

BAB II
LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Tabel 2.1 Kajian Terdahulu

NO	PENELITI	TAHUN	JUDUL	METODE	HASIL
1.	Dian Admilhusia	2020	Evesiensi Biaya dan Waktu Penggunaan Beton Pracetak di Proyek Pem bangunan Living Plaza	Metode penelitian ini menggunakn Metode Kuantitatif	Perbandingan Biaya metode Konvesional dan Pracetak memiliki tingkat kehematan 5,83% dari biaya awal Rp 9.000.525.686,- terdapat <i>saving</i> sebesar Rp 524,463.091,39,- Dan perbandingan Waktu metode konvensional dan pracetak memiliki efisiensi waktu sebesar 21 hari atau 9,50% serta efsiensi jumlah tenaga kerja berjumlah 63 orang atau 23,86% Pada tenaga kerja

2	Aan Andrawan dan Winna Tan	2021	Analisa Perbandingan Beton Pracetak prategang dengan Beton Konvensional di tinjau dari aspek biaya dan waktu	Metode penelitian yang Digunakan Pracetak dan Konvensional	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengerjaan pelat lantai beton prategang pracetak membutuhkan penambahan biaya sebanyak 28,21% dibandingkan pelat lantai beton bertulang konvensional dan pengerjaan pelat lantai beton bertulang konvensional membutuhkan penambahan waktu sebanyak 55,56 % dibandingkan pelat lantai beton prategang pracetak.
3.	Muh. Walid Ramadhan	2022	Analisa Efisiensi biaya dan waktu pekerjaan drainase menggunakan metode konvensional dengan metode pracetak	Metode penelitian ini menggunakan Metode konvensional dan metode pracetak	Berdasarkan hasil analisis efisiensi waktu, yang dibutuhkan pada pekerjaan saluran sepanjang seratus meter menggunakan metode konvensional adalah 72 hari kerja, sedangkan waktu yang dibutukan pada pekerjaan saluran sepanjang seratus meter menggunakan metode pracetak adalah 51 hari kerja. Maka diperoleh efisiensi biaya dan waktu dimana metode pracetak lebih efisiensi

					dibanding metode konvensional dimana biaya metode pracetak mengalami penurunan biaya sebesar Rp. 29.274.000,- dan dari segi waktu metode pracetak 21 hari lebih rendah dibandingkan metode konvensional.
4	Alya Risdiyanti dan Siswoyo	2018	Analisa perbandingan biaya dan waktu antara metode konvensional dan pracetak (studi kasus: <i>underpass</i> bundaran satelit mayjend sungkono surabaya)	Metode penelitian ini menggunakan metode cast in situ dan juga metode precast	Berdasarkan hasil analisa dari segi biaya, metode konvensional lebih efisien 0,04% dari metode pracetak. Sedangkan metode pracetak lebih efisien dari segi waktu sebesar 10,94% dari metode konvensional. Persentase keuntungan yang besar ada pada metode pracetak yaitu penghematan sebesar 10,94%. Maka, metode pracetak lebih efisien untuk diterapkan pada proyek dari pada metode konvensional
5.	Joryans syamsuddin Niken wirastuti Resti nur arini	2018	Analisis perbandingan pelat lantai konvensional dan pracetak ditinjau dari aspek biaya dan waktu	Metode penelitian ini menggunakan Metode konvensional dan precast	Hasil analisis yang didapat untuk pekerjaan pelat lantai dermaga 006 pelabuhan tanjung priok dengan metode beton konvensional dan beton pracetak.

			<p>pada dermaga 006 terminal operasi 1 Pelabuhan Tanjung Priok, Jakarta Utara</p>		<p>Metode pracetak didapat penghematan sebesar 29,82% atau 15.3008.30,41 jika dibandingkan dengan metode beton konvensional. Ini karena pemakaian bekisting yang bisa dipakai 5 kali</p> <p>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 sistem beton precast dapat dikerjakan dalam waktu bersamaan karena lokasi pekerjaan berbeda. Bedanya dengan sistem beton konvensional yang harus menunggu beberapa pekerjaan seperti bekisting, pembesian setelah itu dilakukan pengecoran. Metode ini sangat membantu kontraktor dalam menghemat waktu pekerjaan.</p>
--	--	--	-----------------------------------------------------------------------------------	--	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

2.2 Tinjauan Umum

Struktur bangunan adalah merupakan sarana untuk menyalurkan beban yang diakibatkan penggunaan dan atau kehadiran bangunan di atas tanah. Struktur terdiri dari unsur unsur atau elemen elemen yang terintegrasi dan berfungsi sebagai satu kesatuan utuh untuk menyalurkan semua jenis beban yang diantisipasi ke tanah. Teknologi beton pracetak telah lama diketahui dapat menggantikan operasi pembetonan tradisional yang dilakukan di lokasi proyek pada beberapa jenis konstruksi karena beberapa potensi manfaatnya. Beton pracetak berbeda dengan beton yang dicor ditempat, karena pada pracetak ada pemasangan dan penyatuan serta penyambungan antar komponen. Beberapa prinsip yang dipercaya dapat memberikan manfaat lebih dari teknologi beton pracetak ini antara lain terkait dengan waktu, biaya, kualitas, predictability, keandalan, produktivitas, kesehatan, keselamatan, lingkungan, koordinasi, inovasi, reusability, serta relocatability (Gibb,1999 dalam M.Abduh, 2007).

Keunggulan teknologi beton pracetak antara lain Kualitas, lebih konsisten karena diproduksi di pabrik dengan standar pengendalian mutu, Ekonomis karena lebih murah dibandingkan material lainnya, tahan lama dan tidak memerlukan perawatan khusus, Mudah dan cepat, proses produksi dapat dilakukan secara paralel dengan kegiatan konstruksi di lapangan dan tidak tergantung pada kondisi proyek. Alternatif metode konstruksi beton ini juga dipilih untuk mengurangi atau menghilangkan pemakaian perancah dan bekisting yang dalam pelaksanaannya menghabiskan biaya yang cukup besar baik dari segi material dan

tenaga kerja yang dibutuhkan.

2.3 Sejarah Perkembangan Beton Pracetak.

Beton adalah material konstruksi yang banyak dipakai di Indonesia, jika dibandingkan dengan material lain seperti kayu dan baja. Hal ini dapat dimaklumi, karena bahan pembentukannya mudah, cukup awet, mudah dibentuk dan harganya relatif terjangkau. Ada beberapa aspek yang dapat menjadi perhatian dalam sistem beton konvensional/non pracetak, antara lain waktu pelaksanaan yang lama dan kurang bersih, kontrol kualitas yang sulit ditingkatkan serta bahan-bahan dasar cetakan dari kayu dan triplek yang semakin lama semakin mahal dan langka. Konstruksi beton pracetak mengalami perkembangan yang sangat pesat di dunia, termasuk di Indonesia, karena sistem pracetak mempunyai banyak keunggulan jika dibanding sistem konvensional/non pracetak. Sistem beton pracetak adalah metode konstruksi yang mampu menjawab kebutuhan di era millennium baru ini.

Pada dasarnya sistem ini melakukan pengecoran komponen ditempat khusus di permukaan tanah, lalu dibawa ke lokasi (transportasi) untuk disusun menjadi suatu struktur utuh. Keunggulan sistem ini, antara lain mutu yang terjamin, produksi cepat dan massal, pembangunan yang sangat cepat, ramah lingkungan dan rapi dengan kualitas produk yang baik. Sistem pracetak telah banyak diaplikasikan di Indonesia, baik yang sistem dikembangkan di dalam negeri maupun yang didatangkan dari luar negeri. Sistem pracetak yang berbentuk komponen, seperti tiang pancang, balok jembatan, kolom plat lantai.

2.3.1 Perkembangan Sistem Pracetak di Dunia

Sistem pracetak jaman modern berkembang mula-mula di Negara Eropa. Struktur pracetak pertama kali digunakan adalah sebagai balok beton precetak untuk Casino di Biarritz, yang dibangun oleh kontraktor Coignet, Paris 1891. Pondasi beton bertulang diperkenalkan oleh sebuah perusahaan Jerman, Wayss & Freytag di Hamburg dan mulai digunakan tahun 1906. Th 1912 beberapa bangunan bertingkat menggunakan sistem pracetak berbentuk komponen-komponen, seperti dinding, kolom dan lantai yang diperkenalkan oleh John.E.Conzelmann. Struktur komponen pracetak beton bertulang juga diperkenalkan di Jerman oleh Philip Holzmann AG, Dyckerhoff.

2.3.2 Perkembangan Sistem Pracetak di Indonesia

Indonesia telah mengenal sistem pracetak yang berbentuk komponen, seperti tiang pancang, balok jembatan, kolom dan plat lantai sejak pada tahun 1970an. Sistem pracetak semakin berkembang pesat dengan ditandai munculnya berbagai inovasi seperti Sistem Column Slab (1996), Sistem L-Shape Wall (1996), Sistem All Load Bearing Wall (1997), Sistem Beam Column Slab (1998), Sistem Jasubakim (1999), Sistem Bresphaka (1999) dan sistem T-Cap (2000). Di Indonesia bangunan pracetak sering digunakan untuk pembangunan rumah susun sewa (rusunawa) Sehubungan dengan adanya Program Percepatan Pembangunan Rumah Susun yang digagas Pemerintah pada tahun 2006, para pihak yang terkait dengan industri pracetak pada tahun 2007 telah mengembangkan dan menguji tahan gempa sistem pracetak untuk rumah susun sederhana bertingkat tinggi yang telah siap digunakan untuk mendukung program tersebut. Sistem pracetak telah terbukti dapat mendukung pembangunan rumah susun dan rumah sederhana

yang berkualitas, cepat dan ekonomis.

2.4 Beton Pracetak

2.4.1 Pengertian Beton Pracetak

Beton pracetak adalah merupakan suatu teknologi konstruksi struktur beton dengan komponen-komponen penyusun yang dicetak terlebih dahulu pada suatu tempat khusus, terkadang komponen-komponen tersebut disusun dan disatukan terlebih dahulu dan selanjutnya dipasang di lokasi dengan demikian sistem pracetak ini akan berbeda dengan konstruksi monolit terutama pada aspek perencanaan yang tergantung atau ditentukan pula oleh metoda pelaksanaan dari pabrikasi, penyatuan, pemasangannya, serta ditentukan oleh teknis perilaku sistem pracetak dalam hal cara penyambungan antar komponen join (Abduh,2007).

Beberapa prinsip yang dipercaya dapat memberikan manfaat lebih dari teknologi beton pracetak ini antara lain terkait dengan waktu, biaya, kualitas predictability, keandalan, produktivitas, kesehatan, keselamatan, lingkungan, koordinasi, inovasi (Gibb,1999 dalam M. Abduh 2007) .

Pelaksanaan bangunan yaitu dengan menggunakan metoda beton pracetak memiliki kelebihan dan kekurangan. Hal tersebut disebabkan karena keuntungan metoda pelaksanaan dengan menggunakan beton pracetak ini akan mencapai hasil maksimal jika pada proyek konstruksi tersebut tercapai reduksi waktu pekerjaan dan reduksi biaya konstruksi. Pada beberapa kasus desain propertis dengan metoda beton pracetak terjadi kenaikan biaya material beton disebabkan analisa propertis material tersebut harus didesain juga terhadap aspek pembuatan, pengangkutan, dan aspek transportasi sehingga pemilihan dimensi dan kekuatan

yang diperlukan menjadi lebih besar dari pada desain propertis dengan metoda cor ditempat. Selain itu pada proses pemasangan elemen beton pracetak memerlukan peralatan yang lebih banyak dari proses pemasangan elemen beton cor ditempat.

2.4.2 Perbedaan Analisa Beton Pracetak dengan Beton Non Pracetak

Pada dasarnya mendesain pracetak ataupun non pracetak adalah sama, beban-beban diperhitungkan juga sama, faktor-faktor koefisien digunakan untuk perencanaan juga sama, hanya mungkin yang membedakan keduanya adalah :

- a. Desain pracetak sangat memperhitungkan kondisi pengangkatan beton saat umur beton belum mencapai 24 jam. Apakah dengan kondisi beton yang sangat muda saat diangkat akan terjadi retak atau tidak. Disini dibutuhkan analisa tersendiri dalam desain, dan tentunya tidak diperhitungkan jika kita menganalisa beton secara non pracetak .
- b. Desain pracetak juga memperhitungkan metode pengangkatan, penyimpanan beton pracetak di *stock yard*, pengiriman beton pracetak, dan pemasangan beton pracetak diproyek. Kebanyakan beton pracetak dibuat dipabrik.
- c. Pada desain pracetak menambahkan desain sambungan. Desain sambungan disini didesain lebih kuat dari yang disambung.

2.4.3 Sistem Komponen Pracetak

Ada beberapa jenis komponen beton pracetak untuk struktur bangunan gedung dan konstruksi lainnya yang biasa dipergunakan, yaitu :

- a. Tiang pancang
- b. *Sheet pile* dan dinding diaphragma.

- c. *Half solid slab (precast plank), hollow core slab, single-T, double-T, triple-T, channel slabs* dan lain-lain.
- d. Balok beton pracetak dan balok beton pratekan pracetak (*PCI Girder*)
- e. Kolom beton pracetak satu lantai atau multi lantai
- f. Panel-panel dinding yang terdiri dari komponen yang solid, bagian dari *single-T* atau *double-T*. Pada dinding tersebut dapat berfungsi sebagai pendukung beban (*shear wall*) atau tidak mendukung beban.
- g. Jenis komponen pracetak lainnya, seperti : tangga, balok parapet, panel-panel penutup dan unit-unit beton pracetak lainnya sesuai keinginan atau imajinasi dari insinyur sipil dan arsitek. Secara umum sistem struktur komponen beton pracetak dapat digolongkan Sebagai berikut (*Nurjaman, 2000* dalam M. Abduh 2007) :
- 1) Sistem struktur komponen pracetak sebagian, yaitu dimana kekakuan system tersebut tidak terlalu dipengaruhi oleh pemutusan kompenisasi, misalnya pracetak pelat, dinding dimana pemutusan dilakukan tidak pada balok dan kolom/bukan pada titik kumpul.
 - 2) Sistem pracetak penuh, yaitu dimana dalam sistem ini kolom dan balok serta pelat dipracetak dan disambung, sehingga membentuk suatu bangunan yang monolit.

Pada dasarnya dalam penerapan dengan sistem pracetak penuh akan lebih mengoptimalkan manfaat dari segi aspek fabrikasi pracetak dengan catatan bahwa

segala aspek kekuatan (*strength*), kekakuan, layanan (*serviceability*) dan ekonomi dimasukkan dalam proses perencanaan.

2.4.4 Keuntungan dan Kerugian Penggunaan Beton Pracetak

Struktur elemen pracetak memiliki beberapa keuntungan bila dibandingkan dengan struktur non pracetak, antara lain :

- a. Penyederhanaan pelaksanaan konstruksi.
- b. Waktu pelaksanaan yang cepat.
- c. Waktu dalam pelaksanaan struktur merupakan pertimbangan utama dalam pembangunan suatu proyek karena sangat erat kaitannya dengan biaya proyek. Struktur elemen pada pracetak dapat dilaksanakan di pabrik bersamaan dengan pelaksanaan pondasi dilapangan.
- d. Penggunaan material yang optimum serta mutu bahan yang baik.
- e. Salah satu alasan struktur elemen pracetak sangat ekonomis bila dibandingkan dengan struktur yang dilaksanakan di tempat adalah penggunaan cetakan beton yang tidak banyak variasi dan biasa digunakan berulang-ulang, mutu material yang dihasilkan tersebut pada umumnya sangat baik karena dilaksanakan dengan standar-standar yang baku, serta pengawasan dengan sistem komputer yang teliti dan ketat.
- f. Penyelesaian finishing mudah.
- g. Variasi untuk permukaan finishing pada struktur elemen pracetak dapat dengan mudah dilaksanakan bersamaan dengan pembuatan elemen tersebut di pabrik.
- h. Tidak dibutuhkan lahan proyek yang luas, mengurangi kebisingan, lebih bersih

dan ramah lingkungan.

- i. Dengan sistem elemen pracetak, selain cepat dalam segi pelaksanaan, juga Tidak membutuhkan lahan proyek yang terlalu luas serta lahan proyek lebih bersih karena pelaksanaan elemen pracetaknya dapat dilakukan dipabrik.
- j. Perencanaan berikut pengujian di pabrik.
- k. Elemen pracetak yang dihasilkan selalu melalui pengujian laboratorium di pabrik untuk mendapatkan struktur yang memenuhi persyaratan, baik dari segi kekuatan maupun dari segi efisiensi.
- l. Sertifikasi untuk mendapatkan pengakuan dari Internasional. Apabila hasil Produksi dari elemen pracetak memenuhi standarisasi yang telah ditetapkan, maka dapat diajukan untuk mendapatkan sertifikasi ISO 9002 yang diakui secara internasional.
- m. Secara garis besar mengurangi biaya karena pengurangan pemakaian alat.
- n. Kebutuhan tenaga kerja dapat disesuaikan dengan kebutuhan produksi.

Namun dengan demikian, struktur elemen pracetak juga memiliki seberapa keterbatasan, antara lain :

- a. Tidak ekonomis bagi produksi tipe elemen yang jumlahnya sedikit.
- b. Perlu ketelitian yang tinggi agar tidak terjadi deviasi yang besar antara elemen satu dengan elemen yang lain, sehingga tidak menyulitkan dalam pemasangan di lapangan.
- c. Panjang dan bentuk elemen pracetak terbatas, sesuai dengan kapasitas alat angkat dan alat angkut.
- d. Jarak maksimum transportasi yang ekonomis dengan menggunakan truk

adalah antara 150 samapai 350 km, tetapi ini juga tergantung dari tipe produknya. Sedangkan untuk angkutan laut, jarak maksimum transportasi dapat sampai di atas 1000 km.

- e. Hanya dapat dilaksanakan didaerah yang sudah tersedia peralatan untuk handling dan erection.
- f. Di Indonesia yang kondisi alamnya sering timbul gempa dengan kekuatan besar, konstruksi beton pracetak sangat berbahaya terutama pada daerah sabungannya, sehingga masalah sambungan merupakan persoalan yang utama dihadapi pada perencanaan beton pracetak.
- g. Diperlukan ruang yang cukup untuk para pekerja dalam mengerjakan sambungan pada beton pracetak.
- h. Memerlukan lahan atau area yang besar untuk pabrikasi.

2.5 Pembuatan Beton Pracetak

2.5.1 Tahap Persiapan

Dalam tahap ini yang perlu dipersiapkan adalah :

- a. Persiapan peralatan dan tenaga kerja

Tenaga kerja adalah para pekerja yang mempunyai keahlian yang memadai dalam pekerjaan ini dan akan dibagi didalam beberapa kelompok, sehingga akan mempercepat pekerjaan. Peralatan tersebut menggunakan *concrete mixer*, *concrete vibrator*, dolag (alat takar agregat yang demensinya sudah ditetapkan), perlengkapan uji kekentalan (slump), palu dan lain-lain .

- b. Persiapan lahan

Lahan yang perlu disiapkan adalah lahan pabrikasi dan lokasi dimana precast akan di cetak. Untuk lahan pabrikasi minimal seluas 1 Ha. Karena di lahan ini memerlukan area untuk menumpuk hasil beton precast sebelum diangkut menuju lokasi. Selain itu di lokasi ini harus ada gudang penyimpanan material semen, besi, kawat peralatan kerja dan lain-lain. Untuk keamanan lokasi pabrikasi harus diberi pagar pengaman supaya tidak terjadi pencurian terhadap material dan peralatan yang ada, selain itu untuk membatasi agar orang yang tidak berkepentingan tidak masuk ke lokasi pabrikasi lokasi saluran sub sekunder yang akan dikerjakan juga haruslah dipersiapkan. Ini dimaksudkan agar setelah beton pracetak jadi langsung di angkut/houling ke lokasi agar tidak terlalu banyak menumpuk di area penumpukan/*stock yard*. Jika lokasi tersebut elevasi yang direncanakan kurang dalam dari elevasi existing maka harus dilakukan penggalian begitu juga sebaliknya jika elevasi rencana lebih tinggi dari elevasi existing maka harus dilakukan penimbunan.

c. Persiapan material.

Material yang dimaksud adalah :

1) Semen

Semen yang digunakan adalah semen yang diproduksi oleh PT. yang digunakan harus dalam keadaan baik, tidak menggumpal/membatu.

2.) Agregat kasar dan agregat halus

Diambil dari sungai Komering dengan diameter agregat kasar 20-40mm. Agregat halus haruslah di bersihkan dan tidak mengandung

lumpur maupun material organik. Pasir yang dipakai adalah pasir yang kasar, harus bersih.

3) Air

Air yang digunakan harus terbebas dari zat yang memberatkan, tidak mengandung oli, asam, alkali, chlorides, dan bahan organik yang dapat menghancurkan beton. Untuk pH air yang dianjurkan harus lebih dari 7 (tujuh).

4) Besi dan pengikat kawat

Besi yang digunakan untuk beton pracetak ini menggunakan besi polos dengan diameter 6(enam) inch.dan mengikuti standar kualitas. Pada persiapan ini besi harus sudah dipotong-potong dan dirangkai sesuai dengan gambar kerja.

5) Persiapan bekisting

Bekisting yang dipakai terbuat menggunakan kayu dengan ukuran kayu 5/7. Pembuatan bekisting ini haruslah kokoh dengan ukuran yang tepat. Agar diperoleh hasil pre-cast yang seragam dan rapi. Untuk memperkuat bekisting harus diletakkan pada lantai kerja agar ketebalannya sesuai rencana. Setiap kali akan melakukan pencetakan adukan beton kedalam bekisting sisi dalam bekisting harus diberi lapisan oli ini bertujuan untuk mempermudah pembongkaran bekisting.

2.5.2 Tahap Produksi

Setelah tahap persiapan benar-benar siap maka selanjutnya adalah tahap

produksi. Sebelum melakukan produksi tulangan beton harus sudah jadi dan pastikan pengikat antar tulangan telah terikat dengan baik dan kuat. Selain itu bekisting harus disetel dahulu dan dipastikan bekisting presisi agar tidak bocor. Jangan lupa bekisting harus diberi pelumas atau oli agar pada saat melepas beton precast dari bekisting tidak susah. Langkah selanjutnya memasukan anyaman besi sebagai tulangan beton pre-cast. Pastikan anyaman besi berada ditengah-tengah. Setelah itu barulah mengadakan pengadukan/pencampuran agregat kasar dan halus dengan semen dan air menggunakan concrete mixer. Setelah campuran benar-benar campur dengan sempurna lalu dituang kedalam bekisting sambil dilakukan pemadatan dengan mesin vibrator. Untuk melakukan perawatan beton pasca pengecoran, beton precast harus dilakukan proses curing dengan cara menutupi beton pre-cast menggunakan karung goni atau bahan lain yang serupa agar tetap lembab secara terus menerus selama 3(tiga) hari beton di semprot menggunakan air. Bekisting baru bisa dibongkar minimal 3 hari dan selama itu harus dilakukan proses curing atau proses pengerasan beton.

2.5.3 Tahap Pembongkaran

Setelah 3 hari beton dapat dibongkar bekisting dan untuk mengangkat beton pre-cast menggunakan mobil crane. Pada tahap ini harus hati-hati karena usia beton masih terlalu muda.

2.5.4 Tahap Pengangkutan/Langsir

Setelah dibongkar beton pracetak dapat langsung bawa ke lapangan atau ditumpuk dahulu di area penumpukan yang disediakan. Untuk pengangkutan dilakukan menggunakan mobil pick up kecil. Untuk lokasi yang sempit dan sulit

menggunakan mobil maka dilakukan menggunakan traktor ataupun dengan gerobak dorong.

2.5.5 Tahap Pemasangan

Setelah beton pracetak tiba dilokasi maka tinggal tahap yang terakhir yaitu tahap pemasangan. Namun sebelum tahap pemasangan harus diadakan pengukuran dan pemasangan profil untuk mengetahui tinggi top lining, dasar saluran/*bottom* dan *center land*. Untuk pemasangan diperlukan benang yang diikatkan antar profil untuk memudahkan pemasangan. Setelah pemasangan selesai maka antara pre-cast yang satu dan yang lainnya harus di joint.

2.6 Rencana Biaya dalam kegiatan proyek

RAB merupakan perkiraan atau estimasi, ialah rencana biaya sebelum bangunan/proyek dilaksanakan dan diperlukan baik oleh pemilik bangunan maupun owner maupun kontraktor sebagai pelaksana pembangunan. RAB yang biasa juga disebut biaya konstruksi dipakai sebagai ancer-ancer dan pegangan sementara dalam pelaksanaan. Karena biaya konstruksi sebenarnya (actual cost) baru dapat disusun setelah selesai pelaksanaan proyek. Estimasi biaya konstruksi dapat dibedakan atas estimasi kasaran (*approximate estimates* atau *preliminary estimates*) dan estimasi teliti atau estimasi detail (*detailed estimates*). Estimasi kasaran biasanya diperlukan untuk pengusulan atau pengajuan anggaran kepada instansi atasan, misalnya pada pengusulan DIP (Daftar Isian Proyek) proyek-proyek pemerintah, dan juga digunakan dalam tahap studi kelayakan suatu proyek. Sedangkan estimasi detail adalah RAB lengkap yang dipakai dalam penilaian penawaran pada pelelangan, serta sebagai pedoman

dalam pelaksanaan pembangunan.

Estimasi detail pada hakekatnya merupakan RAB lengkap yang terperinci termasuk biaya-biaya tak langsung atau *overhead*, keuntungan kontraktor dan pajak. Biasanya biaya overhead, keuntungan dan pajak diperhitungkan berdasar persentase (%) terhadap biaya konstruksi (*bouwsom*). Menurut Smith (1995) tingkatan RAB atau estimasi dalam pekerjaan teknik sipil, atau proyek pada umumnya, dapat dibagi atas tujuh tingkat atau tahap :

- a. *Preliminary estimate*, merupakan hitungan kasaran sebagai awal estimasi atau estimasi kasaran;
- b. *Appraisal estimate*, dikenal sebagai estimasi kelayakan (*feasibility estimate*); diperlukan dalam rangka membandingkan beberapa estimasi alternatif dan suatu rencana (*scheme*) tertentu;
- c. *Proposal estimate*, adalah estimasi dari rencana terpilih (*selected scheme*); biasanya dibuat berdasar suatu konsep desain dan studi spesifikasi desain yang akan mengarah kepada estimasi biaya untuk pembuatan garis-garis besar desain (*outline design*);
- d. *Approved estimate*, modifikasi dan proposal estimate bagi kepentingan client atau pelanggan, dengan maksud menjadi dasar dalam pengendalian biaya proyek;
- e. *Pre-tender estimate*, merupakan penyempurnaan dan approved estimate berdasar desain pekerjaan definitif sesuai informasi yang tersedia dalam dokumen tender atau RKS, dipersiapkan untuk evaluasi penawaran pada lelang;

- f. *Post-contract estimate*, adalah perkembangan lebih lanjut mencerminkan besar biaya setelah pelulusan dan tercantum dalam kontrak; memuat perincian uang dengan masing-masing pekerjaan serta pengeluaran lainnya.
- g. *Achieved cost*, merupakan besar biaya sesungguhnya atau *real cost*, disusun setelah proyek selesai digunakan sebagai data atau masukan untuk proyek mendatang.

2.7 Pengendalian Waktu Proyek

Lamanya waktu penyelesaian proyek berpengaruh besar dengan pertambahan biaya proyek secara keseluruhan. Maka dari itu dibutuhkan laporan progress harian/ mingguan/ bulanan untuk melaporkan hasil pekerjaan dan waktu penyelesaian untuk setiap item pekerjaan proyek. Kemudian, dibandingkan dengan waktu penyelesaian rencana agar waktu penyelesaian dapat terkontrol setiap periodenya.

- a. Hubungan Biaya Terhadap Waktu Pelaksanaan Proyek.

Biaya langsung akan meningkat bila waktu pelaksanaan proyek dipercepat, namun biaya langsung ini akan meningkat juga bila waktu pelaksanaan proyek diperlambat. Biaya tidak langsung tidak tergantung pada kuantitas pekerjaan, melainkan tergantung pada jangka waktu pelaksanaan proyek. Bila biaya tidak langsung ini dianggap tetap selama umur proyek maka biaya kumulatifnya akan naik secara linier menurut umur proyek.

2.8 Dasar dan Peraturan

Besar biaya proyek dapat diperkirakan atau diperhitungkan melalui

beberapa cara atau metode. Menurut Iman Soeharto (1995) metode estimasi biaya yang sering dipakai pada proyek adalah :

- a. Metode parametrik, dengan pendekatan matematik mencoba mencari hubungan antara biaya atau jam orang dengan karakteristik fisik tertentu (volume, luas, berat, panjang, dsb);
- b. Metode indeks, menggunakan daftar indeks dan informasi harga proyek terdahulu; indeks harga adalah angka perbandingan antara harga pada tahun tertentu terhadap harga pada tahun yang digunakan sebagai dasar;
- c. Metode analisis unsur-unsur, lingkup pekerjaan diuraikan menjadi unsur-unsur menu-rut fungsinya; membandingkan berbagai material bangunan untuk memperoleh kualitas perkiraan biaya dan tiap unsur, kemudian dapat dipilih estimasi biaya paling efektif;
- d. Metode faktor, memakai asumsi terdapat korelasi atau faktor antara peralatan dengan komponen-komponen terkait; biaya komponen dihitung dengan cara menggunakan faktor perkalian terhadap peralatan;
- e. Metode quantity take-off, disini estimasi biaya dilakukan dengan mengukur/menghikuantitas komponen-komponen proyek (dari gambar dan spesifikasi), kemudian memben beban jam-orang serta beban biayanya;
- f. Metode harga satuan (*unit price*), dilakukan jika kuantitas komponen-komponen proyek belum dapat diperoleh secara pasti atau gambar detail belum siap; biaya dihitung berdasar harga satuan setiap jenis komponen (misalnya setiap m^3 , m^2 , m, helai, butir, dan lain-lain).

Dalam perhitungan RAB pekerjaan sipil selama ini di Indonesia masih

banyak menggunakan analisis pekerjaan, mengikuti cara lama sejak masa kolonial, yakni Analisis BOW (*Burgelijke van Openbare Werken*) yang berlaku mulai tahun 1921. Merupakan cara perhitungan tergolong metode quantity take-off yang berlaku bagi lingkungan instansi pekerjaan umum pada masa itu. Pemberlakuan analisis tersebut dewasa ini dilaksanakan dengan beberapa penyesuaian dan tambahan sesuai dengan kebutuhan dan perkembangan. Prinsip perhitungan mendasarkan pada nilai harga satuan pekerjaan, yakni biaya atau ongkos (mencakup upah dan material) yang dikeluarkan guna menyelesaikan satu unit jenis pekerjaan tertentu (misalnya per m³, m² atau m¹). Dimana rencana biaya adalah total hasil kali tiap harga satuan dengan jumlah volume tiap jenis pekerjaan yang ada. Ketentuan-ketentuan dan peraturan tentang pelelangan, syarat pelaksanaan dan hubungan kerja antara pemilik bangunan dan kontraktor pelaksana di Indonesia juga masih banyak berpedoman pada peraturan atau standar lama yang populer dan dikenal sebagai AV-1941, singkatan dari *Algemene Voorwaarden voor de uitvoering van Openbare Werken*) yang diterbitkan tahun 1941. Berbagai penyesuaian, perubahan dan tambahan, termasuk akhir-akhir ini dengan adanya SII (Standar Industri Indonesia) dan SNI (Standarisasi Nasional Indonesia) yang menerbitkan SNI 19.9000-1992 berdasar ISO 9000, serta berbagai standar lainnya (PBI-1971, PKKI-1961, PUBBI-1982, dsb) sampai Undang-undang No. 18 tahun 1999 tentang Jasa Konstruksi. Seperti diketahui dewasa ini Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah (KIMPRASWIL) telah mengupayakan standarisasi tentang Metode, Spesifikasi, Pedoman dan Manual (NSPM) berbagai jenis

pekerjaan sipil sebagai produk SNI.

Dalam kegiatan proyek konstruksi dikenal beberapa tahap dan merupakan suatu urutan kegiatan-kegiatan yang berulang, yang biasa disebut siklus proyek. Dalam hal ini perhitungan rencana biaya pembangunan, yang lebih dikenal dengan Rencana Anggaran Biaya (RAB), adalah termasuk bagian dalam kelompok kegiatan perencanaan. Seperti diketahui perencanaan memegang peranan penting dalam siklus proyek, karena keberhasilan proyek akan sangat ditentukan oleh kualitas dari perencanaan. Terjadinya perubahan-perubahan dalam pelaksanaan akibat perencanaan kurang mantap, selain menambah panjang waktu pelaksanaan juga menyebabkan pemborosan. Dalam perencanaan pula ditetapkan besar kecilnya tujuan dan sasaran dari proyek. RAB merupakan istilah dan singkatan yang populer dan sudah lama digunakan di Indonesia. Ada beberapa istilah yang dipakai untuk itu, antara lain : rencana biaya konstruksi, taksiran biaya, estimasi biaya, atau dalam bahasa asing begrooting (bahasa Belanda) dan construction cost estimate dalam bahasa Inggris. Dalam kegiatan perencanaan ini tercakup pula penyiapan dokumen kelengkapan untuk pelelangan atau biasa disebut dokumen tender. Dokumen tersebut terdiri atas gambar-gambar desain, peraturan-peraturan dan persyaratan pelaksanaan pekerjaan, yang di Indonesia dikenal dengan RKS (Rencana Kerja dan Syarat-syarat), dan semua tercakup sebagai suatu spesifikasi (specification), merupakan petunjuk dan syarat pelaksanaan (dahulu populer dengan sebutan bestek en voorwaarden atau disingkat bestek).

Selanjutnya dilaksanakan proses penetapan pelaksana pekerjaan, yang

umumnya dilakukan melalui suatu pelelangan atau tender. Dengan pelelangan dapat memilih kontraktor-kontraktor yang baik dan bonafid serta biaya pembangunan yang terendah. Cara pelelangan umumnya dipandang sebagai yang paling tepat dan obyektif atau fair dalam menentukan kontraktor pelaksana. Walaupun dengan alasan-alasan tertentu tidak menutup kemungkinan pemberian pekerjaan secara langsung atau penunjukan, yakni yang dikenal juga sebagai penetapan/penunjukan di bawah tangan. Sebagai langkah awal dalam perhitungan RAB perlu dilakukan upaya persiapan (Peurifoy dan Oberlender, 1989) agar diperoleh angka yang tepat atau akurat. Adapun kegiatan pada langkah persiapan itu mencakup hal-hal berikut :

- a. Peninjauan ruang lingkup proyek: pertimbangkan pengaruh lingkungan lokasi dari segi keamanan, tenaga kerja, lalu-lintas dan jalan masuk, ruang untuk gudang, dan sebagainya terhadap biaya
- b. Penentuan kuantitas atau volume pekerjaan dan konstruksi bangunan/proyek;
- c. Harga material yang akan digunakan
- d. Harga tenaga (pekerja dan tukang)
- e. Harga peralatan kerja (beli atau sewa)
- f. Daftar harga (penawaran) dan leveransir atau suppliers
- g. Daftar harga satuan pekerjaan dari penawaran pars kontraktor di daerah itu
- h. Perkiraan besar pajak, jaminan, asuransi, overhead, dan keuntungan;
- i. Biaya tak terduga dan pembulatan.

Pada hakekatnya penguasaan seluk-beluk proyek dan lingkungannya secara komprehensif akan sangat mendukung perhitungan RAB yang tepat dan realistic.

Perlu dipahami pula bahwa setiap proyek mempunyai hal-hal yang spesifik dan tidak mungkin sama dengan proyek lain walaupun dan proyek yang sejenis. Peranan pengamatan atau survai lapangan sangat penting sebagai pelengkap perhitungan biaya berdasar gambar desain agar diperoleh rencana biaya yang akurat. Petunjuk pengamatan lapangan (*area investigation guidelines*) menurut Barrie dan Paulson (1992) akan mencakup :

- a. *Site Description* (data lapangan), seperti : tanaman/tumbuhan, permukaan tanah, drainase, kedalaman *top soil* atau lapisan humus, bangunan dan sarana lain yang ada, dsb.
- b. *Utility Serving Site* (fasilitas tersedia lapangan), seperti: listrik, gas, air, jalan raya, jalan kabupaten/kampung, dsb.
- c. *Building Department* (data gedung), seperti: hubungan, telepon, lisensi, jasa-jasa, dsb.
- d. *Labor Unions* (serikat sekerja), mencakup: keanggotaan, ketenagakerjaan dan peraturan terkait, aturan pengupahan, dsb.
- e. *Recommended Contractors* (kontraktor ter-rekomendasi), merupakan daftar kontraktor umum, khusus, supplier/leveransir, guna pertimbangan lebih lanjut.
- f. *Materials and Methods* (material dan metode), merupakan daftar harga material lokal/setempat, seperti: batu bata, pasir, beton cetak, kayu, bambu, dsb.
- g. *Equipment Rental* (persewaan alat), berupa daftar harga sewa peralatan kerja setempat.
- h. *Climatological data* (data klimatologi) yaitu : temperatur maksimum/minimum, curah hujan, bulan-bulan hujan, dsb.

- i. *Other Projects* (proyek lain), kunjungan pada proyek berdekatan untuk mendapat: produktivitas kerja, metode pelaksanaan, subkontraktor, material setempat, keamanan dsb
- j. General Appraisal (taksiran umum), memuat kesimpulan kunjungan lapangan serta rekomendasi.

2.9 Dasar Perhitungan

Perhitungan RAB pada prinsipnya diperoleh sebagai jumlah seluruh basil kali volume tiap jenis pekerjaan yang ada dengan harga satuan masing-masing. Volume pekerjaan dapat diperoleh dan membaca dan menghitung atas gambar desain (lebih dikenal sebagai gambar bestek). Ada tiga istilah yang harus dibedakan dalam menyusun anggaran biaya bangunan yaitu : Harga Satuan Bahan, Harga Satuan Upah, dan Harga Satuan Pekerjaan.

a. Analisa Bahan

Yang dimaksud dengan analisa bahan suatu pekerjaan, ialah yang menghitung banyaknya/volume masing-masing bahan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan.

b. Analisa Upah

Yang dimaksud dengan analisa upah suatu pekerjaan ialah, menghitung banyaknya tenaga yang diperlukan, serta besarnya biaya yang dibutuhkan untuk pekerjaan tersebut.

c. Harga Satuan Pekerjaan

Pada bagian awal buku ini telah dijelaskan bahwa Anggaran Biaya Suatu Bangunan atau Proyek ialah menghitung banyaknya biaya yang diperlukan

untuk bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisis, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan pekerjaan atau proyek. Berikut ini dapat dilihat dengan jelas bahwa biaya (anggaran) adalah jumlah dari masing-masing hasil perkalian Volume dengan Harga Satuan Pekerjaan yang bersangkutan. Secara umum dapat disimpulkan sebagai berikut:

$$RAB = \Sigma (\text{VOLUME} \times \text{HARGA SATUAN PEKERJAAN}) \dots\dots\dots \text{Pers (2.1)}$$

1.) Persentase Bobot Pekerjaan

Yang dimaksud dengan Presentase Bobot Pekerjaan ialah besarnya persen pekerjaan siap, dibanding dengan pekerjaan siap seluruhnya. Pekerjaan siap seluruhnya dinilai 100%.

Sebagai contoh misalnya pekerjaan :

Pembersihan lapangan

Volume = 225,45 m²

Harga satuan = Rp 196,25

Harga Bangunan = Rp 19.855.467

Prosentase Bobot Pekerjaan Pembersihan Lapangan

$$PBP = \frac{\text{Volume} \times \text{harga satuan}}{\text{Harga Satuan}} \times 100\% \dots\dots\dots \text{Pers (2.2)}$$

$$\frac{225,45 \times 196,25}{19.855.467} \times 100\% = 0,225\%$$

Jadi seandainya Pekerjaan Pembersihan Lapangan telah siap seluruhnya maka Persentase Bobot Pekerjaan = 0,22% terhadap pekerjaan seluruhnya.

Catatan : Persentase dibulatkan menjadi dua desimal dibelakang koma.

2.) Tenaga Kerja

Yang dimaksud dengan Tenaga Kerja ialah besarnya jumlah tenaga yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian pekerjaan dalam satu kesatuan pekerjaan .

Contoh : jumlah tenaga kerja yang diperlukan untuk menggali 1 m³ tanah, diperlukan : 0,75 Pekerja ;0,025 Mandor

Indek (angka) di atas mempunyai pengertian bahwa, 0,75 P bekerja bersama-sama dengan 0,025 M akan menghasilkan 1 m³ galian tanah dalam satu hari.

Jika kedua persamaan tersebut dikalikan dengan faktor 1.000 maka persamaan akan menjadi : 750 P) = 1meter kubik galian 25 M dengan kata lain dapat disimpulkan : 1 M = 30 P .

Dari penjelasan di atas diketahui mereka (0,75 P + 0,025 M) bekerja bersama-sama dalam 1 (satu) hari, akan menghasilkan 1 m³ galian tanah .

Seandainya volume galian tanah 130 m³ , maka tenaga yang diperlukan sebagai berikut:

$$\text{Pekerja} = 130 \times 0,75 = 97,50$$

$$\text{Mandor} = 130 \times 0,025 = 3,25$$

Dengan tenaga 97,50 pekerja dan 3,25 mandor akan menghasilkan galian tanah 130 m³ dalam jangka waktu 1 hari.

3.) Bahan/Material

Yang dimaksud dengan Bahan atau Material ialah besarnya jumlah bahan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian pekerjaan dalam satu kesatuan pekerjaan.

Jumlah bahan yang dibutuhkan untuk satu unit/bagian pekerjaan = Volume x
Indek (Angka) Analisis bahan.

2.9.1 Standar SNI 7394 : 2008.

Standar SNI 7394 : 2008 memuat indeks bahan bangunan dan indeks tenaga kerja yang dibutuhkan untuk tiap satuan pekerjaan yaitu sesuai dengan spesifikasi teknis pekerjaan dengan jenis pekerjaan beton pracetak meliputi :

- a. Pekerjaan pembuatan beton pracetak sebagian;
- b. Pekerjaan pembuatan beton pracetak penuh;
- c. Pekerjaan ereksi konstruksi beton pracetak untuk sampai dengan 5 lantai;
- d. Pekerjaan sambungan konstruksi beton pracetak;
- e. Pekerjaan bekisting menggunakan kayu.

2.10 Persyaratan umum dan Teknis

Persyaratan umum dalam perhitungan harga satuan:

- a. Perhitungan harga satuan pekerjaan berlaku untuk seluruh Indonesia yaitu berdasarkan harga bahan dan upah kerja sesuai dengan kondisi setempat.
- b. Spesifikasi dan cara pengerjaan setiap jenis pekerjaan disesuaikan dengan standar spesifikasi teknis pekerjaan yang telah dibakukan.

2.11 Persyaratan Teknis

Persyaratan teknis dalam perhitungan harga satuan pekerjaan:

- a. Pelaksanaan perhitungan satuan pekerjaan harus didasarkan kepada gambar teknis dan rencana kerja dan syarat-syarat (RKS).
- b. Perhitungan indeks bahan telah ditambahkan toleransi sebesar (5 s.d. 20)%, dimana didalamnya termasuk angka susut, yang besarnya tergantung dari

jenis bahan dan komposisi adukan.

- c. Digunakan pada pekerjaan ereksi sampai dengan 5 lantai.
- d. Bekisting menggunakan kayu dan phenol film.
- e. Untuk analisa biaya beton yang tercantum didalam SNI 7394 : 2008, analisa biayanya dapat disesuaikan dengan kondisi material setempat.
- f. Untuk analisa biaya beton yang tidak tercantum di dalam SNI 7394 : 2008,
- g. Tenaga kerja harus mempunyai sertifikasi keterampilan di bidang pracetak.
- h. Tenaga pelaksana yang dimiliki perusahaan pemegang lisensi pracetak.
- i. Jam kerja efektif untuk para pekerja diperhitungkan 5 jam per-hari.

2.12 Analisa Harga Satuan Pekerjaan Sistem Pracetak

Tabel 2.1 Perhitungan Harga Satuan untuk 1 komponen beton Pracetak

Macam Pekerjaan (Bahan)		Satuan	Koefisien	Harga Bahan/Upah	Jumlah
No	Tiap 1 m3 Beton 1pc : 2ps : 3kr butuh :				
A	Bahan				
	Semen	kg	326		
	Pasir Beton	m3	0.5429		
	Kerikil Beton	m3	0.7622		
	Air	m3	0.215		
B	Upah				
	Pekerja	Org	1.65		
	Tukang Batu	Org	0.275		
	Kepala Tukang	Org	0.028		
	Mandor	Org	0.165		

Sumber : SNI 7394 : 2008 PU Pengairan.

Tabel 2.2 Perhitungan Harga Satuan Total Pembesian 1 Kg dengan Besi Polos/Ulir

Macam Pekerjaan (Bahan)		Satuan	Koefisien	Harga Bahan/Upah	Jumlah
No	Pembesian 1 Kg dengan Besi Polos/Ulir				

A	Bahan				
	Besi Beton	Kg	1.05		
	Kawat Beton	Kg	0.015		
B	Upah				
	Pekerja	Oh	0.007		
	Tukang Besi	Oh	0.007		
	Kepala Tukang	Oh	0.0007		
	Mandor	Oh	0.0007		
C	Total				

Sumber : SNI 7394 : 2008 PU Pengairan

Tabel 2.3 Perhitungan Harga Satuan 1m³ Bekisting Plat (5-10xpakai)

Macam Pekerjaan (Bahan)		Satuan	Koefisien	Harga Bahan/Upah	Jumlah
No	1 m³ Bekisting untuk Plat Pracetak				
A	Bahan				
	Kaso 5/7	m ³	0.02		
	Lembar Plastik 12mm	lbr	0.048		
	Paku 5-7 cm	kg	0.25		
	Minyak Bekisting	lt	0.2		
B	Upah				
	Pekerja	Oh	0.2		
	Tukang Kayu	Oh	0.6		
	Kepala Tukang	Oh	0.06		
	Mandor	Oh	0.2		
C	Total				

Sumber : SNI 7394 : 2008 PU Pengairan.

Tabel 2.4 Perhitungan Harga Satuan Ericcion dan Langsir.

Macam Pekerjaan (Bahan)		Satuan	Koefisien	Harga Bahan/Upah	Jumlah
No	Har ga Langsir.				
A	Ericcion	bh	1,000		
	Langsir	bh	1,000		
	Total				

Sumber : SNI 7394 : 2008 PU Pengairan.

2.13 Analisa Harga Satuan Sistem Non Pracetak.

Tabel 2.1 Perhitungan Harga Satuan untuk 1 komponen beton Non Pracetak

Macam Pekerjaan (Bahan)		Satuan	Koefisien	Harga Bahan/Upah	Jumlah
No	Tiap 1 m3 Beton 1pc : 2ps : 3kr butuh :				
A	Bahan				
	Semen	kg	326		
	Pasir Beton	m3	0.5429		
	Kerikil Beton	m3	0.7622		
B	Upah				
	Pekerja	Org	1.65		
	Tukang Batu	Org	0.275		
	Kepala Tukang	Org	0.028		
	Mandor	Org	0.165		

Sumber : SNI 7394 : 2008 PU Pengairan.

Tabel 2.3 Perhitungan Harga Satuan 1 m2 Bekisting.

Macam Pekerjaan		Satuan	Koefisien	Harga Bahan/Upah	Jumlah
No	Satuan 1 m3 Bekisting.				
A	Bahan				
	Kaso 5/7cm Klas III	m3	0.02		
	Paku 5-7cm	kg	0.25		
	Minyak Bekisting	ltr	0.2		
	Plywood	lbr	0.35		
B	Upah				
	Pekerja	oh	0.2		
	Tukang Besi	oh	0.6		
	Kepala Tukang	oh	0.06		
	Mandor	oh	0.020		
C	Total				

Sumber : SNI 7394 : 2008 PU Pengairan.

