

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Penelitian Terdahulu

1. I Kadek Mega Putra (2010) dengan judul *Perbandingan Metode Pabrikasi Dengan Beton Metode Konvensional (Tinjauan Aspek Biaya dan Waktu)*. Bangunan yang dibandingkan merupakan bangunan Rusunawa, untuk *precast* dan untuk konvensional disamakan untuk dihitung harga bahan dan waktunya. Perhitungan bangunan tersebut meliputi plat lantai, balok dan kolom. Perbandingan metode menggunakan analisis teknik pelaksanaan, biaya dan waktu pelaksanaan. Dari hasil perbandingan ini, dihasilkan biaya untuk plat lantai, kolom, balok lebih murah menggunakan beton *precast* dan untuk waktu lebih cepat menggunakan beton *precast* dari pada menggunakan beton konvensional.
2. Daniel Binsar Siahaan dan Ika Putri B.R. Bangun (2014) dengan judul *Perbandingan Jumlah Tenaga Kerja, Waktu dan Biaya Pelat Lantai dan Balok Ruko R8 Dengan Metode Precast dan Konvensional Pada Proyek Pembangunan Ruko Citraland Bagya City, Medan*. Pembangunan ruko ini menggunakan metode *precast* dan metode konvensional pada pembangunan strukturnya. Perbandingan metode

menggunakan analisis teknik pelaksanaan, analisis penggunaan tenaga kerja, biaya dan waktu pelaksanaan. Dari hasil analisis yang dilakukan pada Proyek Pembangunan Ruko Citraland Bagya City didapatkan bahwa tenaga kerja dan waktu yang dibutuhkan metode *precast* lebih sedikit dari metode konvensional, biaya konvensional lebih mahal sebesar Rp. 1.030.056.396,73, dan waktu pelaksanaan konvensional lebih lama 258 hari dari pada pelaksanaan *precast*.

3. Ahmad Dzulkheyri dan Bertha Hidayati Sembering (2014) dengan judul *Analisis Perbandingan Kekuatan, Biaya dan Waktu Pelaksanaan Antara Balok Precast (Pracetak) Dengan Balok Konvensional Di Proyek Citraland Bagya City, Medan*. Pembangunan ruko pada proyek *Citraland Bagya City* menggunakan dua metode pembuatan balok, yaitu metode balok *precast* (pracetak) dan metode balok konvensional. Perbandingan kedua metode dengan cara analisis perhitungan kekuatan, analisa perhitungan biaya, dan observasi perbandingan waktu pelaksanaan di lapangan. Berdasarkan hasil analisa diperoleh momen nominal balok pracetak dengan dimensi 35 cm x 50 cm x 500 cm pada proyek *Citraland Bagya City* sebesar 36.680.961,23 Nmm, sedangkan momen nominal balok konvensional dengan dimensi dan lokasi proyek yang sama sebesar 56.616.686,00 Nmm. Dalam proses pembuatan tiap unit, balok pracetak memerlukan biaya sebesar Rp. 4.436.761,- sedangkan balok konvensional memerlukan biaya sebesar Rp.

3.922.066,-. Kebutuhan jumlah pekerja tiap item pembuatan balok pracetak lebih efisien dibanding dengan balok konvensional. Waktu pelaksanaan balok pracetak setiap item lebih efisien dibandingkan dengan pembuatan balok konvensional.

## **2.2. Beton *Precast* (Pracetak)**

### **2.2.1. Pengertian *Precast***

Pada umumnya beton pracetak tidak berbeda dengan beton yang biasanya (konvensional), yang menjadikannya berbeda ialah terletak pada proses pembuatannya/pabrikasinya. Pada beton pracetak proses pembuatan beton dilakukan di tempat yang berbeda dengan lokasi tempat elemen itu akan digunakan, umumnya pabrikasinya dilakukan di pabrik atau *workshop*. Selain pembuatan beton pracetak di *workshop*, ada juga proses pabrikasi di area lokasi proyek yang terletak di *casting area* (lahan produksi), yaitu suatu lahan dengan luasan tertentu yang sudah dipersiapkan sebagai area produksi komponen/element beton pracetak yang terletak di luar lokasi bangunan.

Setelah umur beton sudah dirasa cukup, beton pracetak tersebut diangkat dari cetakannya dan disimpan atau ditumpuk di lahan penumpukan (*stocking area*), yaitu lahan dengan luasan tertentu yang telah dipersiapkan sebagai tempat penumpukan komponen pracetak sementara sebelum komponen tersebut di rakit. Untuk beton pracetak yang dipabrikasi di *workshop*/pabrik, setelah umur beton dirasa cukup untuk dilepas dari cetakan, komponen beton akan dikirim ke lokasi

proyek untuk dirakit/dirangkai. Proses perakitan memerlukan bantuan dari alat berat seperti *mobile crane* atau *tower crane* untuk mengangkat dan merakitnya, proses ini disebut proses *erection and install*.

Menurut Ervianto (2006), pracetak dapat diartikan sebagai suatu proses produksi elemen struktur/arsitektural bangunan pada suatu tempat/lokasi yang berbeda dengan tempat/lokasi di mana elemen struktur/arsitektural tersebut akan digunakan. Pada umumnya penggunaan beton pracetak dianggap lebih ekonomis dibandingkan dengan pengecoran di tempat dengan alasan mengurangi biaya pemakaian bekisting, mereduksi biaya upah pekerja karena jumlah pekerja relatif lebih sedikit, mereduksi durasi pelaksanaan proyek sehingga *overhead* yang dikeluarkan menjadi lebih kecil.

Beton pracetak umumnya digunakan pada elemen/komponen bangunan yang bersifat tipikal, misalnya pada tiang pancang, dinding penahan tanah (*sheet pile* beton), saluran *U-Ditch* beserta tutupnya, dan *Box culver*. Sedangkan elemen pada bangunan gedung yang bersifat tipikal adalah kolom, balok, dinding *facade*, dan pelat lantai beton.

Beton pracetak lebih efektif dan menguntungkan bila komponen diproduksi dalam jumlah banyak, sehingga akan lebih murah karena akan dilakukan secara berulang dalam bentuk dan ukuran yang sesuai dengan yang diinginkan serta dalam jumlah besar. (Tommy William Tampubolon, 2015)

Menurut Ervianto (2006), perencanaan struktur dengan teknologi beton pracetak dilaksanakan dalam 3 tahapan, yaitu:

1. Tahap perencanaan yang dilaksanakan oleh arsitek
2. Tahap perencanaan yang dilakukan oleh ahli struktur/konstruktor
3. Tahap perencanaan oleh produsen/instalator, yang ditekankan pada kemudahan dalam pelaksanaan di lapangan.

Dalam teknologi pracetak, Ervianto (2006) mendefinisikan teknologi pracetak berdasarkan tingkatan metode pelaksanaan pembangunan ke dalam beberapa pengertian, yaitu:

1. *Prefabrication*, yaitu proses pabrikasi yang dilaksanakan dengan menggunakan alat-alat khusus di mana berbagai jenis material disatukan sehingga membentuk bagian dari sebuah bangunan.
2. *Preassembly*, yaitu proses penyatuan komponen prafabrikasi di tempat yang tidak pada posisi komponen tersebut berada.
3. *Module*, yaitu hasil dari proses penyatuan komponen prafabrikasi, biasanya membutuhkan mode transportasi yang cukup besar untuk memindahkannya ke posisi yang seharusnya.

Metode sistem pracetak ini dimungkinkan untuk dapat diterapkan pada berbagai jenis pelaksanaan proyek konstruksi, seperti pembangunan gedung tinggi, jembatan, bangunan industri, perumahan, pelabuhan dan sebagainya. Sistem *precast KW-System* merupakan metode pelaksanaan beton pracetak yang dimiliki oleh PT. Kumala Wandira General Contractor.

### **2.2.2. Keunggulan dan Kelemahan Beton Pracetak (*Precast*)**

Menurut Ervianto (2006), teknologi beton pracetak mempunyai beberapa keunggulan, yaitu:

#### **1. Durasi proyek menjadi lebih singkat**

Dengan menerapkan teknologi beton pracetak, pengaturan jadwal produksi elemen beton pracetak dapat diatur sedemikian rupa sehingga elemen-elemen yang akan dipasang lebih awal dapat diproduksi lebih dahulu dan pada saat jadwal pemasangannya nanti, elemen tersebut telah cukup umur. Dengan kegiatan pekerjaan yang *overlapping* serta *cycle time erection* yang relative singkat maka proyek akan selesai dalam waktu yang lebih singkat.

#### **2. Mereduksi biaya konstruksi**

Dengan durasi yang relatif lebih singkat, maka biaya yang dikeluarkan proyek juga akan lebih sedikit, dan dapat mengurangi biaya *overhead* proyek. Hal lain yang ikut tereduksi adalah penggunaan tenaga kerja yang lebih sedikit, berkurangnya kebutuhan material pendukung seperti *schafolding*, menghemat biaya bekisting, serta menghemat biaya material pembentuk beton bertulang.

#### **3. Kontinuitas proses konstruksi dapat terjaga**

Kegiatan pelaksanaan pekerjaan tidak terhenti oleh karena pengaruh alam (cuaca). Sebab waktu yang dibutuhkan untuk melaksanakan pekerjaan di luar ruangan seperti pembesian dan pengecoran relatif lebih singkat sehingga kontinuitas pekerjaan lebih terjaga.

#### **4. Produksi massal**

Pertimbangan dalam menggunakan teknologi pracetak adalah bahwa jenis elemen struktur hendaknya tidak terlalu bervariasi, sehingga setiap jenis elemen yang dibutuhkan dalam jumlah yang relatif besar. Hal ini dilakukan agar tingkat efisiensi dari pembuatan secara massal dan pabrikasi dapat dicapai.

#### **5. Mengurangi biaya pengawasan**

Proses konstruksi yang lebih singkat akan banyak mereduksi biaya yang harus dikeluarkan, salah satunya adalah *fee* untuk konsultan *supervisor*.

#### **6. Mengurangi kebisingan**

Dengan menggunakan beton pracetak, proses produksi dilakukan di luar lokasi proyek (misalnya di pabrik/*workshop*), yang apabila telah selesai diproduksi maka akan dipindahkan ke lokasi proyek dan diinstalasi pada tempat yang seharusnya. Proses ini secara langsung dapat mengurangi tingkat kebisingan yang ditimbulkan oleh peralatan konstruksi. Karena jumlah alat yang berada di lokasi proyek akan lebih sedikit bila dibandingkan dengan beton konvensional.

#### **7. Menghasilkan kualitas beto yang lebih baik**

Beton pracetak mempunyai kualitas yang lebih baik karena hal-hal sebagai berikut:

- a. Proses produksi dilaksanakan dengan menggunakan mesin
- b. Kondisi di pabrik/*workshop* yang relatif konstan

- c. Pengawasan yang lebih cermat
- d. Kondisi dari lingkungan kerja yang lebih baik. (tidak di bawah sinar matahari secara langsung)

## **8. Pelaksanaan konstruksi hampir tidak terpengaruh oleh cuaca**

Elemen beton pracetak diproduksi dalam lingkungan pabrik/*workshop* yang terlindung dari pengaruh panas matahari maupun hujan, sehingga proses produksi tidak terpengaruh oleh perubahan cuaca. Proses yang terpengaruh cuaca hanya pada saat proses *erection* dan *install* di lapangan. Namun waktu yang dibutuhkan untuk proses *erection* dan *install* relatif lebih singkat bila dibandingkan proses produksi beton. Dengan demikian penggunaan elemen pracetak akan dapat memperkecil kemungkinan terjadinya keterlambatan yang diakibatkan oleh cuaca.

Disamping mempunyai banyak keunggulan, teknologi beton juga mempunyai beberapa kelemahan, yaitu:

### **1. Transportasi**

Proses pemindahan elemen beton pracetak dari lokasi produksi (pabrik) menuju lokasi proyek membutuhkan biaya tambahan untuk pengadaan alat angkut. Mode transportasi yang biasa digunakan adalah truk dengan bak terbuka. Factor penting yang menjadi pertimbangan adalah dimensi dan berat dari elemen beton pracetak yang sangat berpengaruh terhadap ketersediaan alat angkut dan kemudahan transportasinya.

## **2. *Erection***

*Erection* adalah tahap penyatuan elemen beton pracetak menjadi satu-kesatuan yang utuh sehingga membentuk suatu bangunan. Pada proses ini membutuhkan alat bantu yang dinamakan crane yang mampu mengangkat dan memindahkan elemen beton pracetak sehingga terpasang pada posisi yang seharusnya. Penyediaan alat bantu ini membutuhkan biaya yang relatif cukup besar, sehingga jika teknologi ini digunakan perlu dikaji efisiensi biayanya, antara penyediaan alat bantu dengan nilai proyek tersebut. Apabila volume pekerjaan beton kurang memadai maka akan mengakibatkan biaya konstruksi menjadi lebih mahal.

## **3. *Connection***

Dalam usaha menyatukan elemen-elemen beton pracetak dibutuhkan suatu konstruksi tambahan yang mampu meneruskan semua gaya-gaya yang bekerja dalam setiap elemen. Kendala yang timbul ialah bagaimana menentukan jenis sambungan yang mampu mengantisipasi semua gaya yang terjadi sehingga perilaku struktur dapat menyerupai struktur beton bertulang konvensional. Untuk mengaplikasikan alat sambung yang betul-betul sempurna dibutuhkan biaya yang relatif mahal.

### **2.2.3. Klasifikasi dan Jenis-jenis Beton Pracetak**

Dalam memproduksi tiap jenis elemen beton pracetak, produsen menggunakan metode/teknik produksi yang berbeda-beda yang disesuaikan

dengan keuntungan dan kerugian dari tiap metode. Factor-faktor yang menjadi pertimbangan dalam memproduksi beton pracetak menurut Ervianto (2006) adalah:

- a. Jumlah elemen yang diproduksi
- b. Jenis atau varian elemen
- c. Berat setiap elemen
- d. Dimensi setiap elemen

Menurut ervianto (2006), jenis elemen beton pracetak yang diproduksi dipabrik ada bermacam-macam, seperti:

- Kansteen,
- Tiang pancang
- Pagar beton
- *U-Ditch*
- GRC
- Tangga pracetak
- Balok pracetak
- Kolom pracetak
- Pelat atap pracetak
- Pelat lantai pracetak
- *Cladding* pracetak

Menurut Tommy W.T (2015), sistem pracetak dibagi menjadi 2 kategori:

1. Sebagai sebuah komponen struktur

Penggunaan teknologi sistem pracetak tidak hanya digunakan untuk bangunan gedung saja, namun juga dapat digunakan pada struktur bangunan lainnya, seperti:

- Tiang pancang.
- *Sheet pile* dan dinding diaphragma.
- *Girder* jembatan dan jalan layang.
- Turap.
- Pelat lantai pracetak (bentuk umum yang digunakan adalah pelat prategang berongga/*hollow core slab*).
- Balok beton pracetak dan balok beton pratekan pracetak.
- Panel-panel dinding.
- Komponen pracetak lainnya seperti tangga pracetak, panel-panel penutup dan unit-unit beton pracetak lainnya sesuai dengan desain dari arsitek.

2. Sebagai sistem struktur

Teknologi sistem pracetak berkembang cukup pesat dan berinovasi ke dalam berbagai sistem struktur yang dikategorikan kedalam 36 sistem pracetak. Berikut ke-36 sistem pracetak yang ada di Indonesia menurut IAPPI:

**Tabel 2.1.** Daftar sistem pracetak di Indonesia

No	Nama Sistem	Produsen	Tahun
1	MPS SYSTEM	PT. MEITA ABADI	2011
2	CIRCON SYSTEM	PT. ANUGERAH PUTRA NOBAS	2011
3	CLIPCON SYSTEM	PT. SINERGY PRACON NUSANTARA	2011
4	JOINT APBN SYSTEM	Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Balitbang, Kementrian Pekerjaan Umum	2010
5	Kencana System	PT. Kencana Precast	2010
6	TRINITY SYSTEM	PT. PRIMA USAHA TRINITY	2010
7	RB-CON SYSTEM	PT. PRIMA JAYA PERSADA	2010
8	BKP SYSTEM	PT. BANGUN KHARISMA PRIMA	2010
9	W-PLUS SYSTEM	PT. CIPTA JAYA FADHILAH	2010
10	MANARA SYSTEM	PT. MANARA INDAH	2010
11	SAKORI SYSTEM	Saudara Dedi P. Putra	2008
12	Highrise Building System	P.T. Dantosan Precon Perkasa	2008
13	SISTEM PRECAST "Rigid Joint Precast (RJP)"	P.T. Hiper Concrete Precast Structure Industry	2010
14	ERDEA SYSTEM	P.T. ERDEA	2009
15	DDC (DOUBLE DOWEL CONNECTION) SYSTEM	PT. HARIS JAYA UTAMA	2009
16	JHS SYSTEM COLUMN BEAM SLAB G3	P.T. JHS PRECAST CONCRETE INDONESIA	2009
17	ORICON (OVAL RING CONNECTION) SYSTEM	PT. VALTEK KARSATAMA	2009
18	TRICON 3-JUPITER SYSTEM	P.T. TRIBINA PRIMA LESTARI	2009
19	VIRTU SYSTEM	PT. TOTAL BOANERGES INDONESIA	2009
20	BI-PLATE SYSTEM	PT. WIDYA SATRIA	2009
21	KOTAPARI SYSTEM	PT. BUANA CONSTRUCTION	2008
22	JHS SYSTEM COLUMN BEAM SLAB G3 SYSTEM	P.T. JHS Precast Concrete Indonesia	2008
23	Interior Less Moment Connection-High Rise System (LMC-HRS)	P.T. RIYAH PERMATA ANUGRAH DAN P.T. BINANUSA PRACETAK DAN REKAYASA	2008
24	TRICON L 10 SYSTEM	P.T. TRIBINA PRIMA LESTARI	2007
25	WASKITA PRECAST 07 SYSTEM	P.T. Waskita Karya dan Ir. Prijasambada, MM.	2007
26	JAVA PERKASA PRECAST 07 SYSTEM	P.T. Java Perkasa dan Ir. Prijasambada, MM.	2007
27	SYSTEM Sambungan Balok & Kolom HK PRECAST	PT. HUTAMA KARYA	2007
28	PLATCON PRECAST 07 SYSTEM	P.T. Rang Pratama dan Ir. Sutadji Yuwasdiki, Dipl. E. Eng.	2007

Lanjutan tabel 2.1 Daftar sistem pracetak di Indonesia

No	Nama Sistem	Produsen	Tahun
29	TBR-J SYSTEM	P.T. Tata Bumi Raya dan Ir. Junaedi ME.	2008
30	DPI SYSTEM	P.T. DANIA PRATAMA INTERNASIONAL	2009
31	CCP (COUPLE COMB PLATE) SYSTEM	P.T. Victory Sena Utama	2008
32	KW SYSTEM	P.T. KUMALA WANDIRA	2008
33	Well Conn System	P.T. BORNEO SAKTI	2008
34	PPI SYSTEM	P.T. Pacific Prestress Indonesia	2007
35	Sistem Struktur Beton Pracetak WITON-SC	P.T Wijaya Karya Beton	2007
36	C-PLUS SYSTEM	Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman, Balitbang, Kementrian Pekerjaan Umum	2006

**Sumber:** Prosiding seminar nasional AvoER ke-3 Palembang, 2011

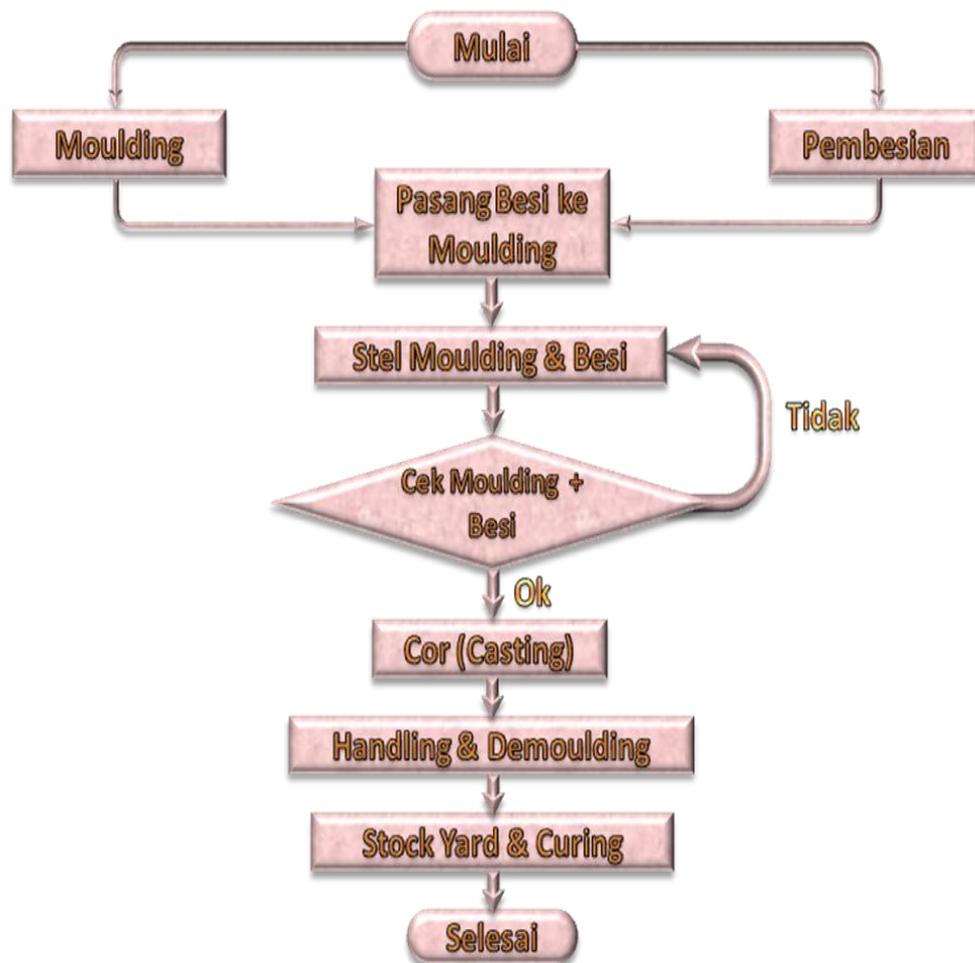
#### 2.2.4. Tahap Pembuatan *Precast KW System*

##### A. Pekerjaan persiapan

Persiapan yang dimaksud adalah penataan area produksi dan *stock yard precast* termasuk direksi keet, gudang dan bangunan temporary lainnya serta jalan akses alat berat yg mana *site arrangement* ini sangat berpengaruh sekali terhadap pekerjaan konstruksi secara keseluruhan. (PT. Kumala Wandira, 2008)

## B. Produksi

Diagram alur pelaksanaan produksi *precast* PT. Kumala Wandira adalah sebagai berikut :



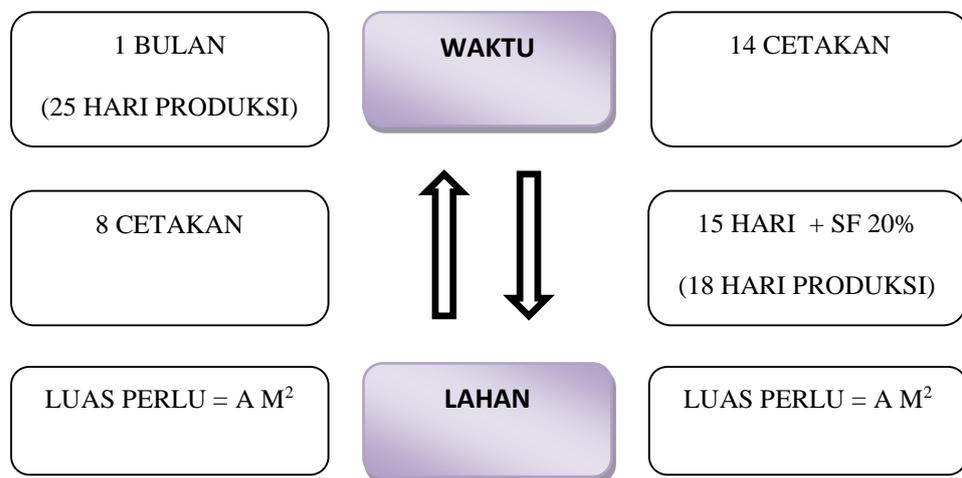
*Gambar 2.1. Bagan alur produksi precast*

*Sumber : PT. Kumala Wandira, 2008*

## 1. Perencanaan cetakan/*moulding*

Berdasarkan *Time Schedule* dan jumlah keseluruhan komponen yang hendak diproduksi, direncanakan jumlah cetakan/*moulding* dan luas lahan produksi serta *stock yard* yang diperlukan. (PT.Kumala Wandira, 2008)

Contoh : Komponen Kolom = 200 buah



**Gambar 2.2.** Perhitungan Jumlah cetakan

**Sumber :** PT. Kumala Wandira, 2008

Perencanaan *moulding* harus dihitung dan ditinjau dengan cermat dari segi kuantitas/jumlah cetakan dan kualitas dari material pembuatnya. Hal ini dilakukan untuk mengefisiensi pembuatan jumlah cetakan dan memaksimalkan penggunaan cetakan agar bisa dipakai berkali-kali, sehingga biaya untuk pembuatan *moulding*/cetakan dapat

ditekan tanpa memperlambat jadwal pelaksanaan proyek. Jumlah cetakan yang direncanakan sangat terikat oleh jadwal pelaksanaan produksi komponennya.

Untuk merencanakan jumlah cetakan dapat menggunakan rumus berikut:

$$\left( \frac{\text{jumlah komponen}}{(\text{Schedule produksi} \times \text{kecepatan produksi})} \right) + \text{SF } 20\% = \text{Jumlah moulding}$$

Kecepatan produksi 1 cetakan = 2 komponen/3 hari.

Contoh: komponen balok = 300 buah dan jadwal produksi selama 15 hari

$$\left( \frac{300 \text{ buah}}{(15 \text{ hari} \times (2 \text{ buah} / 3 \text{ hari}))} \right) + \text{SF } 20\% = 36 \text{ cetakan}$$

SF adalah *safety factor*, yaitu faktor keamanan yang berfungsi untuk mengantisipasi hal-hal yang tidak diinginkan selama proses produksi, semisal kerusakan komponen pada saat *demoulding*, *handling*, *sctocking* maupun *erection*. Nilai SF ditentukan sebesar 20%.

Jadi untuk mencetak 300 buah komponen balok selama 15 hari membutuhkan 36 cetakan.

## CONTOH MOULDING BETON *PRECAST*



**Gambar 2.3.** *Moulding/cetakan Kolom*

**Sumber :** *PT. Kumala Wandira, 2008*



**Gambar 2.4.** *Moulding/cetakan Balok*

**Sumber :** *PT. Kumala Wandira, 2008*

Bahan baku utama untuk cetakan/*moulding precast* antara lain:

- *Phenol film* dua muka  $t = 12$  mm, sebagai *body formwork*
- Besi *hollow*, sebagai penguat *body* dan rangka cetakan

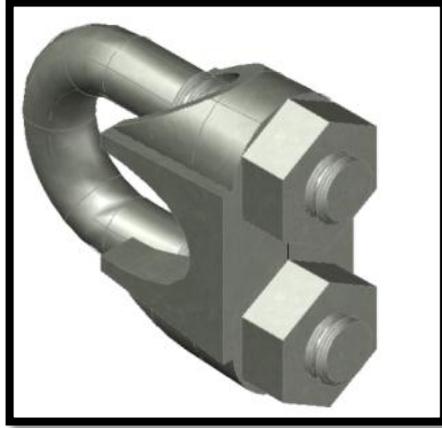
- Kayu/kaso, sebagai rangka dan penopang dari *body formwork*
- Besi siku, sebagai pengikat *body* cetakan

## 2. Rangkai besi beton

Proses perakitan besi atau yang biasa disebut dengan proses pembesian beton *precast* adalah proses dimana besi dirangkai setelah pembuatan *moulding*/cetakan selesai. Proses ini merupakan kebalikan dari metode beton konvensional yang proses perakitan besinya dilakukan sebelum cetakan dibuat. Mutu Besi Tulangan yang digunakan pada proses pembesian:

- Dia < 12 mm BJTP – 24,  $f_y$  : 240 Mpa
- Dia > 12 mm BJTD – 40,  $f_y$  : 390 Mpa
- Dia = 12 mm BJTD – 40,  $f_y$  : 390 Mpa

Untuk proses penyambungan elemen pada saat perangkaian elemen pracetak dibutuhkan bahan yang dapat menghubungkan dan mengikat besi tulangan antar elemen. PT. Kumala Wandira memakai bahan yang dinamakan kuku macan untuk menghubungkan dan mengikat besi tulangan antar elemen beton pracetak.



*Gambar 2.5. Kuku Macan*

*Sumber : PT. Kumala Wandira, 2008*



*Gambar 2.6. Kuku Macan Terpasang*

*Sumber : PT. Kumala Wandira, 2008*

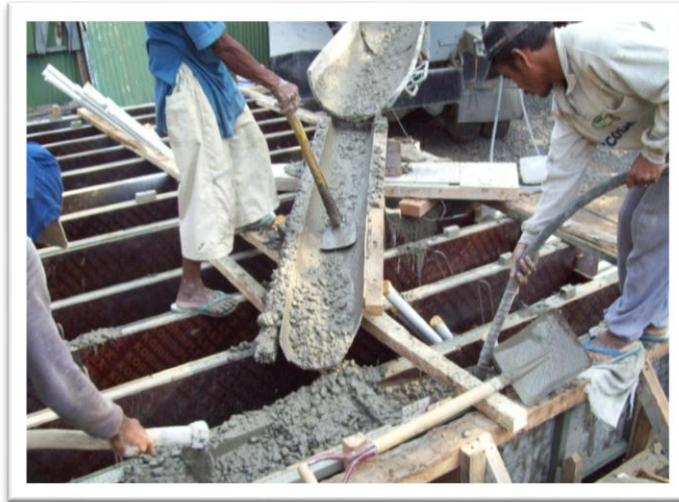


**Gambar 2.7.** *Pembesian Tulangan Beton*

**Sumber :** *PT. Kumala Wandira, 2008*

### **3. Pengecoran**

Proses pengecoran dilakukan setelah semua aspek dinilai sudah siap, baik cetakan maupun pembesiannya. Sebelum pasta beton dituang, pemberian lubang untuk sambungan antar elemen *precast* perlu dilakukan, hal ini bertujuan untuk membuat lubang di dalam elemen sebagai tempat masuknya tulangan stek/sambungan. Lubang dapat dibuat dari pipa pvc yang dimasukkan saat pengecoran dan dilepas saat beton mulai dingin dan mengeras. Lubang tersebut tersebut ditembuskan ke permukaan kulit beton, hal itu dilakukan dengan tujuan sebagai akses masuknya pasta semen *grouting* sebagai bahan penyambung antara elemen precast. Mutu Beton yang digunakan disesuaikan dengan standar spesifikasi teknis dari proyek yang dikerjakan.



**Gambar 2.8.** *Pengecoran Elemen Precast*

**Sumber :** *PT. Kumala Wandira, 2008*

#### **4. Demoulding/Handling**

Proses demoulding adalah proses pengangkatan elemen beton pracetak dari cetakan setelah beton dirasa cukup matang. Dalam proses *demoulding* beton pracetak ada beberapa hal yang harus diperiksa dan disiapkan, seperti:

1. Umur beton harus sudah melewati:

⇒ Kondisi normal : 12 – 16 jam

⇒ *Steam curing* : 8 – 10 jam

2. Elemen sudah mencapai kuat tekan beton minimal

⇒ Beton bertulang : 200 – 250 kg/cm<sup>2</sup>

⇒ Beton *Prestress* : 400 kg/cm<sup>2</sup>

### 3. Alat angkat yang harus disesuaikan

⇒ Kapasitas *crane* terhadap berat elemen beton pracetak

⇒ Peraturan jalan raya

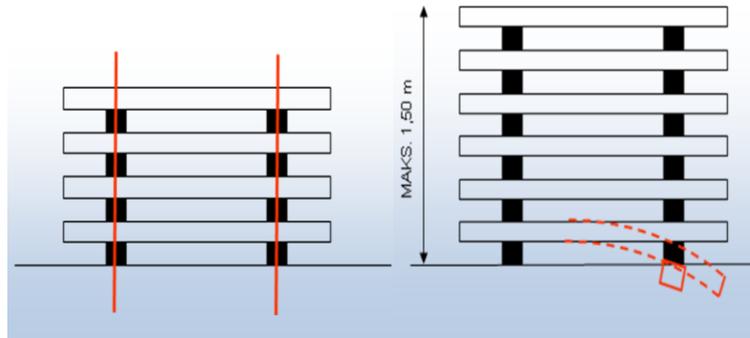
### 4. Alat transport yang digunakan untuk proses pemindahan/pengiriman elemen beton pracetak harus disesuaikan.

### 5. Stabilitas dan stress pada komponen pracetak selama proses pengangkatan harus diperhatikan dan ditinjau.

## 5. *Stock yard*

Proses penyimpanan/peletakan elemen beton pracetak sudah dilepas dari *moulding*/cetakan sebelum proses pemasangan/perangkaian elemen dilaksanakan. *Stock yard* merupakan area/lahan yang memang sudah dipersiapkan sebagai tempat penyimpanan dan penumpukan elemen beton sebelum elemen tersebut dirangkai menjadi satu-kesatuan struktur bangunan. *Stock yard* terbuat dari lahan yang dicor dan dirabat dengan beton, dan permukaan *stock yard* harus diusahakan rata agar pada saat penumpukan elemen tidak terdapat kemiringan yang berpotensi pada ambuknya tumpukan beton. Dalam menentukan *stock yard* harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Luasan lahan/ area yang tersedia
- Cara menyimpan
- Akses jalan kerja & manuver angkut



**Gambar 2.9.** *Stacking Yard Elemen Precast*

*Sumber : PT. Kumala Wandira, 2008*



**Gambar 2.10.** *Stacking Beton Precast*

*Sumber : PT. Kumala Wandira, 2008*

## **2.3. Beton Konvensional**

### **2.3.1. Pengertian Beton**

Hampir semua aspek dalam dunia teknik sipil menggunakan beton, seperti konstruksi bangunan/gedung, rumah tinggal, bangunan air, jembatan dan juga jalan raya. Menurut Tri Mulyono (2004), semua struktur dalam teknik sipil akan menggunakan beton, minimal dalam pekerjaan pondasi.

Struktur beton dapat didefinisikan sebagai bangunan beton yang terletak di atas tanah yang menggunakan tulangan atau tidak menggunakan tulangan (ACI 318-89,1991:1-1). Nawy (1995) mendefinisikan beton sebagai sekumpulan interaksi mekanis dan kimiawi dari material pembentuknya. (Tri Mulyono, 2004)

Beton konvensional dalam pelaksanaannya direncanakan terlebih dahulu, semua pekerjaan pembetonan dilakukan secara manual. Pekerjaan beton dengan metode konvensional memerlukan biaya untuk pekerjaan bekisting dan upah pekerja yang cukup besar. Menurut Ervianto (2006) beton *cast-in place* (konvensional) proses produksinya berlangsung di tempat elemen tersebut akan ditempatkan.

### **2.3.2. Kelebihan dan Kekurangan Beton konvensional**

Dalam setiap metode pelaksanaan pekerjaan beton bertulang selalu memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing, termasuk juga dengan metode konvensional. Berikut adalah kelebihan beton dengan metode konvensional menurut I Kadek Mega Putra (2010):

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

Di samping kelebihan tadi, berikut adalah kekurangan dari metode konvensional:

1. Diperlukan tenaga pekerja yang lebih banyak, biaya relatif lebih mahal.
2. Pemakaian bekisting relatif lebih banyak
3. Pekerjaan dalam pembangunan agak lama karena pengerjaannya berurutan saling tergantung dengan pekerjaan lainnya.
4. Terpengaruh oleh cuaca, apa bila hujan pengerjaan pengecoran tidak dapat dilakukan.

### **2.3.3. Tahap Pembuatan Beton Konvensional**

#### **A. Pekerjaan persiapan**

Pekerjaan persiapan adalah pekerjaan yang dilakukan pertama kali pada sebuah proyek pembangunan yang bertujuan untuk mempersiapkan dan mengantisipasi kendala-kendala yang akan terjadi pada proses pembangunan berlangsung. Perencanaan *site lay-out* harus mempertimbangkan kelancaran aktifitas konstruksi. Perencanaan yang matang yang berawal dari persiapan, akan menghasilkan aktifitas konstruksi yang efisien, tepat, cepat, aman, dan menguntungkan. (PT. Kumala wandira, 2008)

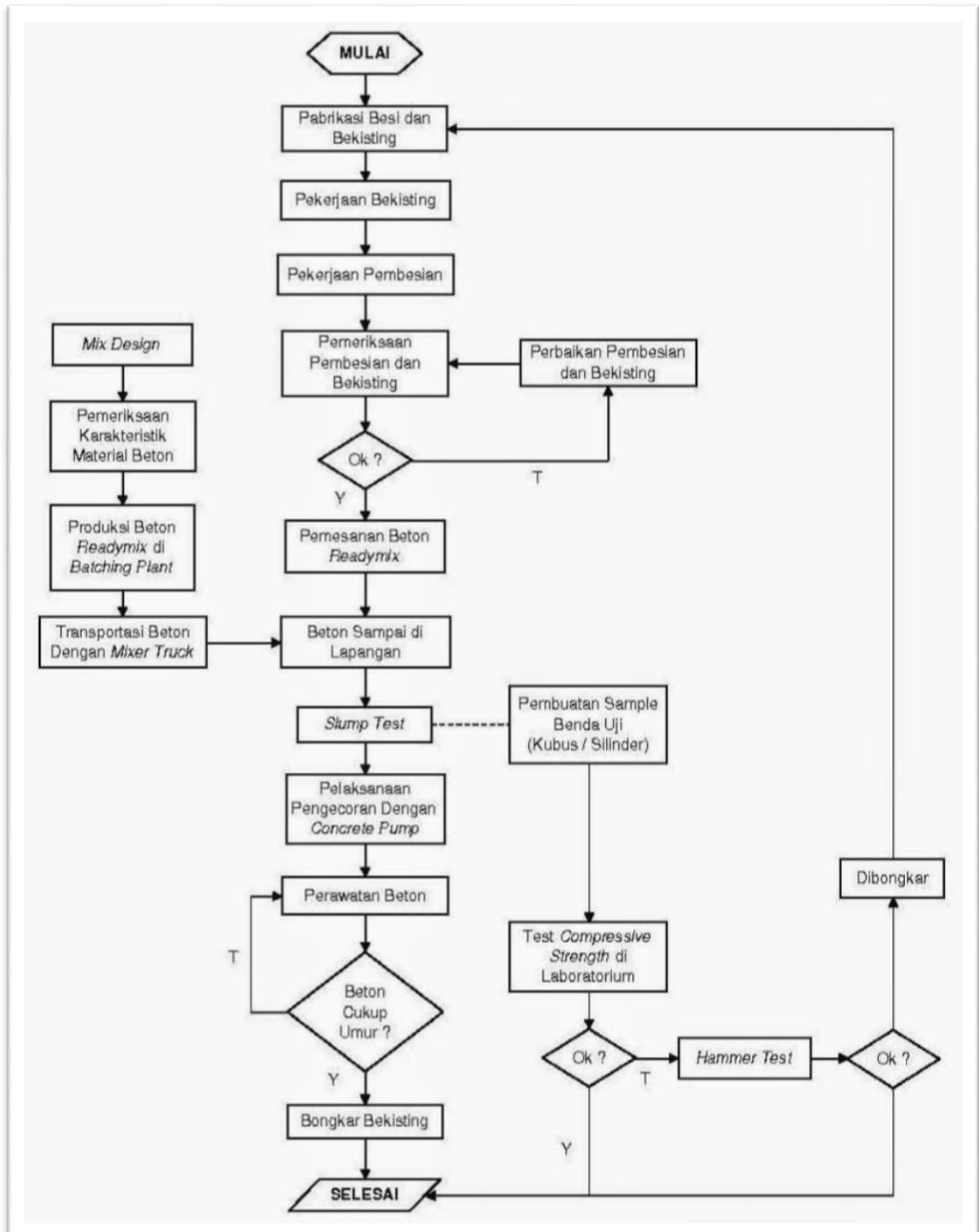
Menurut PT. Kumala Wandira, 2008 pekerjaan persiapan meliputi:

1. Pagar proyek
2. Pos jaga (*post security*)

3. Jalan kerja
4. *Site office/ direksi keet* (kantor proyek)
5. Gudang material dan peralatan
6. Ketersediaan *power supply* (listrik)
7. Ketersediaan air bersih
8. *Workshop* untuk rebar
9. *Workshop* untuk fabrikasi bekisting
10. *Workshop* untuk pekerjaan mekanikal elektrik
11. *Labour camp* (bedeng pekerja)
12. *Canteen* (kantin/warung)
13. Toilet umum
14. Saluran air limbah
15. Telepon dan internet

## **B. Produksi**

Konstruksi beton banyak digunakan pada berbagai jenis bangunan, baik untuk bangunan rumah tinggal maupun bangunan gedung bertingkat dan jenis-jenis bangunan yang lain. Secara garis besar pekerjaan konstruksi beton terdiri dari pekerjaan bekisting, pekerjaan pembesian, dan pekerjaan pengecoran beton.



**Gambar 2.11.** Diagram alir Pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi Beton

**Sumber :** [www.rumahmaterial.com](http://www.rumahmaterial.com), 2014

Secara umum tahapan pelaksanaan pekerjaan konstruksi beton dalam diagram di atas dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Untuk tahapan pertama dilakukan pekerjaan fabrikasi besi tulangan dan bekisting beton di lapangan.
2. Selanjutnya dilakukan pekerjaan bekisting beton yang dilanjutkan dengan pekerjaan pembesian tulangan beton dengan dimensi, diameter besi, serta jarak besi tulangan sesuai dengan gambar perencanaan struktur.
3. Setelah selesai, dilakukan pemeriksaan untuk memastikan apakah dimensi bekisting serta diameter dan jarak besi tulangan sudah sesuai dengan yang dipersyaratkan dalam gambar rencana struktur. Jika sudah benar dan sesuai dengan yang dipersyaratkan maka dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya, jika tidak maka harus dilakukan koreksi untuk memperbaikinya.
4. Selanjutnya dilakukan pemesanan beton *readymix* ke *supplier* sesuai mutu yang dipersyaratkan. Beton *readymix* akan diproduksi di *batching plant* dan didatangkan ke lapangan menggunakan *mixer truck*.
5. Setelah beton sampai ke lapangan dilakukan *slump test* dan diambil sampel untuk benda uji test tekan kubus/ silinder beton di laboratorium.
6. Jika memenuhi syarat *slump* beton maka selanjutnya dilakukan pengecoran beton yang dilanjutkan dengan pekerjaan *curing*/ perawatan beton.
7. Setelah beton cukup umur maka bekisting dapat dibongkar.

8. Dari hasil test tekan beton di laboratorium, jika mutu beton memenuhi syarat maka pekerjaan konstruksi beton sudah oke, tetapi jika ternyata mutu beton tidak masuk atau di bawah yang dipersyaratkan maka selanjutnya dilakukan test *hammer test* dan *corendill* secara acak/*random*.

## **2.4. Analisa Pekerjaan Produksi Beton**

### **2.4.1. Analisa Pekerjaan Produksi Beton *Precast***

Perhitungan pekerjaan produksi beton *precast* menggunakan acuan dari analisa pekerjaan beton dan bekisting yang dimiliki PT. Kumala Wandira, yaitu analisa *KW System*. Dimana dengan analisa ini dapat didapatkan perhitungan jumlah biaya untuk beserta volume materialnya dengan cara mengalikan koefisien bahan material dengan volume pekerjaan tersebut dan untuk menghitung biayanya dapat dihitung dengan cara koefisien analisa pekerjaan dikalikan dengan harga bahan/upah.

### **2.4.2. Analisa Pekerjaan Produksi Beton Konvensional**

Perhitungan pekerjaan produksi beton konvensional menggunakan acuan dari analisa pekerjaan beton dan bekisting yang terdapat pada AHS (analisa harga satuan) SNI tahun 2013. Tidak semua komponen struktur kolom dan balok dapat dilaksanakan dengan sistem *precast*, ada juga komponen yang dilaksanakan

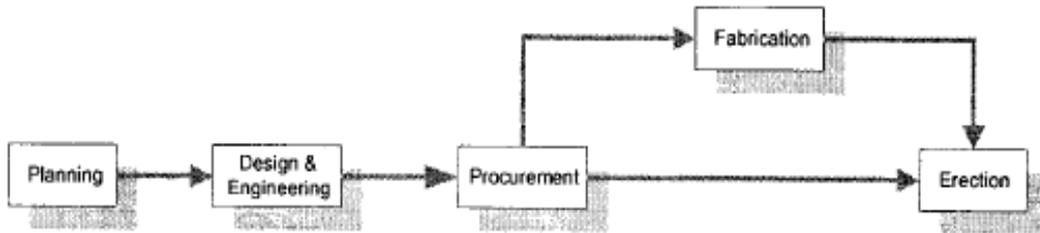
dengan metode *cast-in place* (konvensional), oleh karena itu analisa pekerjaan bekisting konvensional elemen kolom dan balok milik PT. Kumala Wandira juga disertakan. Untuk mencari biaya dan volume material cara perhitungannya masih sama seperti analisa pekerjaan bekisting *precast*.

## **2.5. Perbandingan Penggunaan Beton *Precast* dan Beton Konvensional**

Berikut komparasi antara metode beton pracetak dengan metode beton konvensional menurut Ervianto (2006):

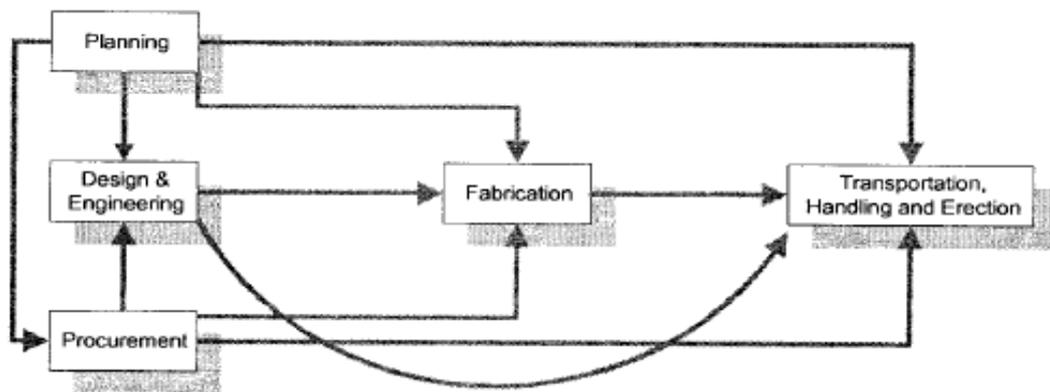
### **2.5.1. Aspek Perencanaan**

Dibandingkan dengan metode konvensional, penerapan teknologi pracetak membutuhkan interaksi positif antarkegiatan. Teknologi pracetak akan mengubah hubungan antarkegiatan yang semula tidak saling bergantung pada metode konvensional menjadi saling bergantung pada metode pracetak. Perbedaan penerapan teknologi pracetak dengan konvensional dapat dilihat pada gambar 2.12 dan 2.13.



*Gambar 2.12. Ketergantungan antarpihak pada penerapan sistem konvensional.*

*Sumber : Wulfram I. Ervianto, 2006*



*Gambar 2.13. Ketergantungan antarpihak pada penerapan teknologi pracetak.*

*Sumber : Wulfram I. Ervianto, 2006*

### 2.5.2. Aspek Sistem Struktur

Berbeda dengan sistem konvensional, bangunan yang konstruksinya menggunakan teknologi pracetak memerlukan perencanaan yang lebih detail,

mulai dari perancangan arsitektur, perancangan struktur, proses transportasi, hingga proses pelaksanaan di lapangan.

Berikut adalah macam-macam struktur pada teknologi pracetak:

- Struktur rangka kolom menerus
- Struktur rangka dengan kolom sambungan
- Struktur rangka dengan unit berupa portal
- Struktur tipe *mushroom*
- *Lift slab method*

### **2.5.3. Aspek Produksi**

Dibandingkan dengan sistem konvensional, hal yang menonjol dalam produksi beton pracetak adalah penggunaan mesin dalam pabrik untuk menghasilkan komponen beton pracetak. Selain membutuhkan tenaga kerja yang sedikit, penggunaan mesin akan mengurangi kesalahan yang diakibatkan oleh faktor *human error* sehingga akan dihasilkan produk dengan kualitas yang lebih seragam.

### **2.5.4. Aspek Transportasi**

Berbeda dengan metode konvensional yang tidak memerlukan transportasi untuk memindahkan komponen struktur beton, teknologi beton pracetak

memerlukan transportasi yang digunakan untuk mentransportasikan komponen beton pracetak dari lokasi pabrikasi sampai ke lokasi pekerjaan.

#### **2.5.5. Aspek Erection**

Dalam metode konvensional tidak memerlukan *erection* untuk komponen strukturnya dikarenakan seluruh komponen struktur dicetak pada tempat dari struktur tersebut, sedangkan pada teknologi pracetak memproduksi komponen beton di tempat lain sehingga memerlukan kegiatan pengangkatan/*erection* untuk merangkai komponen struktur menjadi satu kesatuan. Pemilihan jenis peralatan yang digunakan untuk *erection* dan *handling* komponen beton berupa *tower crane* karena berdasarkan pada kemudahan pengadaan, jangkauan yang memadai baik secara vertikal maupun horizontal, dan kapasitas angkat yang mencukupi.

#### **2.5.6. Aspek Koneksi**

Pada metode konvensional koneksi antar komponen/elemen struktur dilakukan pada saat pekerjaan pengecoran komponen tersebut. Berbeda dengan sisten konvensional, pada teknologi beton pracetak memerlukan sistem koneksi/sambungan antar elemen struktur menjadi sebuah struktur bangunan yang monolit. Material yang harus disatukan terdiri dari dua jenis, yaitu meterial beton dan material baja/besi tulangan.

### **2.5.7. Aspek Perbaikan**

Perbaikan pada metode konvensional terjadi pada saat proses produksi beton, yaitu pada saat pengecoran, dimana komponen beton yang dicor memiliki ketidakrapian, dimana ada rongga-rongga atau lubang-lubang pada permukaan beton akibat kurangnya homogenisasi pasta beton. Pada teknologi pracetak, kerusakan komponen beton timbul pada saat produksi, transportasi ataupun *erection*. Kerusakan komponen dapat diperbaiki jika menurut penilaian tenaga ahli tipe kerusakan itu dinyatakan tidak membahayakan, namun apabila kerusakan yang terjadi cukup parah, maka komponen beton tidak direkomendasikan untuk digunakan.

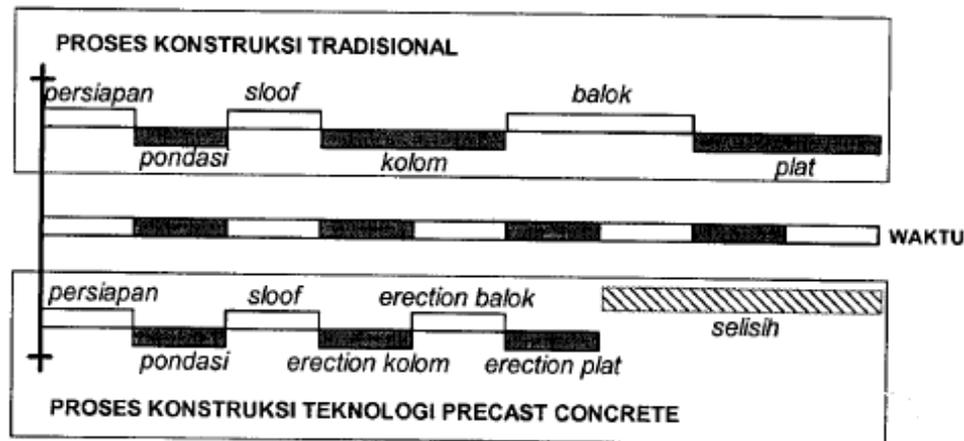
### **2.5.8. Aspek Biaya**

Efisiensi pemakaian teknologi pracetak jika dibandingkan dengan cara-cara konvensional dalam reduksi biaya konstruksi adalah reduksi biaya terjadi karena reduksi pemakaian bekisting, jumlah pekerja, dan biaya *overhead* karena kecepatan pelaksanaannya.

### **2.5.9. Aspek Waktu**

Dari segi waktu pelaksanaan konstruksi, penggunaan teknologi beton pracetak lebih singkat dibandingkan dengan pelaksanaan konstruksi secara konvensional. Gambaran tahapan penggunaan teknologi beton pracetak

dibandingkan dengan proses konstruksi konvensional dapat dilihat pada gambar 2.14.



*Gambar 2.14. Perbandingan tahapan konstruksi antara proses konstruksi konvensional dengan penggunaan teknologi beton pracetak.*

*Sumber : Wulfram I. Ervianto, 2006*

### 2.5.10. Aspek Mutu

Produk yang dihasilkan teknologi beton pracetak mempunyai akurasi dimensi yang tinggi sehingga dalam pelaksanaannya di lapangan relatif lebih mudah dari serta mempunyai kenampakan yang lebih baik. Mutu yang dihasilkan dari kedua teknologi (konvensional dan pracetak) jika ditinjau dari tingkat kerusakannya adalah sebagai berikut: di negara maju, teknologi pracetak tidak menimbulkan kerusakan sedangkan di Indonesia kerusakan yang ditimbulkan akibat teknologi pracetak adalah  $\pm 5\%$  per tahun.

## 2.6. Analisa Waktu Pelaksanaan *Tower Crane*

Untuk mengetahui produktivitas *tower crane* pada proyek yang diamati, yaitu mendata volume material yang diangkat *tower crane* dan total waktu siklus pada proses pengangkatan material oleh *tower crane*. Dari data tersebut akan dihitung untuk mengetahui produktivitas *tower crane* dengan satuan kg/jam. (Sofia Amalia Dewi; Didiek Purwadi, 2017)

Sedangkan waktu siklus diperoleh sesuai pergerakan *hoisting*, *swelling*, *trolley*, dan *landing* yang dihitung sesuai teori. (Sofia Amalia Dewi; Didiek Purwadi, 2017)

Waktu siklus *tower crane* menurut Sofia Amalia Dewi dan Didiek Purwadi, (2017) adalah sebagai berikut :

- a. Waktu tempuh vertical ( $T_v$ )

$$\text{Rumus: } T_v = \frac{D_v}{V_v} \quad (1)$$

Keterangan :

$T_v$  = Waktu tempuh vertikal (menit)

$D_v$  = Jarak tempuh vertikal (m)

$V_v$  = Kecepatan *hoist* TC (m/menit)

- b. Waktu tempuh rotasi ( $T_r$ )

$$\text{Rumus: } T_r = \frac{D_r}{V_r} \quad (2)$$

Keterangan :

$T_r$  = Waktu tempuh rotasi (menit)

$D_r$  = Jarak tempuh rotasi (radian)

$V_r$  = Kecepatan *swing* TC (radian/menit)

c. Waktu tempuh horizontal ( $T_h$ )

$$\text{Rumus: } T_h = \frac{D_h}{V_h} \quad (3)$$

Keterangan:

$T_h$  = Waktu tempuh horizontal (menit)

$D_h$  = Jarak tempuh horizontal (m)

$V_h$  = Kecepatan *trolley* TC (radian/menit)

d. Waktu siklus total

Waktu siklus = waktu angkat + waktu pemasangan + waktu bongkar + waktu kembali

Rumus untuk menentukan produktivitas TC menurut Sofia Amalia Dewi dan Didiek Purwadi, (2017) adalah sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Output}}{\text{Input}} \quad (4)$$

Keterangan:

*Output* = Volume material (kg)

*Input* = Waktu siklus (jam)

## 2.7. Analisa Durasi Waktu Pekerjaan

Analisa perhitungan durasi waktu pekerjaan menggunakan acuan HSPK SNI 2013 untuk metode konvensional dan untuk menghitung durasi waktu pekerjaan dengan metode *precast* menggunakan siklus waktu produksi beton.

Rumus menghitung lama durasi waktu pekerjaan untuk metode konvensional :

$$\text{Durasi} = ( \text{Volume pekerjaan} \times \text{Koefisien upah terbesar} ) / \text{jumlah pekerja}$$

Siklus waktu metode *precast* adalah sebagai berikut :

Cor komponen  $\longrightarrow$  *Stocking*  $\longrightarrow$  *Install*