_y = 0,0054 w a b^2$$

M_x ditahan oleh penampang dengan lebar yang terkecil dan $15t$ atau $b/2$. M_y

ditahan oleh penampang dengan lebar $a/2$



Gambar 2.2 Delapan Titik Sokongan (sumber: *PCI Design Handbook*)

Dalam perencanaan beban statis ekuivalen perlu dikalikan faktor pengali sebagai faktor pengaman ketika proses pengangkatan / erection. Besarnya angka pengali sebagai berikut :

Tabel 2.3 Angka Pengali beban statis ekuivalen untuk menghitung gaya pengangkatan dan gaya dinamis

Fase	Angka Pengali
Pengangkatan dari bekisting	1.7
Pengangkatan ke tempat penyimpanan	1.2
Transportasi	1.5
Pemasangan	1.2

(Sumber: PCI Design Handbook)

2.4.5 Tahap Penyambungan

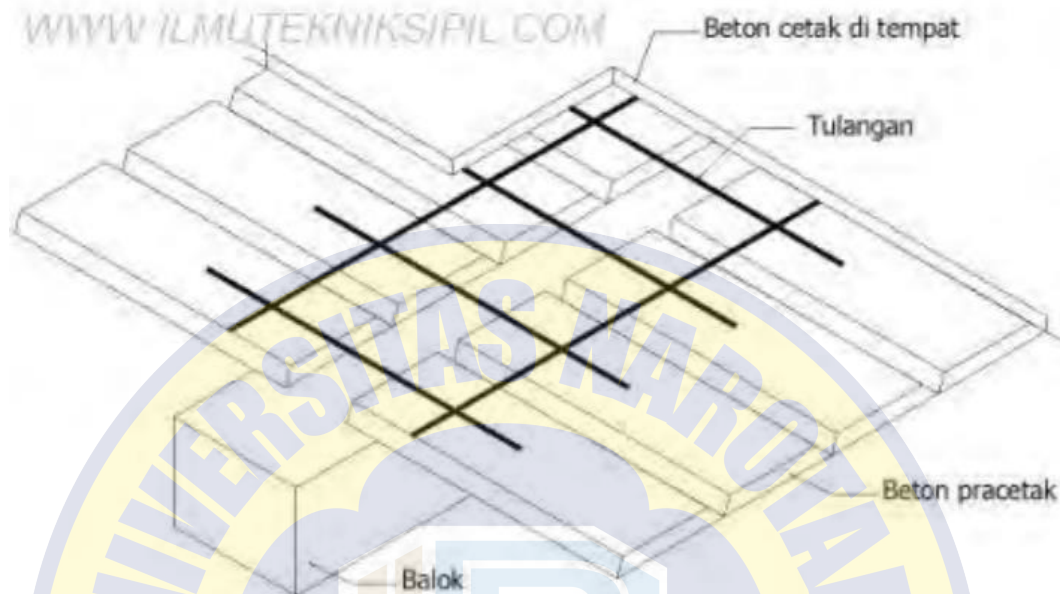
Menurut Ervianto (2006) cara penyambungan yang dapat dilakukan dibedakan menjadi dua yaitu sambungan basah dan sambungan kering. Masing-masing sambungan mempunyai keuntungan dan kerugian sehingga penentuan jenis sambungan tergantung dari berbagai faktor, yang diantaranya adalah faktor biaya. In-situ concrete joints (cor Setempat)

Sambungan Jenis ini dapat diaplikasikan pada komponen-komponen beton pracetak:

1. Kolom dengan kolom
2. Kolom dengan balok
3. Plat dengan balok

Metode pelaksanaannya adalah dengan melakukan pegecoran pada pertemuan dari komponen-komponen tersebut. Diharapkan hasil pertemuan dari tiap komponen tersebut dapat menyatu. Sedangkan untuk cara penyambungan tulangan dapat digunakan coupler ataupun secara overlapping. Sambungan ini menggunakan tulangan biasa sebagai penyambung / penghubung antar elemen beton baik antar pracetak maupun pracetak dengan cor setempat dengan perhitungan sambungan sesuai SNI 2847-2013 sebesar 12D. Elemen pracetak yang sudah berada ditempatnya akan dicor bagian ujungnya untuk menyambungkan elemen satu

dengan yang lainnya agar menjadi satu kesatuan yang monolit. Sambungan jenis ini biasa disebut dengan sambungan basah seperti terlihat pada gambar



Gambar 2.3 Sambungan Overlap tulangan
(sumber: www.ilmutekniksipil.com)

2.4.6 Tahap Pengecoran

Pengecoran over topping dilakukan setelah pemasangan pembesian wire mesh dilakukan. Kebutuhan baja tulangan pada topping dalam menampung gaya geser horizontal direncanakan dengan menggunakan geser friksi (shear friction concept).

2.5 Peralatan yang dipakai

Peralatan mempunyai peran yang penting guna kelancaran proses pelaksanaan pekerjaan. Begitu juga dengan sistem beton precast. Meskipun precast dibuat di pabrik, namun untuk proses pengiriman dan pemasangan menggunakan alat bantu berupa peralatan konstruksi.

Kejelian dalam pemilihan dan perencanaan penggunaan peralatan dapat mengakibatkan efisiensi yang tentunya akan berpengaruh besar terhadap biaya pelaksanaan.

Menurut Rostiyanti (2008), Keuntungan-keuntungan dengan menggunakan alat-alat berat antara lain:

1. Waktu Pengerjaan lebih cepat.
Mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikejar target penyelesaiannya.
2. Tenaga besar
Melaksanakan jenis pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh tenaga manusia
3. Ekonomis
Karena alasan efisiensi, keterbatasan tenaga kerja, keamanan dan faktor-faktor ekonomis lainnya.
4. Mutu hasil kerja baik.
Dengan memakai peralatan berat, mutu hasil kerja menjadi lebih baik dan presisi.

Macam-macam peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut :

2.5.1 Tower Crane

Menurut Rostiyanti (2008), tower crane adalah alat berat yang utama diperlukan di setiap pekerjaan konstruksi. Tugas dari alat ini adalah mengangkat dan mengangkut bahan dan atau material yang akan segera dikerjakan pada suatu proyek secara vertikal ke suatu tempat yang tinggi maupun horizontal dengan ruang gerak yang terbatas.

Pemasangan tower crane harus direncanakan terlebih dahulu menurut pertimbangan yang umum karena tower crane akan dipasang di tempat yang tepat selama proyek berlangsung. Hal-hal umum yang harus dipertimbangkan diantaranya adalah :

- a. Kondisi lapangan yang tidak luas
- b. Ketinggian tidak terjangkau oleh alat lain
- c. Pergerakan alat yang tidak perlu sehingga dapat diganti oleh tower crane

Berikut adalah cara perhitungan produktivitas TC:

1. Produktifitas TC

Waktu Tempuh

Waktu siklus TC = waktu tempuh angkat + waktu tempuh kembali + waktu rotasi + waktu ikat + waktu lepas Waktu Total jenis pekerjaan = Σ waktu siklus tiap jenis pekerjaan

Jarak tempuh horizontal

Jarak tempuh TC ke bahan = $Z1 = [(YTC - YSB)^2 + (XSB - XTC)^2]^{1/2}$

Jarak tempuh TC ke tujuan $Z2 = [(YTC - YTJ)^2 + (XTJ - XTC)^2]^{1/2}$

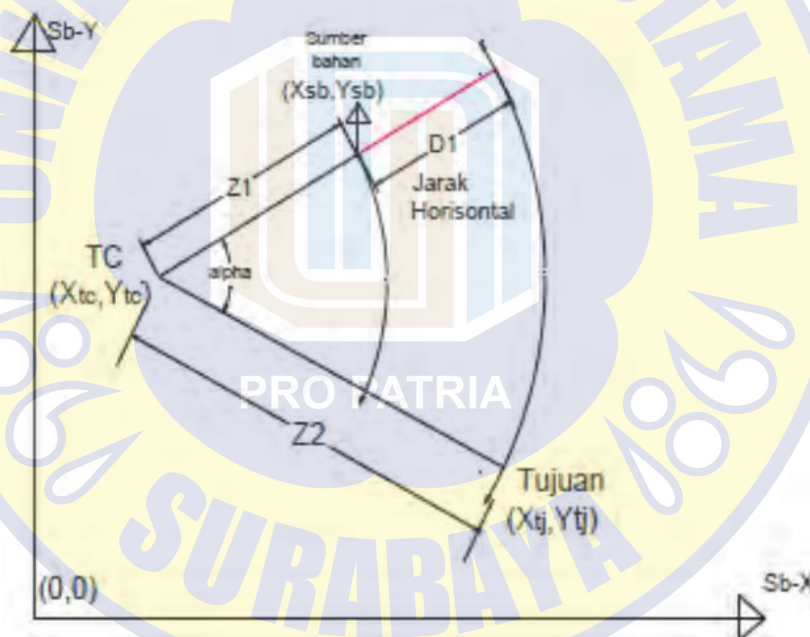
Jarak horizontal = $D1 = |Z2 - Z1|$

Keterangan:

YTC, XTC = Koordinat titik pusat TC (0,0)

XTJ, YTJ = Koordinat TC ke lokasi tujuan

XSB, YSB = Koordinat TC ke sumber bahan



Gambar 2.4 Jarak Horizontal

Kecepatan Horizontal

$kec\ trolley = (kec.trolley\ max - kec.trolley\ min) / (kapasitas\ maximum\ beban\ TC - 0) \times\ berat\ yang\ diangkat\ TC$

Waktu tempuh horizontal

$waktu\ horisontal\ angkat = Jarak\ horisontal / kecepatan\ trolley\ yang\ digunakan$

$waktu\ horisontal\ kembali = Jarak\ horisontal / kecepatan\ trolley\ max$

Jarak tempuh vertikal

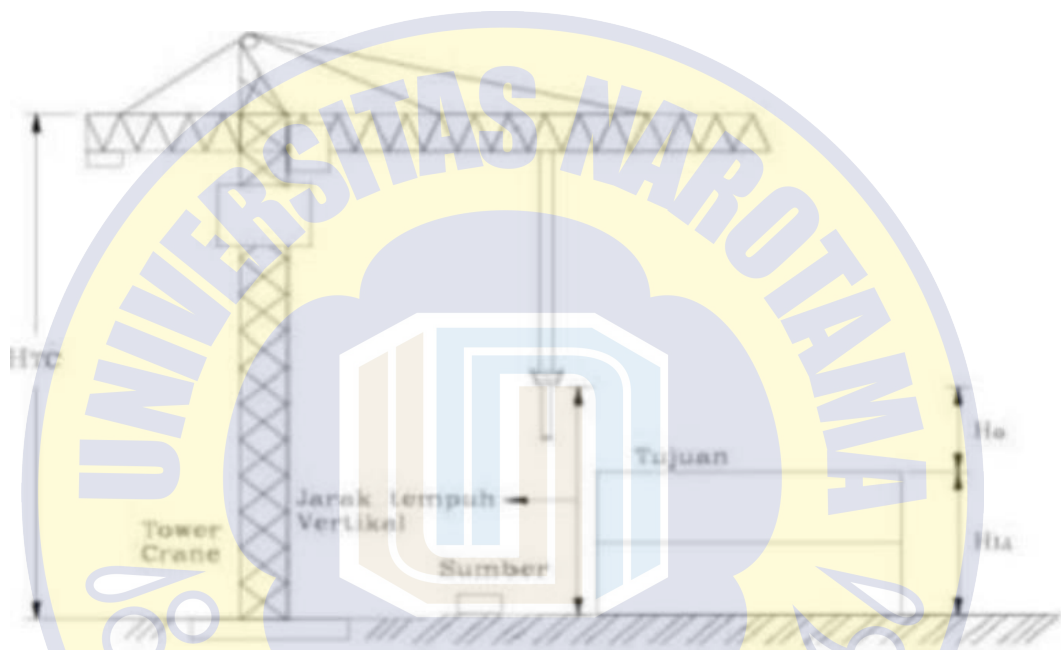
Jarak Tempuh Vertikal= $HLT - HSB + H_0$

Keterangan:

HSB =Elevasi Sumber Bahan (m)

HLT = Elevasi Lantai tujuan (m)

H_0 = Tinggi Penambahan (m)



Gambar 2.5 Jarak Tempuh

Kecepatan Vertikal

$kec\ trolley = (kec.hoist\ max - kec.hoist\ min) / (kapasitas\ maximum\ beban\ TC - 0)$
x berat yang diangkat TC

Waktu tempuh vertikal

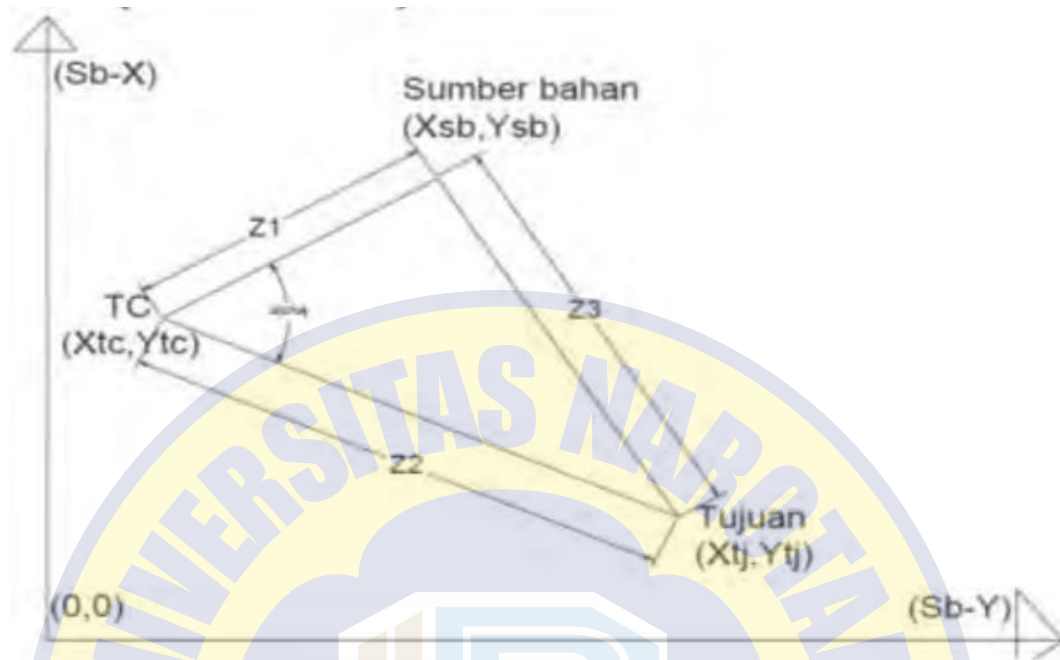
$waktu\ vertikal\ angkat = Jarak\ vertikal / kecepatan\ hoist\ yang\ digunakan$

$waktu\ vertikal\ kembali = Jarak\ vertikal / kecepatan\ hoist\ max$

Jarak tempuh rotasi

Jarak tempuh rotasi berupa sudut rotasi yang terbentuk antara sumber bahan –TC- lokasi tujuan (°/menit).

Sudut tempuh rotasi = $\cos \alpha = \frac{Z1^2 + Z2^2 - Z3^2}{2 \times Z1 \times Z2}$



Gambar 2.6 Jarak Tempuh Rotasi

Kecepatan Rotasi

$kec\ swing = \frac{(kec.swing\ max - kec.swing\ min)}{(kapasitas\ maximum\ beban\ TC - 0)}$
x berat yang diangkat TC

Waktu tempuh rotasi

$waktu\ rotasi\ angkat = \frac{Jarak\ rotasi}{kecepatan\ swing\ yang\ digunakan}$

$waktu\ rotasi\ kembali = \frac{Jarak\ rotasi}{kecepatan\ swing\ max}$

Produktifitas perjam dihitung dari produktifitas rata rata dari tower crane berdasarkan volume pekerjaan per siklus waktu.

$$Q = q \times N \times Ek$$

Keterangan :

Q = produktifitas per satuan waktu

q = kapasitas produksi alat per satuan waktu

N = T/WS (jumlah trip per satuan waktu)

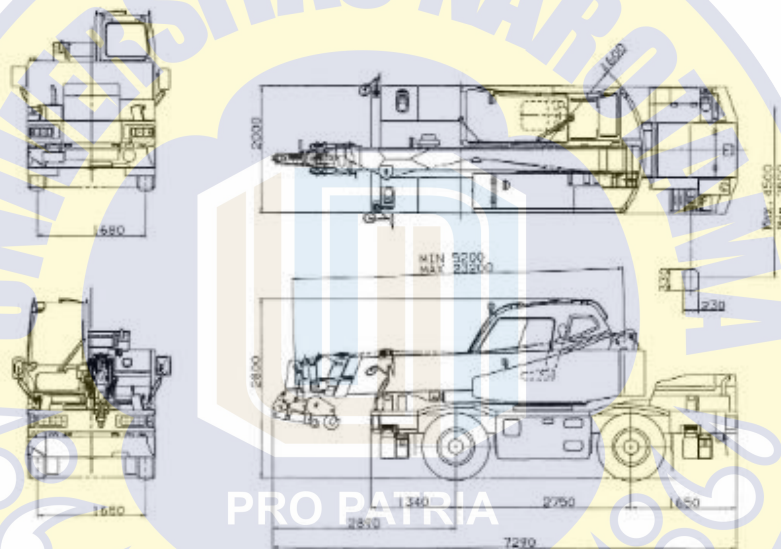
WS = waktu siklus

T = satuan waktu (jam, menit, detik)

Ek = efisiensi kerja

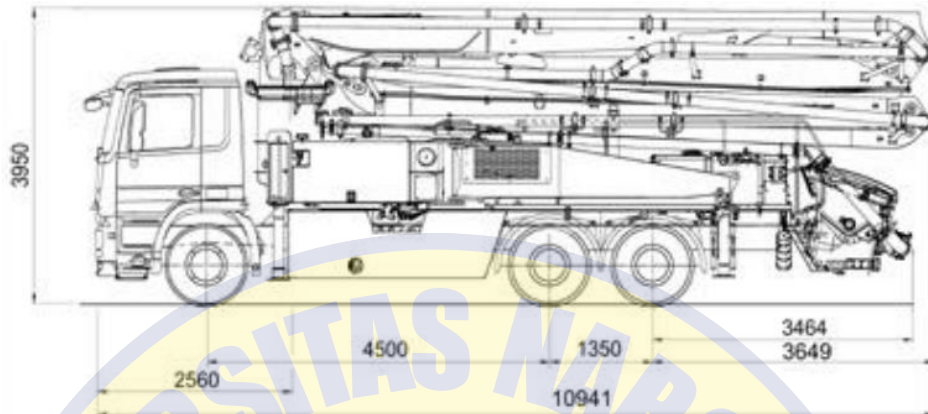
2. Kapasitas Tower Crane

Kapasitas angkatan tower crane ditentukan oleh radius tower crane yang digunakan, semakin besar radius yang digunakan maka kapasitas angkatan tower crane semakin kecil dan begitu sebaliknya. Tower crane yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah tower crane dengan radius 10 m dengan kapasitas angkat 0.017 ton.

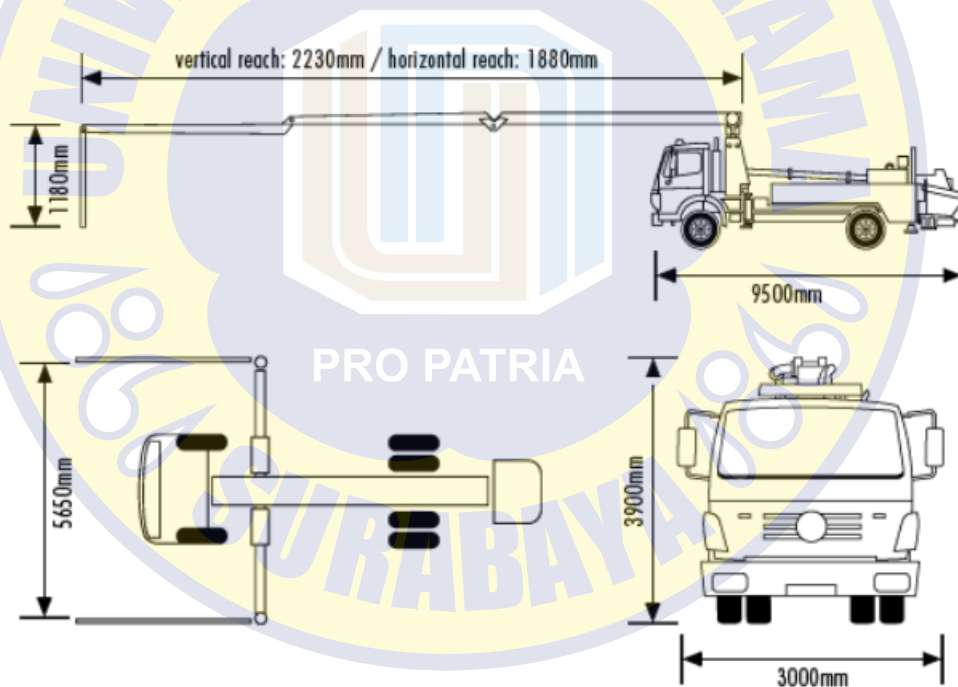


Gambar 2.7 Spesifikasi Mobile Crane

2.5.2 Concrete Pump



Gambar 2.8 Truck concrete Pump



Gambar 2.9 Tampak Concrete Pump

Concrete Pump Truck atau truk pemompa campuran beton adalah sebuah peralatan berat yang digunakan dalam proyek bangunan. Alat ini berupa sebuah truk yang dilengkapi dengan pompa dan lengan yang berfungsi untuk memompa campuran beton ke tempat tempat yang sulit dijangkau. Biasanya truk ini dipakai di pengecoran lantai pada ketinggian tertentu yang sulit dicapai

Jika lantai yang akan dicor tingginya lebih tinggi daripada lengan concrete pump truck. Kita dapat menambahkan pipa yang disambung secara vertikal agar dapat mencapai ketinggian yang dibutuhkan. Pipa tambahan dan lengan truk ini dapat dipasang dengan berbagai kombinasi seperti kombinasi vertical, horizontal, ataupun dengan kombinasi miring. Concrete Pump Truck sangatlah berguna dalam hal memindahkan campuran beton ke berbagai tempat, khususnya pada tempat yang cukup sulit untuk dijangkau. Resiko banyaknya beton yang akan terbuang dalam proses pemindahannya pun bisa dikatakan kecil.

Hal penting didalam perencanaan kebutuhan alat-alat berat yang akan dipakai untuk pelaksanaan suatu pekerjaan atau proyek adalah cara pokok pemilihan peralatan.

A. Produktifitas Concrete Pump

Beton yang digunakan pada proyek ini langsung dipesan dari pabrik ready mix beton. Maka membutuhkan alat bantu untuk pekerjaan pengecoran. Durasi pekerjaan tergantung dari kapasitas alat:



Gambar 2.10 Concrete Pump Model IPF90B-5N21

	Model	IPF90B-5N21
Concrete Pump	Type	Hydraulic SingleActing Horizontal Double Piston
	Delivery Capacity	10 - 90 m ³ /h
	Delivery Pressure	max. 53.0 kgf/cm ²

	Max Conveying Distance	Vertikal Horizontal
	100A Pipe	80m 320m
	Max Size Of Aggregate	
	125 A	40 mm
	Concrete Slump Value	5 - 23 cm
	Cylinder diameter x stroke	Ø195mm x 1400mm
	No. Of cylinder	2
	Hopper Capacity x vertical height	0.45m ³ x 1280 mm
Concrete Pipe Washing	System	Water Washing
	Type	Hydraulic reciprocating piston
	Discharge pressure x delivery	65 kgf/cm ² / 40 kgf/cm ² x 320 L/min
	Tank Capacity	Water tank 400 L
Boom	Type	3 Section Hydraulic Fold Type
	Length	17.4 m
	Vertical Higher	20.7 m
	Operating Angle	
	Top Section	0 - 270 " x 5.75 m
	Middle Section	0 - 180" x 5.3 m
	Bottom Section	0 - 90" x 6.5 m
	Working Swing Angle	3600 Full swing
	Concrete Pipe Diameter	125 A
	Flexible Hose Diameter	125 A or 100 A
Truck Chassis	Model	ISUZU: P – CVR14K
	Engine	220PS / 2300 rpm

	Fuel Tank	300 L
Weight	Vehicle Weight	14715 kg
	Max. Number of persons	3 Person (165 kg)
	Max. Load	400 kg (water)
	Gross Vehicle Weight	15300 kg

Sumber : Instruction Manual for Concrete Pump Model IPF90B-5N21

Perhitungan kapasitas produksi pengecoran sesuai dengan panjang pipa pengecoran yang digunakan, sesuai dengan spesifikasi concrete pump yang tertera pada tabel 2. 4 adalah :

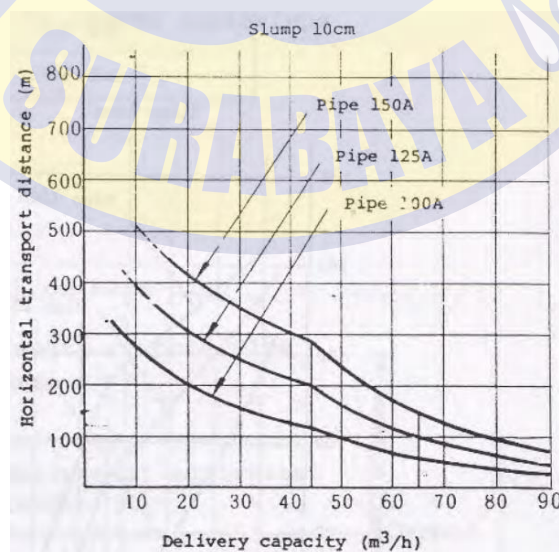
A.1 Perhitungan Delivery Capacity :

A.1.1 Horizontal Equivalent Length :

- Bottom section = 6,5 m
- Middle Section = 5,3 m
- Top Section = 5,75 m
- Flexible Hose = 5 m

Total Vertical Equivalent Length = 22,55 m

Dengan diketahuinya total Vertical Equivalent Length dengan nilai slump 10 cm didapatkan Delivery Capacity yaitu :



Gambar 2.11 Grafik Delivery Capacity Pengecoran

Didapatkan nilai Delivery Capacity yaitu sebesar 90 m³ /jam.

Kapasitas produksi = Delivery Capacity x Ek

$Q = DC \text{ (m}^3 \text{ /jam)} \times Ek$ Keterangan

- DC = 90 m³ /jam sesuai dengan gambar grafik 2.11

- Ek (efisiensi Kerja) terdiri dari :

Nilai = 0,83 (cuaca terang, panas, berdebu)

Nilai = 0,70 (kecakapan operator cukup baik)

Nilai = 0,75 (pemeliharaan alat kondisi baik)

A.2 Waktu pelaksanaan pengecoran

Waktu pengecoran tidak hanya pada kapasitas produksi concrete pump dalam menyalurkan beton saja, tetapi juga terdiri dari beberapa tahapan yaitu :

A.2.1 Waktu persiapan Waktu persiapan untuk pekerjaan pengecoran terdiri dari :

Pengaturan posisi truck mixer dan concrete pump selama =
jumlah truck mixer x 5 menit/truck mixer

Pengaturan pipa =
jumlah truck mixer x 5 menit/truck mixer

Idle (waktu tunggu) pompa =
jumlah truck mixer x 5 menit/truck mixer

Pergantian antar truck mixer apabila pengecoran membutuhkan lebih dari 1 truck mixer =
jumlah truck mixer x 5 menit/truck mixer

Waktu untuk pengujian slump =
jumlah truck mixer x 5 menit/truk mixer.

A.2.2 Waktu operasional pengecoran

Waktu operasional adalah waktu pada saat pengecoran itu berlangsung. berikut adalah rumus untuk menghitung waktu pengecoran :

$$= \text{Volume pengecoran (m}^3\text{)} / \text{Kapasitas produksi (m}^3\text{/jam)}$$

A.2.3 Waktu pasca pelaksanaan

Pembersian pompa = 20 menit

Bongkar pipa = 15 menit

Persiapan kembali = 5 menit

Total = 40 menit ~ 0,67 jam

Maka total waktu pasca pengecoran adalah 40 menit

Total waktu = waktu persiapan + waktu pengecoran + waktu pasca pelaksanaan

2.5.3 Schafolding

Menurut Ervianto (2010) ,schafolding adalah alat bantu seperti tangga yang terbuat dari besi maupun baja yang digunakan untuk menggapai lokasi yang lebih tinggi.. Komponen-komponen terdiri dari rangka pipa dengan berbagai bentuk dan ukurannya antara lain :

Walk thru frame

Ladder frame

Cantilever frame

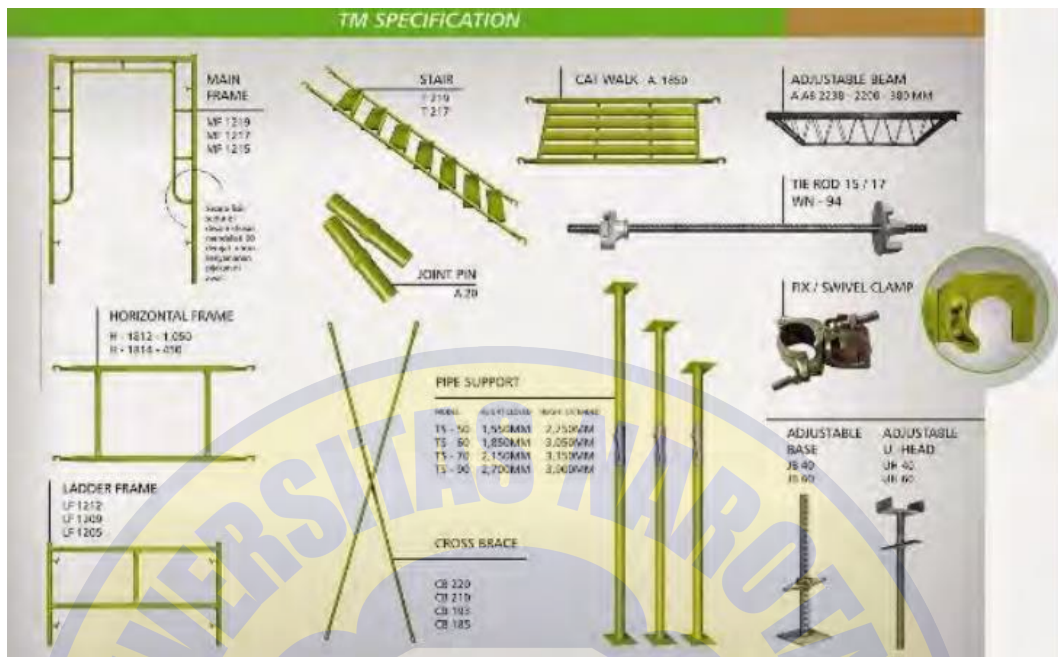
Cross brace

U-head jack

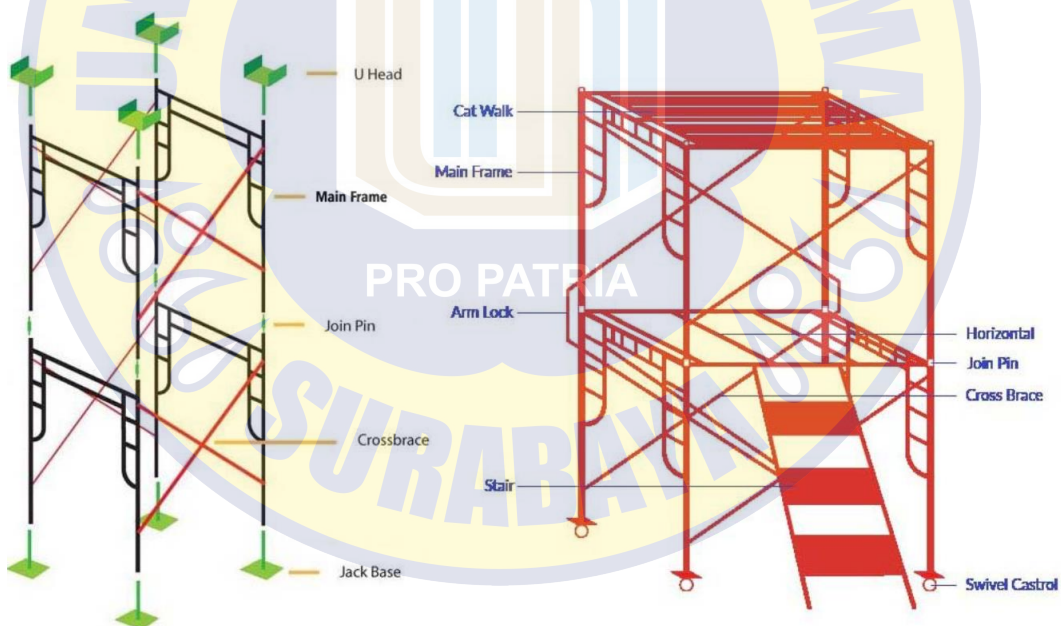
Base jack

Joint pin

Dan pelengkap pembantu extra lainnya, Schafolding dapat memberikan efisiensi harga yang lebih murah karena dapat digunakan secara berkali-kali disbanding material yang lain seperti kayu geram.



Gambar 2.12 Scaffolding



Gambar 2.13 Bagian – Bagian Scaffolding

2.6 Penjadwalan Proyek

Menurut Ervianto (2005), Penjadwalan adalah proses untuk memberikan efisiensi waktu pada suatu pekerjaan sehingga membuat segala aktifitas dapat teratur dan tepat waktu.

Salah satu contoh metode penjadwalan adalah PDM. Menurut Soeharto (1999), PDM dikenal adanya konstrain. Satu konstrain hanya dapat menghubungkan dua node, karena setiap node memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai = (S) dan ujung akhir atau selesai = (F). Maka di sini terdapat empat macam konstrain yaitu:

1. Finish-to-start (FS) ; Suatu aktivitas tidak dapat dimulai selama aktivitas sebelumnya belum berakhir.
2. Start-to-start (SS) ; Suatu aktivitas tidak dapat dimulai selama aktivitas lain belum dimulai.
3. Finish-to-finish (FF) ; Suatu aktivitas tidak dapat diakhiri selama aktivitas lain berakhir.
4. Start-to-Finish (SF) ; Suatu aktivitas tidak dapat diakhiri selama aktivitas A belum dimulai..

2.7 Analisa Biaya

Menurut Sastraatmaja (2006), analisa biaya dilakukan untuk memperoleh perkiraan biaya pelaksanaan suatu pekerjaan dengan berdasarkan sumber daya yang ada dan metode pelaksanaan tertentu. Dalam melakukan analisa biaya terlebih dahulu harus mengetahui spesifikasi yang digunakan dalam perencanaan konstruksi tersebut. Misalnya untuk volume menggunakan satuan m³ (meter kubik). Sedangkan untuk berat menggunakan satuan kg.

Dalam proyek-proyek besar seperti proyek konstruksi, pengoperasian alat harus dipertimbangkan dari segi biaya yang disediakan untuk penggunaan alat, estimasi waktu, keuntungan yang diperoleh dan pertimbangan lainnya, sedangkan biaya pekerjaan bisa dihitung dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB). Untuk menghitung RAB dapat digunakan rumus sebagai berikut : RAB = $\sum[(\text{Volume Pekerjaan}) \times \text{Harga Satuan Pekerjaan}]$

Dalam rencana anggaran biaya terdapat dua komponen yang dibutuhkan pertama-tama untuk memulai perhitungan yaitu komponen biaya langsung (direct cost) seperti kebutuhan pembayaran gaji, pembelian material, alat yang

akan digunakan dan biaya tidak langsung (indirect cost) seperti overhead, profit dan tax.

2.7.1 Komponen Biaya Langsung (*direct cost*)

Direct Cost adalah biaya yang mudah ditelusuri ke cost object. Bila cost object-nya suatu produk, sebagai contoh adalah meja tulis, maka kayu merupakan direct cost terhadap cost object meja tulis karena kayu dengan mudah dapat ditelusuri pemakaiannya ke meja. Dengan kata lain dapat dengan mudah dihitung berapa kebutuhan meja akan kayu. Pembebanan direct cost ke cost object disebut tracing. Komponen biaya langsung terdiri dari :

A. Biaya bahan / material

Merupakan harga bahan atau material yang digunakan untuk proses pelaksanaan konstruksi, yang sudah memasukan biaya angkutan, biaya loading dan unloading. Biaya pengepakan, penyimpanan sementara di gudang, pemeriksaan kualitas dan asuransi.

B. Upah tenaga kerja

Biaya yang dibayarkan kepada pekerja atau buruh dalam menyelesaikan satu jenis pekerjaan sesuai dengan keterampilan dan keahliannya.

C. Biaya peralatan

Biaya yang diperlukan untuk kegiatan sewa, pengangkutan, pemasangan alat, memindahkan, membongkar dan biaya operasi, juga dapat dimasukkan upah dan operator mesin dan pembantunya.

2.7.2 Komponen Biaya Tak Langsung (*indirect cost*)

Indirect Cost adalah biaya yang tidak mudah ditelusuri ke cost object sekalipun dapat ditelusuri tapi dengan cara yang tidak ekonomis. Bila cost object-nya meja maka biaya listrik yang dipakai untuk penerangan merupakan indirect cost terhadap cost object meja karena berapa penerangan yang diserap oleh meja sulitlah untuk diukur. Pembebanan indirect cost ke cost object disebut allocation. Biaya tidak langsung terdiri dari :

A. Overload umum

Overhead umum biasanya tidak dapat segera dimasukkan ke suatu jenis pekerjaan dalam proyek itu, misalnya sewa kantor, peralatan kantor dan alat tulis menulis, air, listrik, telepon, asuransi, pajak, bunga uang, biaya-biaya notaris, biaya perjalanan dan pembelian berbagai macam barang-barang kecil.

B. Overload proyek

Overhead proyek adalah biaya yang dapat dibebankan kepada proyek tetapi tidak dapat dibebankan kepada biaya bahan-bahan, upah tenaga kerja atau biaya alat-alat seperti misalnya asuransi, telepon yang dipasang di proyek, pembelian tambahan dokumen kontrak pekerjaan, pengukuran (survey), surat-surat ijin dan lain sebagainya. Jumlah overhead berkisar antara 12% sampai 30%.

C. Profit

Merupakan keuntungan yang didapat oleh pelaksana kegiatan proyek (kontraktor) sebagai nilai imbal jasa dalam proses pengadaan proyek yang sudah dikerjakan. Secara umum keuntungan yang diset oleh kontraktor dalam penawarannya berkisar antara 10% sampai 12%.

D. Pajak

Berbagai macam pajak seperti PPN, PPh dan lainnya atas hasil operasi perusahaan.