

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1. Umum

2.1.1. Definisi Beton

Beton bertulang adalah suatu bahan konstruksi yang dihasilkan dari kombinasi antara beton dengan baja sebagai tulangan. Beton merupakan hasil pencampuran antara semen, air, dan bahan agregat (pasir, kerikil). Kualitas beton sangat tergantung kepada kualitas bahan penyusunnya.

Beton bertulang bersifat sama dengan sifat bahan penyusunnya yaitu beton dan baja. Yang dimana, beton memiliki sifat utama yaitu kuat terhadap bebantekan, akan tetapi beton lemah terhadap beban tarik. Sedangkan bahan lainnya, yaitu baja memiliki kekuatan yang besar, baik dalam menahan beban tarik maupun tekan. Akan tetapi, mengingat harga dari baja yang mahal, maka untuk menghindari penggunaan baja yang besar serta mendapatkan nilai ekonomis dengan kualitas yang baik, akhirnya dilakukanlah kombinasi (komposit) antara keduanya sehingga bahan beton dihitung sebagai penahan beban tekan, sedangkan baja sebagai penahan beban tarik.

2.1.2. Material Penyusun Beton

Sebagaimana yang telah disebutkan di atas bahwa beton tersusun atas beberapa material yaitu: Semen, Agregat Halus (Pasir), Agregat Kasar (Kerikil), dan Air. Berikut penulis jabarkan syarat teknis dari setiap bahan tersebut.

1. Air yang digunakan dalam pembuatan beton, sebaiknya digunakan air bersih (air yang dapat diminum). Menurut Peraturan Beton Bertulang Indonesia tahun 1971 (PBI-1971), air yang digunakan untuk pembuatan dan perawatan beton tersebut, harus tidak boleh mengandung minyak, asam, alkali, garam-garam, bahan-bahan organik atau bahan-bahan lain yang merusak beton dan atau baja tulangan.
2. Semen Menurut SII 0031-81 (Tjokrodinuljo: 1996) didalam buku balok dan pelat beton bertulang (Ali Asroni: 2010), disebutkan bahwa semen yang dipakai di Indonesia terbagi menjadi 5 jenis, yaitu :
 - 1) Jenis I : Semen portland
untuk penggunaan umum, tidak memerlukan persyaratan khusus,
 - 2) Jenis II : Semen portland
untuk beton tahan sulfat dan mempunyai panas hidrasi sedang,
 - 3) Jenis III : Semen portland
untuk beton dengan kekuatan awal tinggi (cepat mengeras),
 - 4) Jenis IV : Semen portland
untuk beton yang memerlukan panas hidrasi rendah,
 - 5) Jenis V : Semen portland
untuk beton yang sangat tahan terhadap sulfat.

3. Agregat Halus (Pasir) Pasir yang digunakan sebagai bahan penyusun beton harus memenuhi persyaratan berikut:

- 1) Berbutir tajam dan keras,
- 2) Bersifat kekal, yaitu tidak mudah lapuk/ hancur oleh perubahan cuaca, seperti terik matahari dan hujan,
- 3) Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5% dari berat keringnya, jika kandungan lumpur lebih dari 5%, maka pasir tersebut harus dicuci.
- 4) Tidak boleh digunakan pasir laut (kecuali dengan petunjuk staf ahli), karena pasir laut ini banyak mengandung garam yang dapat merusak beton/ baja tulangan. (Ali Asroni: 2010).

Agregat Kasar (kerikil) Kerikil merupakan agregat kasar yang mempunyai ukuran diameter 5mm ~ 40mm. Sebagai pengganti kerikil dapat pula dipakai batu pecah (split). Kerikil atau batu pecah yang mempunyai ukuran diameter lebih dari 40mm tidak baik untuk pembuatan beton. Kerikil atau batu pecah yang digunakan sebagai bahan beton, harus memenuhi syarat sebagai berikut:

- 1) Bersifat padat dan keras, tidak berpori.
- 2) Harus bersih, tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%.
Jika kandungan lumpur lebih dari 1%, maka kerikil/batu pecah tersebut harus dicuci.
- 3) Pada keadaan terpaksa, dapat dipakai kerikil bulat. (Ali Asroni: 2010)

2.2. Beton Pracetak

Sejarah dari precast beton dan perkembangan inovasinya bisa dilihat dari awal mula ide tersebut berkembang yaitu pada zaman era romawi kuno dimana pada zaman itu para pemimpin mereka berusaha untuk mencari solusi untuk memperkuat infrastruktur pada keseluruhan wilayah kekaisaran, dan keluarlah ide bahwa struktur beton merupakan pilihan terbaik untuk material yang digunakan untuk merealisasikan rencana desain arsitektur mereka. Kemudian mereka mulai membuat berbagai bentuk dan ukuran beton jadi yang kemudian dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan pembangunan infrastruktur. Banyak dari infrastruktur era romawi kuno seperti Aqueduct, Culverts, dan Terowongan yang merupakan hasil dari inovasi precast ini. Walaupun pada zaman itu inovasi ini belum disebutkan sebagai precast, tapi pada masa itu merupakan pertama kalinya tercatat penggunaan teknologi seperti ini. (Susilorini, 2012)

Pada tahun 1904, beton precast mulai diaplikasikan di proyek Pelabuhan Sidney, yaitu mercusuar dan dermaga, Bradley's Head Lighthouse and Millers Point Wharves. Sistem beton precast adalah metode konstruksi yang mampu menjawab kebutuhan di era millennium baru. Pada dasarnya sistem ini melakukan pengecoran komponen di tempat khusus di permukaan tanah (fabrikasi), lalu dibawa ke lokasi (transportasi) untuk disusun menjadi suatu struktur utuh (ereksi). Keunggulan sistem ini, antara lain mutu yang terjamin, produksi cepat dan misal, pembangunan yang cepat, ramah lingkungan dan rapi dengan kualitas produk yang baik. Perbandingan kualitatif antara struktur kayu, baja serta beton konvensional dan pracetak dapat dilihat pada tabel:

Tabel 2.1
Perbandingan Umum

Aspek	Kayu	Baja	Beton	
			Konvensional	Pracetak
Pengadaan	Semakin Terbatas	Impor	Mudah	Mudah
Permintaan	Sedang	Banyak	Paling Banyak	Sedikit
Pelaksanaan	Sukar, Kotor	Cepat, Bersih	Lama, Kotor	Cepat, Bersih
Pemeliharaan	Biaya Tinggi	Biaya Tinggi	Biaya Sedang	Biaya Sedang
Kualitas	Tergantung Spesies	Tinggi	Sedang	Tinggi
Harga	Semakin Mahal	Mahal	Murah	Menengah
Tenaga Kerja	Banyak	Banyak	Banyak	Banyak
Lingkungan	Tidak Ramah	Ramah	Kurang Ramah	Ramah
Standard	Ada	Ada	Ada	Belum Ada

Sumber : Prastowo, Reza. Analisis Teknologi Metode Precast

2.3. Metode Struktur Kolom

Dalam pelaksanaan pengerjaan struktur kolom terdapat dua metode yang akan dijadikan perbandingan utama dalam penelitian ini yaitu metode cast in situ dan metode precast. Kemudian pada setiap metode yang akan digunakan terdapat detail pekerjaan yang sangat berbeda antara metode cast in situ dan metode precast.

2.3.1 Metode Konvensional/Cast In Situ

Pelaksanaan metode cast in situ merupakan pekerjaan pembetonan yang menggunakan metode pengecoran langsung dilapangan yang pada umumnya dilakukan pada pelaksanaan proyek konstruksi. Campuran beton untuk pekerjaan

beton dilakukan secara langsung ditempat proyek. Tahapan pekerjaan yang perlu dilakukan dalam metode cast in situ ini adalah:

1. Pekerjaan Pembesian

Pekerjaan Pembesian merupakan pekerjaan awal struktur kolom dimana pembesian dilakukan terlebih dahulu sebelum proses pemasangan bekisting. Sewaktu pekerjaan pembesian ini, baja tulangan harus dipesan dan dilakukan transportasi terlebih dahulu dan kemudian dibentuk berdasarkan desain yang direncanakan.

Untuk kolom, pemotongan dan pembengkokan besi dilakukan sesuai kebutuhan dengan bar cutter dan bar bending. Pembesian balok ada dilakukan dengan sistem pabrikasi di los besi dan ada yang dirakit diatas bekisting yang sudah jadi.

2. Pekerjaan Bekisting

Setelah pemasangan struktur tulangan kolom kemudian akan dilakukan proses pemasangan bekisting. Cetakan beton yang umumnya terbuat dari bahan kayu dipasangkan sesuai dengan ukuran kolom. Namun diproyek ini menggunakan bekisting dari triplek. Masa pakai bekisting ini bisa berulang kali sampai batas kelayakan layak pakai bekisting dalam kondisi yang tidak bisa dipakai lagi.

Sewaktu pemasangan bekisting harus dipastikan agar bekisting berada tepat pada posisi kolom yang direncanakan dan disesuaikan agar tidak terjadi kemiringan. Proses instalasi dilakuka dengan menutup tulangan dan merapatkan bekisting sehingga tidak terdapat celah

didalamnya. Setelah pengecoran dan masa pertahanan bekisting sudah cukup, maka bekisting akan dilepas dan dilakukan pemeliharaan pada bekisting agar bekisting bisa digunakan kembali.

3. Pekerjaan Pengecoran

Setelah pemasangan bekisting maka langkah selanjutnya adalah pengecoran, dimana pengisian bekisting dengan campuran beton readymix yang dipilih sesuai dengan kekuatan yang direncanakan. Proses pengecoran diawali dengan proses pemesanan readymix pada batching plant, kemudian proses transportasi dengan truck mixer atau molen. Setelah molen sampai di lokasi proyek, maka beton akan dituangkan kedalam bucket yang biasanya digunakan untuk distribusi pengecoran balok. Proses pelaksanaan pengecoran balok tidak boleh terlalu cepat karena akan menimbulkan banyak rongga didalam kolom akibat tidak bertahapnya proses penggetaran sehingga hasilnya tidak sempurna.

Oleh karena itu proses pengecoran lebih baik menggunakan bucket yang berkapasitas lebih kecil dan bisa diatur kapasitas tuangnya. Sehingga proses vibrasi bisa lebih bertahap agar hasil pengecoran bisa lebih baik. Untuk bangunan tingkat tinggi, pengangkutan bucket bisa menggunakan tower crane, namun waktu menyelesaikan satu buah kolom cukup lama dalam proses pengecoran.

4. Pekerjaan Perawatan

Pekerjaan perawatan dilakukan setelah bekisting dilepas dari kolom yang dicetak. Tahap pertama perawatan adalah proses curing yang ditujukan untuk menjaga suhu dari beton agar tidak terlalu panas dan menghindari keretakan. Proses curing bisa dengan penyiraman air pada kolom serta menyelimuti kolom dengan karung basah. Perawatan berikutnya adalah proses penghalusan permukaan kolom agar terlihat lebih rapi. Proses penghalusan dilakukan dengan menggunakan skop manual dan adukan semen hingga permukaan rata dan siap untuk finishing.

2.3.2. Metode Precast

Berdasarkan SNI 7832-2012, komponen bangunan pracetak adalah komponen yang terbuat dari beton yang dicetak terlebih dahulu, dipasang setelah mengeras ditempat pembangunan.

Teknologi beton pracetak adalah teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus (off-site fabrication), terkadang komponen-komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu (pre-assembly), dan selanjutnya dipasang dilokasi (installation). Dengan metode yang berbeda dengan pelaksanaan konstruksi konvensional sehingga dalam perencanaan metode beton pracetak ini akan ditentukan dengan sistem penyambungan (joint) antar komponen beton pracetak. Elemen-elemen beton pracetak dapat dibagi menjadi

beberapa jenis yaitu balok, pelat, kolom, dinding, tiang pancang, dll. Tahapan pekerjaan yang perlu dilakukan dalam metode precast ini adalah:

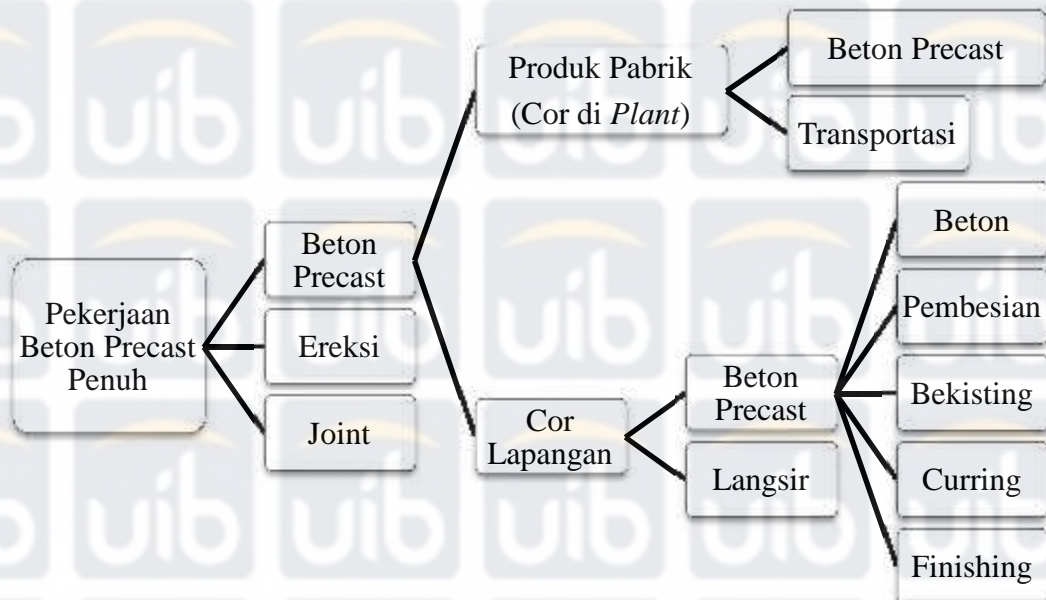
1. Erecting

Kolom precast yang sudah dicetak dan sudah sampai pada lokasi proyek maka harus dilakukan pengangkutan material dengan menggunakan tower crane menuju tempat balok akan dipasang. Kolom precast didesain dan dicetak dengan adanya gantungan baja yang memang disiapkan untuk mempermudah pengangkutan secara vertikal dengan menggunakan tower crane.

2. Installing

Metode yang digunakan dalam penyambungan precast bergantung dari jenis joint yang direncanakan. Proses awal harus dilakukan penyambungan joint dengan metode yang direncanakan, kemudian unit precast dijaga posisi untuk memastikan letak kolom sesuai dengan perencanaan. Setelah posisi sudah dipastikan, maka kolom precast harus ditahan dengan alat penahan agar tidak terjadi pergerakan dan pergeseran. Setelah itu baru proses penyambungan akhir untuk pengakuhan struktur agar balok precast dapat mempertahankan posisi dan berfungsi sebagai sebuah struktur dari bangunan tersebut.

Gambar 2.1
Proses Pekerjaan Precast



Sumber : Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Precast
untuk Konstruksi Bangunan Gedung SNI 7832-2012, hal.10

2.4. Peralatan Precast Kolom

Pada pelaksanaan precast kolom terdapat beberapa peralatan penting yang akan dipergunakan untuk menyelesaikan instalasi pembuatan beton kolom dengan menggunakan metode precast antara lain:

2.4.1. Truk

Truk merupakan sebuah kendaraan bermotor dengan kapasitas angkut yang sangat besar untuk digunakan sebagai alat transportasi darat untuk benda-benda yang sangat berat. Daya angkut truk tergantung kepada beberapa variable, diantaranya jumlah ban, jumlah sumbu/konfigurasi sumbu, muatan sumbu, kekuatan ban, daya dukung jalan.

2.4.2. Mobile Cranes

Dalam perkembangan teknologi pekerjaan konstruksi membutuhkan mobilitas yang tinggi serta pembatasan waktu dan tempat, maka alat angkat sangat memegang peranan penting. Misalnya untuk mengangkat atau mengangkut alat, material dan tenaga kerja dari suatu tempat ke tempat lain pada gedung bertingkat.

Alat pengangkat yang biasanya digunakan pada proyek konstruksi adalah mobile crane. Cara kerja mobile crane adalah dengan mengangkat material yang akan dipindahkan kemudian memindahkan secara horizontal dan vertikal, baru diturunkan ditempat yang diinginkan. Crane mempunyai beberapa tipe pengoperasian yang dapat dipilih sesuai kondisi proyeknya, diantaranya

:CrawlerCrane, HydraulicCrane, Tower Crane

2.5. Harga Satuan Kolom Konvensional dan Precast

2.5.1 Kolom konvensional/Cast In Situ

1. Pekerjaan Pembesian

Tabel 2.2
Pembesian 10 kg dengan besi polos atau besi ulir

Kebutuhan		Satuan	Indeks
Bahan	Besi Beton (Ulir)	kg	10,500
	Kawat Beton	kg	0,150
Tenaga Kerja	Pekerja	OH	0,070
	Tukang Besi	OH	0,070
	Kepala Tukang	OH	0,007
	Mandor	OH	0,004

Sumber : SNI 7394. 2008: 6.17

2. Pekerjaan Bekisting

Tabel 2.3
Memasang 1 m² bekisting untuk Kolom

Kebutuhan		Satuan	Indeks
Bahan	Kayu Kelas III	m ³	0,040
	Paku 5 cm – 12 cm	kg	0,400
	Minyak Bekisting	Liter	0,200
	Balok kayu kelas II	m ³	0,018
	Multiplek 12mm	Lbr	0,350
	Dolken kayu galam, ø (8-10) cm, panjang 4m	batang	2,000
Tenaga Kerja	Pekerja	OH	0,660
	Tukang Besi	OH	0,330
	Kepala Tukang	OH	0,033
	Mandor	OH	0,033

Sumber : SNI 7394. 2008: 6.22

3. Pekerjaan Pengecoran

Tabel 2.4

Membuat 1 m³ beton mutu f[']c = 31,2 Mpa (K 350), slump (12 ± 2) cm, w/c = 0,48

Kebutuhan		Satuan	Indeks
Bahan	Semen Portland	kg	448,000
	Pasir Beton	kg	667
	KR (maksimum 30 mm)	kg	1000
	Air	liter	215
Tenaga Kerja	Pekerja	OH	2,100
	Tukang Besi	OH	0,350
	Kepala Tukang	OH	0,035
	Mandor	OH	0,105

Sumber : SNI 7394. 2008: 6.12

2.5.2 Kolom Precast

1. Proses Produksi

Tabel 2.5

Membuat 1 m² bekisting untuk kolom beton pracetak (10 sampai 12 kali pakai)

Kebutuhan		Satuan	Indeks
Bahan	Kaso 5/7 (lebar 5 cm, tinggi 7 cm)	m ³	0,005
	Multiplex 12 mm	lbr	0,043
	Paku (5 s/d 7) cm	kg	0,046
	Minyak bekisting	L	0,200
	Paku Ulir	bh	0,693
Tenaga Kerja	Pekerja	OH	0,004
	Tukang Kayu	OH	0,038
	Kepala Tukang	OH	0,004
	Mandor	OH	0,001

Sumber : SNI 7832. 2012: 6.11

Tabel 2.6
Upah pemasangan + buka bekisting 1 buah komponen kolom pracetak

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Tenaga Kerja	Pekerja	OH	0,089
	Tukang Kayu	OH	0,030
	Mandor	OH	0,005

Sumber : SNI 7832. 2012: 6.14

Tabel 2.7
Upah tuang/tebar beton 1 buah komponen untuk kolom pracetak

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Tenaga Kerja	Pekerja	OH	0,069
	Tukang Batu	OH	0,242
	Tukang Vibrator	OH	0,138
	Kepala Tukang	OH	0,037
	Mandor	OH	0,073

Sumber : SNI 7832. 2012: 6.17

2. Pekerjaan Erecting

Tabel 2.8
Ereksi 1 buah komponen untuk kolom pracetak

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	Sewa Crane	Unit/hr	0,061
	Solar	L	6,110
	Sewa Scaffolding	Bh/hr	1,100
Tenaga Kerja	Operator Crane Pekerja	OH	0,061
	Pembantu Operator Crane	OH	0,061
	Pekerja	OH	0,061
	Tukang Batu	OH	0,061
	Tukang Ereksi	OH	0,122
	Kepala Tukang	OH	0,061
	Mandor	OH	0,061

Sumber : SNI 7832. 2012: 6.20

Tabel 2.9
Langsir 1 buah komponen untuk kolom pracetak (± 20 m)

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	Sewa Crane	Unit/hr	0,019
	Solar	L	1,897
Tenaga Kerja	Operator Crane	OH	0,019
	Pembantu Operator Crane	OH	0,019
	Pekerja	OH	0,019
	Tukang Batu	OH	0,038

Sumber : SNI 7832. 2012: 6.23

3. Pekerjaan Joint / Sambungan

Tabel 2.10
Bahan 1 m³ grout campuran

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	Semen Grout	kg	1200,000
	Screening	kg	650,000
	Air	L	350,000

Sumber : SNI 7832. 2012: 6.25

Tabel 2.11
Bahan 1 m³ grout

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	Semen Grout	kg	1850,000
	Air	L	400,000

Sumber : SNI 7832. 2012: 6.26

Tabel 2.12
Upah 1 Titik Pekerjaan Grout pada Joint Beton Pracetak

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Tenaga Kerja	Tukang Batu	OH	0,367
	Kepala Tukang	OH	0,074
	Mandor	OH	0,037

Sumber : SNI 7832. 2012: 6.27

Tabel 2.13
Memasang 1 Titik Bekisting Joint

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Bahan	Kayu Kaso 5/7 (lebar 5 cm, tinggi 7 cm)	m ³	0,012
	Papan Cor	m ³	0,004
	Paku (5 s.d 7) cm	kg	0,264
Tenaga Kerja	Pekerja	OH	0,147
	Tukang Kayu	OH	0,147
	Kepala Tukang	OH	0,015
	Mandor	OH	0,005

Sumber : SNI 7832.2012: 6.28

Tabel 2.14
Upah 1 Titik Joint dengan Sling

	Kebutuhan	Satuan	Indeks
Tenaga Kerja	Pekerja	OH	0,220
	Tukang Besi	OH	0,220
	Tukang Kayu	OH	0,022
	Mandor	OH	0,011

Sumber : SNI 7832. 2012: 6.29

2.6. Analisa Penjadwalan Kolom

Metode penjadwalan menggunakan Network Diagram Presendence Diagram Method (PDM) dengan produktivitas tenaga kerja diambil dari indeks SNI. Presendence Diagram Method adalah jaringan kerja yang berupa penyajian secara grafis perencanaan proyek, menunjukkan interaksi antara satu aktivitas dengan aktivitas lainnya serta dapat memperlihatkan lintasan kritis. Presendence Diagram Method memungkinkan adanya kegiatan yang saling tumpang tindih atau paralel sehingga kegiatan dapat dikerjakan tanpa menunggu kegiatan pendahulunya selesai. (Soeharto, 1995)

Pada metode PDM dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat sehingga bagi kegiatan-kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan. Keistimewaan metoda ini dibandingkan dengan metode lain adalah tanda panah untuk node hanya menyatakan keterkaitan antar kegiatan, sehingga dapat diketahui dengan jelas kegiatan-kegiatan mana yang saling berhubungan. Sehingga waktu pengerjaan sebuah proyek akan lebih cepat dan penggunaan sumber daya akan lebih efisien.

Perhitungan durasi dan volume untuk setiap pekerjaan dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{Durasi (hari)} = \frac{\text{VolumexIndeks}}{\text{JumlahTenagaKerja}}$$

$$\text{Volume pekerjaan(m}^3\text{)} = \text{L.penampang} \times \text{Tinggi} \times \text{Jumlah Volume}$$

2.7 Penelitian Terdahulu

Farizal Fani, (2012), meneliti dengan judul “Analisa Perbandingan Metode Pelaksanaan Cast In Situ dengan Pracetak Terhadap Biaya dan Waktu pada Proyek Dian Regency Apartemen”. Didalam pelaksanaan cast in situ terdapat beberapa kekurangan yaitu membutuhkan waktu yang lama, kontrol kualitas yang kurang baik serta membutuhkan banyak bekisting dan pekerja, sehingga terjadi pembengkakan biaya dan waktu. Didapat kesimpulan dari analisis tersebut adalah:

- a. Metode pelaksanaan precast lebih praktis dan membutuhkan jumlah tenaga lebih sedikit dibandingkan dengan metode cast in situ, untuk metode cast in situ membutuhkan waktu yang lebih lama tetapi biaya lebih murah sedangkan untuk precast waktu lebih cepat tetapi biaya lebih mahal.
- b. Metode cast in situ membutuhkan waktu pelaksanaan selama 396 hari dengan biaya sebesar Rp. 22.990.693.700,00 dan metode precast membutuhkan waktu pelaksanaan selama 245 hari dengan biaya sebesar Rp. 26.715.324.900,00.

Rizki, (2012), dengan judul “Studi Perbandingan Harga Proyek Gedung Bertingkat dengan Metode Pracetak dan Konvensional di Wilayah Jakarta dan Palembang”. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai efisiensi biaya pembangunan antara metode konvensional dan metode pracetak, hal ini dimaksudkan agar dengan dana yang tersedia dapat membangun lebih banyak rusun. Perhitungan efisiensi dilakukan dengan perhitungan RAB konstruksi metode konvensional dan metode pracetak dengan mengacu pada RSNI tata cara perhitungan harga satuan pekerjaan beton.

Dari hasil penelitian didapatkan bahwa, waktu pelaksanaan konstruksi yang lama untuk metode konvensional. Dengan menggunakan metode pracetak, maka banyak biaya yang dapat dihemat seperti contohnya biaya bekisting lebih murah dan biaya overhead lebih kecil karena waktu pelaksanaan lebih cepat dibandingkan metode konvensional. Sehingga metode pracetak menjadi lebih efisien jika dibandingkan dengan metode konvensional.

Untuk efisiensi bangunan, dari hasil penelitian didapatkan bahwa semakin tinggi tingkat suatu bangunan maka besar efisiensinya menggunakan metode pracetak cenderung semakin menurun.

Pada penelitian Putra (2010) dengan judul “ perbandingan beton pabrikan dan beton metode konvensional” dijelaskan bahwa 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. Perhitungan bahan precast yaitu pembetonan yang telah mencakup biaya pembesian dan bekisting, untuk alat

memerlukan alat berat *tower crane*, untuk perhitungan konvensional dari segi bahan diperhitungkan secara bertahap mulai dari pembesian, pembekistingan dan pembetonan. Dari segi waktu beton *precast* diperoleh dari pengamatan dan bertanya kepada tukang, untuk beton konvensional bertanya kepada tukang dari volume yang diteliti untuk mendapatkan waktu yang sebenarnya.

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.

Dalam penelitian Rahmadhan, (2011) yang ditulis dalam jurnal yang berjudul “ Studi Perencanaan Desain Sambungan Balok-Kolom Dengan Sistem Pracetak Pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang” menjelaskan bahwa pembangunan gedung bertingkat saat ini sebagian besar menggunakan dua metode, yaitu dengan metode beton bertulang konvensional dengan menggunakan bekisting yang dicor di tempat dan menggunakan metode beton bertulang pracetak yang dibuat di pabrik atau di lokasi proyek kemudian dirakit. Konsep pembangunan gedung tahan gempa mengacu ke dalam SNI 03-2847-2002 dan SNI 03-1726-2002 sehingga acuan kedua peraturan tersebut akan didapatkan struktur yang tahan gempa, efektif, dan efisien. Studi ini merupakan perhitungan gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dengan zona gempa 4. Dari hasil studi didapatkan bahwa dimensi balok induk berukuran 40 cm x 60 cm dengan tulangan lentur digunakan D19 dan tulangan geser 10. Untuk struktur kolom lantai 1 hingga lantai 4 berukuran 80cm x 100 cm

dengan menggunakan tulangan lentur D29 dan tulangan geser 10 dan lantai 5 hingga lantai 8 menggunakan dimensi 70 cm x 90 cm dengan menggunakan tulangan lentur D29 dan tulangan geser 10. Panjang penyaluran balok – kolom yang digunakan tidak boleh kurang dari 668,16 mm. Ukuran kolom dan balok berukuran cukup besar karena struktur diasumsi tidak menggunakan dinding geser.

Dari penelitian ini disimpulkan bahwa dari perencanaan perhitungan didapatkan :

1. Untuk melakukan perencanaan gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dengan sistem pracetak yang tahan terhadap gempa dilakukan dengan perencanaan perhitungan dalam arah X harus dianggap efektif 100% dan diasumsi terjadi bersamaan dengan pengaruh arah beban gempa tegak lurus atau arah Y dengan efektivitas sebesar 30 %. Gaya geser gempa disebarkan pada sepanjang ketinggian bangunan arah X dengan efektivitas 100 % begitu juga sebaliknya. Menurut SNI 03-1726-2002 pasal 5.8. Selanjutnya dilakukan perhitungan terhadap kondisi batas layan dan kondisi batas ultimit dimana kondisi batas layan dan kondisi batas ultimit ini menentukan apakah suatu struktur gedung dalam kondisi aman atau tidak.
2. Untuk menghitung hubungan balok – kolom struktur pracetak yang tahan gempa dilakukan dengan menghitung M_g atau momen pada pusat hubungan balok – kolom, sehubungan dengan kuat lentur nominal balok – balok yang merangka pada hubungan balok – kolom tersebut. Kemudian dilakukan perhitungan gaya geser searah sumbu x dan dilakukan perhitungan kuat sambungan menurut SNI 7833-2012 bahwa nilai V_n dari sambungan tidak boleh diambil lebih besar dari nilai yang disyaratkan untuk untuk beton normal.

3. Untuk mendapatkan model atau desain sambungan balok – kolom beton bertulang pracetak gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya yang tahan terhadap gempa dilakukan penggambaran penulangan dengan software AutoCAD 2012 dengan lebar tumpuan untuk balok yang menumpu pada kolom harus lebih dari 7,5 cm dan tebal kolom minimal sebesar 40 cm. Hal ini untuk mengantisipasi tebal kolom agar tidak terlalu kecil ketika kolom ditumpu oleh balok. Panjang penyaluran yang digunakan tidak boleh kurang dari 668,16 mm sesuai dengan hasil perhitungan yang didapatkan.
4. Pada Pemeriksaan persyaratan strong column weak beam didapatkan bahwa ini menandakan apabila suatu ketika terjadi keruntuhan maka balok akan mengalami runtuh sedangkan kolom masih utuh. Hal ini dimaksudkan agar penghuni ruangan tetap dapat menyelamatkan diri ketika terjadi kegagalan bangunan.

Pada penelitian Wiranata, (2012) dalam jurnal yang berjudul “ Studi Analisis Sambungan Balok-Kolom Dengan Sistem Pracetak Pada Gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang” menjelaskan bahwa pembangunan gedung bertingkat saat ini sebagian besar masih tetap menggunakan metode beton bertulang konvensional dengan menggunakan bekisting yang dicor di tempat yang akan menelan biaya lebih mahal karena membutuhkan banyak sekali bekisting. Akan tetapi sekarang ada terobosan baru untuk mengurangi penggunaan bekisting yang banyak, yaitu dengan menggunakan metode pracetak yang dibuat di pabrik atau di lokasi proyek kemudian dirakit. Konsep

pembangunan mengacu ke dalam SNI 03-2847-2002 dan SNI 03-1726-2002 sehingga acuan kedua peraturan tersebut akan didapatkan struktur yang tahan gempa, efektif, dan efisien. Dalam studi ini merupakan analisis gedung Dekanat Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang dengan zona gempa 4 yang direncanakan kembali dengan menggunakan metode pracetak. Dari hasil studi didapatkan bahwa dimensi balok induk berukuran 40 cm x 60 cm dengan tulangan lentur digunakan D19 dan tulangan geser \emptyset 10 harus memenuhi syarat aman terhadap kapasitas momen yang ada. Untuk struktur kolom lantai 1 hingga lantai 4 berukuran 80cm x 100 cm dengan menggunakan tulangan lentur D29 dan tulangan geser \emptyset 10 dan lantai 5 hingga lantai 8 menggunakan dimensi 70 cm x 90 cm dengan menggunakan tulangan lentur D29 dan tulangan geser \emptyset 10 harus bisa menahan berat beban yang ada di atasnya. Perencanaan gedung dekanat Universitas Brawijaya ini dilakukan secara manual dengan program bantu STAAD PRO didapatkan tulangan pada balok-kolom sebesar D22, dari hasil penelitian ini disimpulkan bahwa :

1. Hasil dari analisa balok-kolom pracetak sebelum komposit dengan beban yang dipikul oleh balok adalah beban sendiri balok saat pengangkatan menunjukkan bahwa, balok induk pracetak yang berukuran 40/40cm dengan tulangan lentur yang mengalami tarik sebesar 16-D22 dan tulangan tambahan pada daerah tekan tulangan transfersal sebesar 2-D22, sengkang dengan diameter 10mm menghasilkan momen nominal 8840531.25 Kgcm dan momen ultimate yang terjadi sebesar 86263000 Kgcm. Sehingga perhitungan dapat dikatakan aman.

2. Hasil dari analisis hubungan balok kolom setelah terjadi komposit dengan beban yang bekerja di atasnya seperti beban hidup, plat dan atap, baik di tengah dan dipinggir struktur, aman terhadap lentur dan geser. Hal ini dibuktikan dengan analisis kapasitas momen pada daerah tengah menghasilkan momen nominal sebesar 1323,9 KNm lebih besar dari momen ultimate yang terjadi sebesar 932,6 KN dan pada daerah pinggir menghasilkan momen nominal sebesar 541,4 KNm dan momen ultimatnya sebesar 270,7 KN. Sehingga perhitungan dapat dikatakan aman.

Penelitian Fani,dkk (2012) dalam jurnal yang berjudul “analisa perbandingan metode pelaksanaan cast in situ dengan pracetak terhadap biaya dan waktu pada proyek Dian Regency apartemen” menjelaskan bahwa dalam pelaksanaannya ada beberapa metode yang dipakai salah satunya adalah metode cast in situ/konvensional yang mana dalam pelaksanaannya dilakukan di lokasi proyek. Di dalam pelaksanaan cast in situ terdapat beberapa kekurangan yaitu membutuhkan waktu yang lama, kontrol kualitas yang kurang baik serta membutuhkan banyak bekisting dan pekerja, sehingga terjadi pembengkakan biaya dan waktu. Selain itu terdapat metode pracetak/pracetak yang pada dasarnya sama seperti beton bertulang biasa tetapi yang membedakannya yaitu proses produksi dilakukan di tempat khusus produksi pracetak, kemudian dibawa ke lokasi proyek (transportasi) untuk di susun menjadi satu kesatuan struktur yang utuh (ereksi). Dibanding metode cast in situ, metode pracetak dapat mereduksi jumlah tenaga kerja dan kebutuhan bekisting sehingga dapat meminimalkan biaya

dan waktu pelaksanaan. Data analisa yang diperlukan untuk perbandingan dua sistem ini adalah data sekunder. Data sekunder adalah data yang diperoleh dari pihak pelaksana pekerjaan yaitu berupa RAB, time schedule, gambar pelaksanaan, peralatan kerja. Pada penelitian ini direncanakan alternative desain untuk pracetak secara perhitungan, jenis pracetak yang digunakan, metode pelaksanaan pekerjaan precast. Dengan analisis perbandingan metode pracetak dan cast in situ didapatkan hasil Metode cast in situ membutuhkan waktu pelaksanaan selama 396 hari dengan biaya sebesar Rp. 25.887.838.200,- dan metode pracetak membutuhkan waktu pelaksanaan selama 245 hari dengan biaya sebesar Rp. 27.274.827.600,-.

Penelitian oleh Muhadi (2009) pada jurnal yang berjudul “analisis metode *precast half slab* pada proyek x” menjelaskan bahwa penelitian ini melakukan analisis salah satu metode, yaitu penggunaan bekisting pelat dengan metode *Precast Half Slab* pada pelat beton bertulang proyek X Jakarta.

Penelitian ini mengamati tentang pelaksanaan pekerjaan pembuatan bekisting konvensional pada pelat beton bertulang dengan pemasangan, pembongkaran, serta hasil akhir permukaan beton yang diperoleh. Tujuan dari penulisan penelitian ini adalah menganalisis penerapan penggunaan bekisting *precast half slab* dengan yang menggunakan bekisting konvensional ditinjau dari aspek biaya, waktu dan tahap pelaksanaan.

Berdasarkan analisis yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan penggunaan bekisting *precast half slab* pada bangunan proyek X mampu

mengurangi biaya seluruhnya sebesar Rp. 1.924.338.186,24 atau $\pm 22,07\%$ dan mampu mengurangi waktu pelaksanaan pekerjaan 26 hari kalender atau sekitar 9,10% terhadap waktu total pelaksanaan pekerjaan.

Pada penelitian Khakim (2009) dalam jurnal yang berjudul “studi pemilihan pengerjaan beton antara pracetak dan konvensional pada pelaksanaan konstruksi gedung dengan metode AHP” menjelaskan bahwa salah satu usaha yang dilakukan oleh pengelola proyek adalah mengganti cara – cara konvensional menjadi lebih modern, yaitu dengan cara penerapan beton pracetak. Tujuan dari penelitian ini adalah :

(1) untuk mengetahui kriteria utama yang menjadi dasar pertimbangan dalam pemilihan metode pengerjaan beton di Kota Surabaya. (2) mengetahui metode pengerjaan beton yang paling banyak dipilih dengan mempertimbangkan beberapa kriteria pada pelaksanaan konstruksi gedung di Kota Surabaya. Penelitian ini dilakukan melalui metode survei kuesioner serta wawancara dengan beberapa perusahaan kontraktor, konsultan perencana, perusahaan beton pracetak (precast), perusahaan beton konvensional (readymix) dan pemilik proyek (owner) di Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur. Dari 55 kuesioner yang disebarkan, yang berhasil dikumpulkan adalah 46 kuesioner.

Penelitian ini menggunakan Metode Analytic Hierarchy Process (AHP). Kriteria yang digunakan dalam pemilihan pengerjaan beton adalah biaya pekerjaan, waktu pelaksanaan, mutu hasil pekerjaan, perencanaan, keselamatan kerja, bentuk bangunan, kekuatan struktur, keindahan bangunan, perubahan cuaca,

kemampuan kontraktor. Hasil analisis menunjukkan bahwa kriteria keselamatan kerja merupakan kriteria dengan nilai bobot/prioritas tertinggi yaitu 16,4%, kemudian kekuatan struktur (13,6%), mutu hasil pekerjaan (12,7%), biaya pelaksanaan (11,8%), waktu pelaksanaan (9,7%), perencanaan (8,6%), kemampuan kontraktor (7,4%), bentuk bangunan (7,3%), keindahan bangunan (6,9%), dan kriteria perubahan cuaca (5,7%). Untuk metode pengerjaan beton yang paling banyak dipilih pada pelaksanaan konstruksi gedung di Kota Surabaya ditetapkan menggunakan metode beton pracetak dengan nilai persentase sebesar 64,9%, Sedangkan untuk beton konvensional memiliki nilai persentase sebesar 35,1%.

Tjitrosoma (2012) dalam jurnal yang berjudul “perancangan modifikasi struktur gedung rsud. dr. kanujoso djatiwibowo menggunakan beton pracetak (*precast*) dan metode pelaksanaan” menjelaskan bahwa Beton Pracetak dianggap sebagai inovasi baru mutakhir dalam membangun bangunan proyek dalam waktu yang relatif lebih singkat dibandingkan dengan cor setempat atau lebih dikenal “cast in situ” atau dikenal dengan sebutan cara “konvensional”. Salah satu keunggulan precast adalah dalam pelaksanaan dan kontrol kualitas beton. Dalam merencanakan perhitungan maupun gambar beton pracetak tidak sama dengan beton bertulang biasa, hal ini dikarenakan beton pracetak terlebih dahulu dicetak di pabrikasi setelah itu dipasang. Maka dari itu, dalam perhitungan mencari tulangan harus dilakukan sebelum komposit, saat pengecoran, dan setelah komposit (kondisi beton kering 28hari). Dari kondisi tersebut diambil tulangan

yang paling banyak (namun diameter tulangan sama). Gedung yang akan dimodifikasi adalah RSUD Dr. Kanujoso Djatiwibowo yang terletak di Balikpapan, Kalimantan Selatan. Pada modifikasi struktur gedung RSUD. DR. Kanujoso Djatiwibowo, balok anak, balok induk dan pelat telah dimodifikasi dengan menggunakan beton pracetak. Dalam beton pracetak, metode pelaksanaan yang kita rancang akan sangat berhubungan dengan perhitungan kita. Oleh sebab itu dibutuhkan ketelitian yang lebih agar proyek tersebut dapat lebih murah, mudah dilaksanakan, kuat serta tahan lama.

Anggoro (2014) dalam jurnal yang berjudul “analisis kekuatan dinding mortar cor di tempat dengan perkuatan tulangan horizontal dan balok-kolom precast akibat beban statik” menjelaskan bahwa di Indonesia pada umumnya dinding terbuat dari susunan bata atau batako. Namun pembuatan dinding dengan metode pasangan memiliki kelemahan pada penggunaan mortar sebagai spasi antar material yang menyebabkan dinding tersebut bersifat non-homogen. Hal tersebut menyebabkan prediksi kapasitas dinding sulit dilakukan dengan akurat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perilaku dinding mortar dengan perkuatan tulangan horizontal sebagai alternatif bahan pengisi dinding dan kekuatannya dalam menahan gaya horizontal yang diberikan. Penggunaan perkuatan tulangan horizontal diharapkan dapat memperbesar kekakuan, mengurangi resiko kerusakan geser pada dinding, dan juga sekaligus sebagai angkur antara dinding mortar dengan kolom.

Dalam penelitian ini dibuat dua buah model benda uji dinding berukuran 150 cm x 150 cm dengan tebal 10 cm yaitu dinding mortar dengan perkuatan baja tulangan horizontal Ø6-500 mm dan dinding pasangan batako. Perkuatan balok kolom pada kedua benda uji dibuat dengan sistem *precast*. Masing-masing dinding diuji dengan beban lateral statik searah sumbu kuat dinding sesuai ASTM E 564-00, yang besarnya telah diperkirakan melalui analisis manual. Hasil penelitian, diperoleh pola/tipe kerusakan yang terjadi pada dinding mortar tulangan horizontal dan dinding batako adalah kerusakan guling. Kapasitas beban lateral yang dimiliki oleh dinding mortar tulangan horizontal pada kondisi leleh sebesar 26,57 kN, lebih besar 20,99 % dari dinding batako yang nilainya sebesar 21,96 kN. Sedangkan kapasitas beban lateral dinding mortar tulangan horizontal pada kondisi ultimit sebesar 36,99 kN, lebih kecil 2,63 % dari dinding batako yang nilainya sebesar 37,99 kN. Bila dibandingkan dengan hasil analisis manual, besar kapasitas beban lateral dinding mortar tulangan horizontal hasil pengujian lebih kecil 5,03 % pada kondisi *first crack*, lebih kecil 18,17 % pada kondisi leleh, dan lebih besar 6,06 % pada kondisi *ultimate*.

Ardiyanto (2014) dalam jurnal yang berjudul “analisis kekuatan dinding mortar cor di tempat dengan perkuatan tulangan vertikal dan balok-kolom precast akibat beban statik” menjelaskan bahwa Penelitiannya bertujuan untuk mencari suatu alternatif bahan pengisi dinding berupa mortar dengan perkuatan tulangan vertikal dan mengetahui bagaimana pengaruhnya terhadap gaya horisontal yang diberikan. Dalam penelitian ini dibuat dua buah benda uji dinding berukuran 150

cm x 150 cm dengan tebal 10 cm. Variasi benda uji, yaitu: dinding mortar dengan perkuatan baja tulangan vertikal Ø6-500 mm dan dinding batako tanpa perkuatan baja tulangan. Benda uji dibuat dengan balok-kolom sistem *precast*. Masing-masing dinding diuji dengan beban lateral statik searah sumbu kuat dinding berdasarkan ASTM E 564-00. Data hasil pengujian untuk dua variasi dinding tersebut dibandingkan. Kemudian hasil pengujian juga dibandingkan dengan analisis sederhana menggunakan *software Microsoft Excel 2007*. Hasil penelitian, kapasitas beban lateral dinding mortar dengan perkuatan baja tulangan vertikal (DMTV) Ø6-500 mm: kondisi *first crack* 23,46 kN, kondisi leleh 29,42 kN, dan kondisi *ultimate* 45,42 kN. Sedangkan untuk pengujian dinding batako (DB) tanpa perkuatan diperoleh kapasitas beban : kondisi leleh 21,96 kN dan kondisi *ultimate* 37,99 kN.

Hasil perbandingan dengan analisis sederhana untuk masing-masing dinding diperoleh kapasitas beban DMTV Ø6- 500 mm: kondisi *first crack* 116,838%; kondisi leleh 81,904%; dan kondisi *ultimate* 104,44% dari hasil analisis. Untuk dinding batako (DB) tanpa perkuatan diperoleh kapasitas beban : kondisi leleh 68,142% dan kondisi *ultimate* 108,891% dari hasil analisis. Keruntuhan kedua benda uji termasuk ke dalam tipe kegagalan guling. Dan hasil pengujian menunjukkan DMTV memiliki kekakuan yang lebih kecil atau lebih daktail daripada DB.