

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Manajemen Proyek

Menurut (Soeharto, 1999:28) Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah ditentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan hirarki (arus kegiatan) *vertical* dan *horizontal*. Fungsi dasar manajemen proyek terdiri dari pengelolaan-pengelolaan lingkup kerja, waktu, biaya, dan mutu. Pengelolaan aspek-aspek tersebut dengan benar merupakan kunci keberhasilan penyelenggaraan proyek.

1. Pengelolaan Lingkup Proyek

Lingkup Proyek adalah total jumlah kegiatan atau pekerjaan yang harus dilakukan untuk menghasilkan produk yang diinginkan oleh proyek tersebut.

2. Pengelolaan waktu atau jadwal

Waktu atau jadwal merupakan salah satu sasaran utama proyek. Keterlambatan akan mengakibatkan berbagai bentuk kerugian. Misalnya, penambahan biaya, kehilangan kesempatan memasuki pasaran, dan lain-lain. Pengelolaan waktu meliputi perencanaan, penyusunan, dan pengendalian jadwal.

3. Pengelolaan Biaya

Pengelolaan biaya meliputi segala aspek yang berkaitan dengan hubungan antara dana dan kegiatan proyek. Mulai dari proses memperkirakan jumlah keperluan dana, mencari dan memilih sumber serta macam pembiayaan, perencanaan, dan pengendalian alokasi pemakaian biaya sampai kepada akuntansi dan administrasi pinjaman dan keuangan. Agar pengelolaan bisa efektif, terutama dalam aspek perencanaan dan pengendalian proyek, maka disusun bermacam-macam teknik dan metode.

4. Mengelola Kualitas atau Mutu

Mutu, dalam kaitannya dengan proyek, diartikan sebagai memenuhi syarat untuk penggunaan yang telah ditentukan atau *fit for intended use*. Agar suatu produk atau jasa hasil proyek memenuhi syarat penggunaan, diperlukan suatu proses yang panjang dan kompleks, mulai dari mengkaji apa saja, syarat-syarat penggunaan yang dikehendaki oleh pemilik proyek atau pemesan produk, menjabarkan persyaratan tersebut menjadi kriteria dan spesifikasi, serba menuangkannya menjadi gambar-gambar instalasi atau produksi.

Menurut Siswanto (2007), dalam manajemen proyek, penentuan waktu penyelesaian kegiatan ini merupakan salah satu kegiatan awal yang sangat penting dalam proses perencanaan karena penentuan waktu tersebut akan menjadi dasar bagi perencanaan yang lain adalah sebagai berikut.

1. Penyusunan jadwal (*Scheduling*), anggaran (*budgeting*), kebutuhan sumber daya manusia (*manpower planning*), dan sumber organisasi yang lain.
2. Proses Pengendalian (*Controlling*)

Manajemen Proyek meliputi tiga fase (Heizer dan Render, 2005), yaitu.

- a. Perencanaan. Fase ini mencakup penetapan sasaran, mendefinisikan proyek, dan organisasi tim-nya.
- b. Penjadwalan. Fase ini menghubungkan orang, uang, dan bahan untuk kegiatan khusus dan menghubungkan masing-masing kegiatan satu dengan yang lainnya.
- c. Pengendalian. Perusahaan mengawasi sumber daya, biaya, kualitas, dan anggaran. Perusahaan juga merevisi atau mengubah rencana dan menggeser atau mengelola kembali sumber daya agar dapat memenuhi kebutuhan waktu dan biaya.

Handoko, T.H (1999) menyatakan tujuan manajemen proyek adalah sebagai berikut.

1. Tepat Waktu (*on time*) yaitu waktu atau jadwal yang merupakan salah satu sasaran utama proyek, keterlambatan akan mengakibatkan kerugian, seperti penambahan biaya, kehilangan kesempatan produk memasuki pasar.
2. Tepat anggaran (*on budget*) yaitu biaya yang harus dikeluarkan sesuai dengan anggaran yang telah ditetapkan.
3. Tepat spesifikasi (*on specification*) dimana proyek harus sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan.

3.2. Pelat Lantai

Pelat merupakan elemen struktur tipis yang menahan beban dan didukung oleh balok yang bertumpu pada kolom-kolom bangunan. Fungsi pelat lantai adalah sebagai berikut:

1. Sebagai tempat berpijak.
2. Memisahkan ruang bawah dan ruang atas.
3. Untuk meletakkan kabel instalasi AC, listrik, dan pipa.

Pelat lantai harus memenuhi syarat-syarat teknis dan ekonomis, secara teknis pelat lantai harus memiliki kekuatan yang cukup untuk memikul beban rencana, dan secara ekonomis lantai dikerjakan dengan biaya yang hemat dan kualitas yang baik. (Uji A.T, 2012).

3.2.1 Dak Keramik Beton (Dak Keraton)

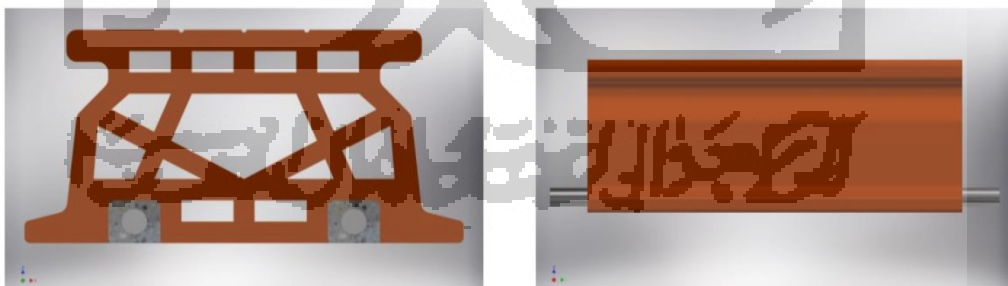
Bahan material alternatif merupakan sesuatu yang sering dijadikan obyek penelitian, sebab dengan ditemukannya bahan alternatif yang tepat, maka akan dapat berpengaruh pada efisiensi biaya. Beton ringan memiliki prospek yang cerah sebagai bahan struktur di masa depan mengingat kualitasnya yang bisa mencapai kualitas beton normal dengan berat jenis yang ringan (Owens, 1999).

Dak Keraton adalah Dak Keramik Komposit Beton dimana material ini lahir atas kerjasama beberapa negara di Eropa yang kemudian teknologi ini dibawa ke Indonesia melalui proyek bantuan teknis pembangunan industri bahan bangunan yang diawasi oleh UNIDO/UNDP (PBB Project INS/74/034). Pada proyek penelitian yang berlangsung pada tahun 1977, bahan material ini diteliti

penggunaannya pada sebuah rumah contoh di Puslitbangkim Cipta Karya Pekerjaan Umum.

Dak Keraton merupakan pelat rusuk, terbuat dari campuran tanah liat yang dibakar atau dipanasi sampai diatas 1000 °C. Bentuk dan bahan pembuat keraton menyerupai balok bata, tetapi bagian tengahnya berlubang-lubang. Lubang ini merupakan konstruksi yang digunakan untuk mengaitkan atau merangkai keraton satu dengan yang lainnya dengan menggunakan besi 10 atau 8, sehingga membuat bahan ini kuat digunakan sebagai pelat lantai. Untuk kekuatan dari dak keraton sendiri didapatkan hasil Tes-II No. LB/BPPU/001-12/IX/9906.09.99 beban keraton hanya sekitar 180 – 225 kg/m², lebih ringan dari beton yang berat bebannya 288 kg/m² maka gaya gempa yang diterima struktur bangunan lebih kecil (dalam rumus Newton $F=m.a$, jadi jika massa bangunan berkurang maka gaya gempa yang terjadi akibat percepatan gempa juga berkurang). Kualitas dari dak keraton sejajar dengan beton K-175 yang mempunyai tegangan ijin maksimum sebesar 55 kg/cm². Pemodelan bata keraton terbagi menjadi 2 bagian yaitu untuk bentuk rongga berbentuk “V” dan rongga berbentuk “W” dengan variasi setiap bentuk rongga masing-masing dalam bentuk 5 variasi. Yang digunakan pada proyek ini adalah dak keraton dengan tipe “V”. (Hazairin dkk, 2013)

Dak keraton dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut.



Gambar 3.1 Dak Keramik Komposit Beton (Dak Keraton)

Dimensi tipe “V” (panjang =250mm, L. Bawah =210mm, L. Atas =170mm, tinggi =100mm)

Sumber: Kajian Perilaku Lentur Pelat Keramik Beton (Keraton), 2013

Berdasarkan pengujian yang dilakukan (Hazairin dkk, 2013) tentang Kajian Perilaku Lentur Pelat Keramik beton (Keraton), peneliti melakukan pengujian berupa segmen keramik berongga diproduksi secara pracetak dengan ukuran panjang 25 cm, lebar 21 cm, dan tebal 11 cm. Segmen segmen keramik berongga tersebut kemudian dirakit menjadi bagian dasar (*half-slab*) pelat lantai yang dilengkapi dengan tulangan tarik longitudinal sepanjang rongga bawah keramik yang dilekatkan dengan mortar. Penelitian ini menggunakan spesimen pelat keramik beton berongga segmental semi-pracetak dengan ukuran total panjang 175 cm, lebar 63 cm, dan tebal 17 cm, yang dipasang pada perletakan sederhana dengan bentang 170 cm. Pelat tersebut diperkuat dengan enam tulangan tarik berdiameter 9 mm di bagian bawah, dan enam tulangan tarik berdiameter 6,5 mm di bagian atas. Pelat tersebut diuji dengan metode *third point loading*. Hasil pengujian dari penelitian ini didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Kapasitas Kekuatan Dak keraton

Penghitungan kapasitas Lentur momen pelat keramik berdasarkan data terdiri dari kuat tekan karakteristik beton $f'_c = 20$ Mpa, tebal toping beton 6 cm, kuat tarik baja tulangan $f_y = 400$ Mpa dengan 6 buah tulangan atas berdiameter 6,5 mm dan 6 buah tulangan bawah berdiameter 9 mm. Perhitungan kapasitas momen pelat keramik berdasarkan perhitungan kapasitas momen ultimit dan kapasitas momen elastik. Kapasitas momen ultimit adalah 24,15 kNm dengan garis netral terletak pada $c = 38,2$ mm jatuh pada toping beton, segmen keramik beton tidak mengalami gaya tekan hanya mengalami gaya tarik dan tulangan atas pada keramik beton juga berfungsi sebagai tulangan tarik.

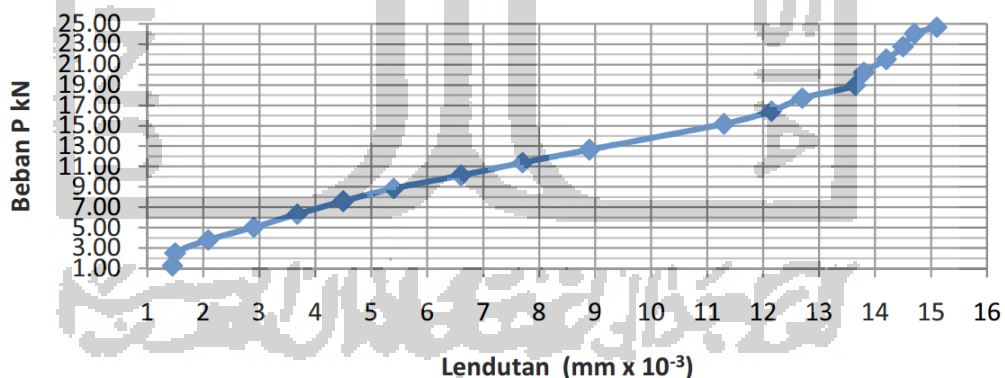
Kapasitas momen elastik didasarkan pada kuat tekan sebesar $f'_c = 0,45 f'_c = 9$ MPa, modulus elastisitas beton $E_c = 21.019,03$, dan tegangan baja sebesar 266,67 Mpa. Berdasarkan data tersebut, maka garis netral $c = 43$ mm jatuh di toping beton. Kapasitas momen elastis adalah sebesar 13,59 kNm. Hasil uji eksperimen menunjukkan beban maksimum adalah 24,65 kN. Hasil tersebut kemudian dianalisis berdasarkan metode *third point*

loading untuk mendapatkan nilai momen yang terjadi pada pelat uji, yaitu sebesar 7,1 kNm.

Analisis momen perhitungan cara ultimit dan momen perhitungan cara elastis kemudian dibandingkan dengan analisis momen hasil percobaan. Persen kemampuan kapasitas penampang berdasarkan cara ultimit diperoleh sebesar 29,39 % dan cara elastis diperoleh sebesar 52,2 %.

2. Perhitungan kapasitas lendutan berdasarkan pembebanan (*historical loading*) didapatkan pada fase pembebanan awal sampai beban (P) 3kN terlihat pelat masih berperilaku elastik dan cukup kaku. Hal ini terlihat dari deformasi vertikal yang terjadi sangat kecil kurang dari 1 mm. Pada fase kedua deformasi yang terjadi cukup besar hal ini terjadi setelah modulus keruntuhan mortar beton pada sambungan segmental telah terlampaui. Hal ini mengakibatkan lepasnya sambungan segmental antar elemen keramik beton sebelum kapasitas penampang bekerja secara penuh. (Hazairin dkk, 2013)

Riwayat pembebanan dapat dilihat pada Gambar berikut.

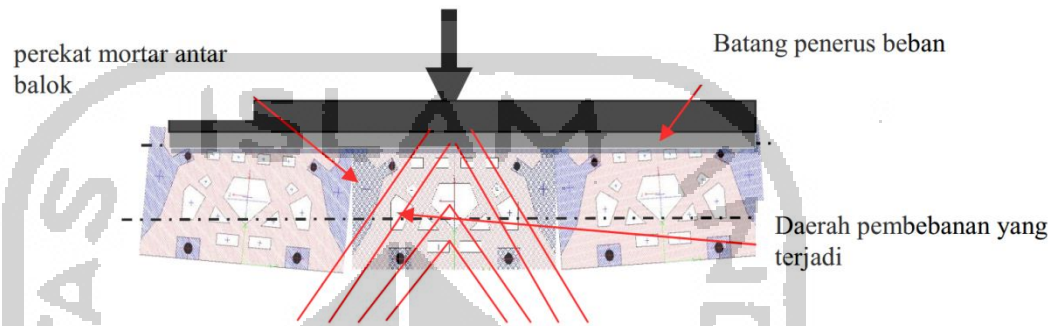


Gambar 3.2 Riwayat Pembebanan

Sumber: Kajian Perilaku Lentur Pelat Keramik Beton (Keraton), 2013

Penyebab penurunan kapasitas momen dikarenakan pembebanan yang terjadi terpusat hanya pada satu balok yang berada di tengah pelat saja sementara kedua balok lainnya terangkat, seperti tampak pada Gambar 3.3

hal tersebut diperkirakan karena kekuatan campuran mortar antar balok tidak mampu merekat kuat untuk menahan balok agar tidak terangkat. Daerah yang dibebani juga tidak menyeluruh sehingga kekuatan spesimen menjadi tidak maksimal.



Gambar 3.3 Area pembebanan yang terjadi dalam percobaan

Sumber: Kajian Perilaku Lentur Pelat Keramik Beton (Keraton), 2013

3. Pelaksanaan Pelat Lantai Pracetak

Pada tahap pelaksanaan beton pracetak memerlukan kesiapan dari berbagai pihak agar pembangunan dapat berjalan dengan lancar sehingga tidak terjadi keterlambatan proyek serta bertambahnya biaya yang harus dikeluarkan. Tahapan dalam pelaksanaan menurut Ervianto (2006) yaitu:

a. Produksi

Tahap produksi dilakukan pada pihak produsen atau pabrikator pracetak, sehingga dengan menyerahkan pekerjaan pekerjaan tersebut kepada pabrikator profesional maka hambatan teknis dapat dikurangi selama tidak adanya perubahan dimensi dan spesifikasi yang sudah di pesan. Hal penting dalam faktor produksi yaitu penentuan prioritas, komponen mana yang akan lebih dahulu di pabrikasi tentu harus sesuai dengan rencana kerja dan metode kerja yang telah direncanakan. Untuk mencapai kesesuaian komponen mana yang harus di produksi terlebih dahulu maka di perlukan kordinasi antara pihak produsen atau pabrikasi dengan pihak pelaksana dilapangan.

b. Transportasi

Tahap transportasi merupakan tanggung jawab pihak produsen, sehingga alat transportasi di sesuaikan dengan berat dan dimensi elemen pracetak. Jarak serta akses jalan yang akan di lalui juga harus di perhitungkan.

4. Prosedur pemasangan pelat Dak Keraton yaitu:

- a. Keramik disusun memanjang dengan posisi lebar dibagian atas
- b. Keraton diatur memanjang sepanjang bentangan maksimal 4 m, gambar dapat dilihat pada Gambar 3.4 berikut

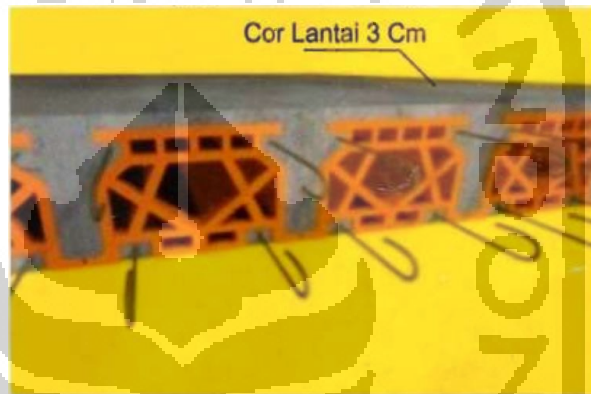


Gambar 3.4 Keraton yang sudah dirangkai sebagai bagian bawah *half-slab*

Sumber: Kajian Perilaku Lentur Pelat Keramik Beton (Keraton), 2013

- c. Pasang 2 batang besi diameter 10 mm panjang 4 m lebih pada cekungan bagian atas, dan diameter 8 mm pada cekungan bagian samping bawah.
- d. Rangkaian diikat dengan kawat bendrat pada kedua ujungnya agar besi tulangan benar-benar lurus.
- e. Cekungan diplester dengan adukan 1 semen : 3 pasir sehingga besi tertanam dalam coran untuk mengikat tulangan dengan dak keraton.
- f. Sisi sambungan keramik ditutup rapat dengan adukan.
- g. Keramik beton kemudian didiamkan selama ± 2 hari untuk pengerasan coran. Keramik beton harus disiram setiap hari agar menjaga kelembaban dari keramik beton tersebut.

- h. Memasang pasangan bata dan rangkaian besi ring balok pada bagian ujung keraton.
- i. Setelah 2 hari didiamkan, maka rangkaian dibalik dan siap dinaikkan satu per satu dan dirapatkan dengan kedua ujungnya pada ring balok yang tersedia.
- j. Rangkaian diisi dengan adukan cor beton (1:2:3) hingga 1-3 cm di atas permukaan Dak Keraton. Gambar dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 Pelat Keraton setelah toping beton

Sumber: Kajian Perilaku Lentur Pelat Keramik Beton (Keraton), 2013

Sketsa susunan dak keraton dapat dilihat pada Gambar 3.6 berikut



Gambar 3.6 Sketsa Dak Keraton yang menumpu pada balok

Sumber: Kajian Perilaku Lentur Pelat Keramik Beton (Keraton), 2013

Pengerjaan plat lantai dengan pracetak Dak Keraton dapat melakukan penghematan berkurangnya biaya material dan juga biaya upah pekerja. Karena pemakaian Dak Keraton tidak membutuhkan biaya yang sebanding dengan

pengerjaan pelat lantai konvensional. Keuntungan dari pemakaian Dak Keraton adalah sebagai berikut:

1. Keraton dapat menahan beban hingga 750 kg/m, kekuatannya relatif sama dengan pelat lantai konvensional
2. Penggunaan bekisting yang relatif lebih sedikit daripada pelat lantai konvensional.
3. Harga lebih murah daripada pelat beton konvensional
4. Massa lebih ringan sehingga dapat mengurangi beban bangunan
5. Dapat digunakan sebagai elemen estetika/*artistic* untuk lantai dibawahnya apabila tidak menggunakan tutup plafon.

Sumber: (Dak Keraton Abadi, 2018)

5. Perhitungan Kebutuhan Dak Keraton

Tanpa (sangat sedikit) menggunakan perancah (bekisting) kayu, tulangan hanya satu arah sehingga mengurangi pemakaian besi. Dan pemakaian beton sangat sedikit sehingga menghemat material. Selain itu untuk flooring menggunakan semen lebih hemat daripada konvensional.

Untuk pembuatan Kebutuhan Dak Keraton dibutuhkan volume (luas/m^2) dari gambar kerja yang sudah dirancang. Untuk kebutuhan 1 m^2 keraton dibutuhkan 20 buah keraton, 2 batang P10 dan P8, *Portland Cement*, air, dan pasir. Rumus dari kebutuhan dak keraton dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Jumlah Bata Keraton} = \text{luas lantai} \times 20 \quad (3.1)$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Tulangan} &= 1 \times \text{Diameter Tulangan Atas dan } 1 \times \text{Diameter Tulangan} \\ \text{Bawah} & \quad (3.2) \end{aligned}$$

$$\text{Kebutuhan Flooring} = 0,108 \times \text{luas lantai} \quad (3.3)$$

Sumber: (CV. Light Group Indonesia)

3.2.2 Pelat Lantai Konvensional

Menurut (Asroni, 2010), Pelat beton bertulang adalah struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dan dengan bidang yang searah horizontal, dan beban yang bekerja harus tegak lurus pada bidang struktur tersebut. sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur perilaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal.

Beton *cast in situ* adalah pemindahan campuran beton cair dari *mixer* ketempat dimana beton akan dicor yaitu bekisting atau acuan pada struktur yang akan dikerjakan. Atau beton yang dicor di tempat, dengan cetakan atau acuan yang dipasang di lokasi elemen struktur pada bangunan atau infrastruktur. Tahapan pelaksanaan beton Konvensional, sebagai berikut:

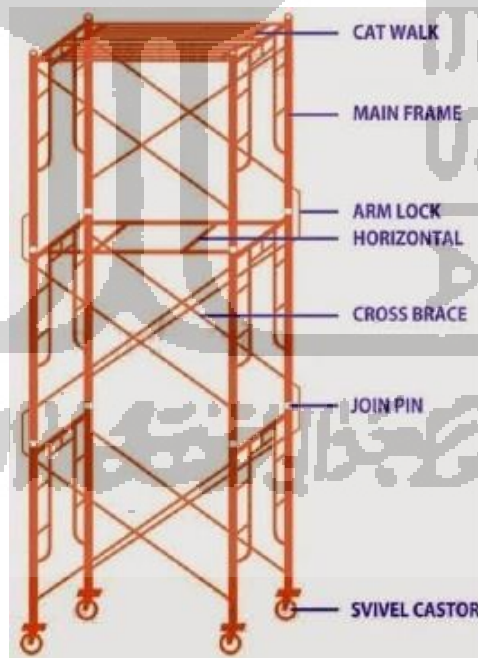
1. Tahap pembersihan, memastikan papan bekisting dalam keadaan bersih dari kotoran.
2. Tahap pembuatan bekisting untuk balok dan plat dilakukan terlebih dahulu sebelum tahap pembesian. Sedangkan untuk kolom tahap bekisting dilakukan setelah tahap pembesian. Sebelum melakukan tahap pengecoran, bekisting diolesi oleh oli. Bekisting dapat dilepas apabila beton mulai mengeras dan berbentuk.
3. Tahap pembesian. Pekerjaan pembesian meliputi pemotongan besi tulangan, pembengkokan besi tulangan, perakitan tulangan.
4. Tahap pengecoran. Semua bahan beton harus diaduk secara merata dan harus dituangkan seluruhnya sebelum pencampur diisi kembali. Pengecoran beton harus dikerjakan sedekat mungkin ke tujuan terakhir untuk mencegah bahan-bahan jatuh di luar tempat kerja akibat pemindahan adukan didalam cetakan, pengecoran balok dan plat dilakukan secara bersamaan setelah pengecoran kolom.

Pengerjaan pelat lantai konvensional seperti ini memerlukan perancah (*scaffolding*) serta bekisting/cetakan untuk membantu pengecoran pelat lantai. Setelah beton mengeras maka perancah dan cetakan akan dilepas, pada proses pemasangan hingga pelepasan perancah dan cetakan memerlukan biaya baik itu material maupun pekerja, sehingga pekerjaan pelat lantai secara konvensional

memerlukan biaya yang relatif besar. Tahapan pekerjaan pemasangan pelat lantai konvensional adalah sebagai berikut:

1. Perancah (*Scaffolding*)

Menurut (Ervianto, 2006) Perancah (*Scaffolding*) adalah suatu struktur sementara yang digunakan untuk menyangga manusia dan material dalam konstruksi atau perbaikan gedung dan bangunan-bangunan besar lainnya. Fungsi *Scaffolding* adalah sebagai struktur sementara untuk menahan beton yang belum mampu memikul beratnya sendiri (pada pelaksanaan pengecoran). *Scaffolding* dirakit mulai dari peletakan *jack base* di bagian bawah, kemudian *jack base* dimasukkan ke dalam *main base*, antara *main base* yang satu dengan *main base* yang satu dihubungkan dengan *crossbrace*. Untuk menghubungkan *scaffolding* ke atas, *main base* disambung menggunakan *join pin*, di bagian atas *main base* di beri *U head* untuk peletakan balok kayu sebagai suri-suri. Contoh gambar pengecoran pelat lantai konvensional dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut.



Gambar 3.7 Pemasangan perancah (*Scaffolding*)

Sumber: Prosedur Pemasangan Dan Pembongkaran Scaffolding, 2014

2. Bekisting/Cetakan Konvensional

Bekisting adalah cetakan sementara yang digunakan untuk menahan beton selama beton dituang dan dibentuk sesuai dengan bentuk yang direncanakan. Bekisting akan dilepas atau dibongkar apabila beton yang dituang telah mencapai kekuatan yang cukup. Dalam pengerjaan struktur pelat lantai menggunakan metode bekisting konvensional menurut Rohman (2012). Bekisting memiliki fungsi sebagai:

- a. Bekisting menentukan bentuk dari beton yang dibuat. Bentuk sederhana dari sebuah konstruksi beton menuntut bekisting yang sederhana.
- b. Bekisting harus dapat menyerap dengan aman beban yang ditimbulkan oleh spesi beton dan berbagai beban luar serta getaran. Dalam hal ini, perubahan bentuk yang timbul dan geseran-geseran dapat diperkenankan asalkan tidak melampaui toleransi-toleransi tersebut.
- c. Bekisting harus dipasang, dilepas, dan dipindahkan dengan cara sederhana.

Contoh gambar pengecoran pelat lantai konvensional dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut.



Gambar 3.8 Pemasangan Bekisting pada balok dan pelat lantai

Sumber: Perbandingan Biaya Pelaksanaan Pelat Beton Menggunakan boundeck dan pelat Konvensional pada Gedung Graha Suraco, 2012

3. Pengecoran Pelat Lantai Beton Bertulang

Pengecoran pelat lantai beton bertulang dilakukan ditempat lokasi proyek dikerjakan, bersama dengan balok pendukung dan kolom penumpunya. Pelat lantai ini dipasang tulangan baja pada lendutan arahnya, dan tulangan silang untuk menahan momen tarik dan juga lenturan. Contoh gambar pengecoran pelat lantai konvensional dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut.



Gambar 3.9 Pengecoran Pelat Beton Konvensional

Sumber: Perbandingan Biaya Pelaksanaan Pelat Beton Menggunakan boundeck dan pelat Konvensional pada Gedung Graha Suraco, 2012

Perencanaan dan perhitungan pelat lantai beton telah diatur oleh pemerintah yang tercantum didalam SNI 03-2847-2002 yang mencakup beberapa hal antara lain:

- a. Pelat lantai mempunyai tebal minimum 12 cm, dan untuk pelat atap minimum 7 cm.
- b. Harus diberi tulangan silinder dengan diameter minimum 8 mm yang terbuat dari baja lunak atau baja sedang.
- c. Pelat lantai dengan tebal lebih dari 25 cm harus dipasang tulangan rangkap diatas dan dibawahnya.

- d. Jarak tulangan pokok yang sejajar tidak kurang dari 2,5 cm dan tidak lebih dari 20 cm atau dua kali lipat tebal pelat, dan dipilih yang terkecil.
- e. Semua tulangan harus dibungkus dengan lapisan beton dengan tebal minimum 1 cm yang berguna untuk melindungi baja dari korosi maupun kebakaran.

4. Rumus Perhitungan Pelat Konvensional

Rumus yang digunakan dalam perhitungan pelat konvensional adalah sebagai berikut ini.

a. Volume Beton = Panjang x Lebar x Tinggi x Jumlah (3.4)

b. Volume Besi = ((Panjang Tulangan Arah X ÷ Jarak Tulangan) x Panjang Tulangan Arah Y) + ((Panjang Tulangan Arah Y ÷ Jarak Tulangan) x Panjang Tulangan Arah X) x Jumlah x Berat Besi x 2 (3.5)

c. Volume Bekisting = Panjang x Lebar x Jumlah (3.6)

d. Beban Kombinasi = $Q_u : 1,2D + 1,6L$ (3.7)

(Sumber : SNI – 2847 – 2013)

Dimana:

Q_u = Beban kombinasi

D = Beban Mati

L = Beban Hidup

e. Koefisien Momen Pelat. (Sumber : PBI 1971)

M_{tx} = $0,001 \times W_u \times (L_x/1000)^2 \times$ koefisien momen M_{tx} (3.8)

M_{ty} = $0,001 \times W_u \times (L_x/1000)^2 \times$ koefisien momen M_{ty} (3.9)

M_{lx} = $0,001 \times W_u \times (L_x/1000)^2 \times$ koefisien momen M_{lx} (3.10)

M_{ly} = $0,001 \times W_u \times (L_x/1000)^2 \times$ koefisien momen M_{ly} (3.11)

Dimana :

W_u = Beban Ultimate

3.3 Sistem Penulangan Pelat

Penulangan pelat dibagi menjadi 2 macam, yaitu pelat satu arah dan dua arah. pada penelitian ini membahas tentang keduanya, hal ini disebabkan karena perbandingan L_y/L_x ada yang lebih dari 2 dan ada yang kurang dari 2.

1. Pelat Satu Arah

Pelat satu arah adalah pelat yang lebih dominan menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang satu arah saja (Asroni,2010). Contoh pelat satu arah adalah kantilever (*lufel*) dan pelat yang ditumpu oleh 2 tumpuan sejajar. Dalam perhitungan penulangan pelat satu arah, digunakan rumus sebagai berikut.

a. Menghitung Nilai Momen (M_u)

$$M_u = x \cdot Q_u \cdot L_n^2 \quad (3.12)$$

Dimana:

$$L_n = L_x \times (0,5 \times \text{lebar balok a}) - (0,5 \times \text{lebar balok b}) \quad (3.13)$$

b. Cek Kuat Geser Beton

$$V_u = 0,5 \times Q_u \times L_n \quad (3.14)$$

$$\phi V_n = 0,17 \times \sqrt{f'_c} \times 1000 \times \phi_{\text{geser}} \quad (3.15)$$

c. Menentukan Tinggi Efektif (d)

$$d_s = P_b + \frac{1}{2} D \quad (3.16)$$

$$d = h - d_s \quad (3.17)$$

d. Nilai koefisien resistance (R_n) dan nilai m

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} \quad (3.18)$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} \quad (3.19)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f'_c} \quad (3.20)$$

e. Menghitung rasio tulangan (ρ)

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} \quad (3.21)$$

$$\rho_{\min} = \frac{\sqrt{f'_c}}{4 \times f_y} \quad (3.22)$$

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times f_y \times \epsilon_c}{\beta} \quad (3.23)$$

$$\epsilon_y = \frac{f_y}{E_s} \quad (3.24)$$

$$\rho_{\max} = \frac{\epsilon_c + \epsilon_y}{\epsilon_c + \epsilon_t} \times \rho_{\text{balance}} \quad (3.25)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \quad (3.26)$$

f. Menghitung Momen (kNm)

$$m_u = (0,85 \times f'_c \times a \times b) \times \left(d - \frac{a}{2} \right) \quad (3.27)$$

$$M_n = \frac{m_u}{0,8} \quad (3.28)$$

g. Menghitung tinggi garis netral (x)

$$X = \frac{\alpha}{\beta} \quad (3.29)$$

h. Kontrol regangan leleh baja (ϵ_s)

$$\epsilon_s = \frac{\{0,003 \times (125 - 0,618)\}}{0,618} \quad (3.30)$$

i. Menghitung luas tulangan pokok

$$A_s \text{ Perlu} = \rho \times b \times d \quad (3.31)$$

j. Jarak tulangan pokok

$$A_d = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (3.32)$$

$$S = \frac{A_d \times 1000}{A_s}$$

k. Kontrol jarak tulangan pokok

$$As \text{ pakai} = \frac{Ad \times 1000}{s} \quad (3.33)$$

Jika, $S < 3h$ maka OK

l. Luas tulangan susut (As Susut)

$$Ap = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad (3.34)$$

$$S \text{ susut} = \frac{Ap \times 1000}{As \text{ susut}} \quad (3.35)$$

m. Kontrol jarak tulangan susut

$$S < 5 h \text{ maka OK} \quad (3.36)$$

Keterangan:

M = Momen lentur pelat per satuan panjang

c = koefisien momen

Qu = beban Ultimate (kN/m²)

Ln = bentang bersih (m)

Lx = bentang pendek(m)

Vu = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau (kN)

Vn = kelewatan gaya nominal (kN)

$F'c$ = mutu beton (mPa)

d = tinggi efektif (mm)

h = tebal pelat (mm)

Pb = tebal selimut beton (mm)

D = Diameter Tulangan (mm)

Mn = momen nominal (kNm)

ρ = rasio tulangan

Cc = gaya dalam beton (N)

a = tinggi kekang beton (mm)

b = bentang yang ditinjau (mm)

x = letak garis netral

ϵ_s = regangan leleh baja (mm)

s = jarak tulangan pokok (mm)

(Sumber: SNI-03-2847-2013)

2. Pelat Dua Arah

Pelat satu arah adalah pelat yang menahan beban yang berupa momen lentur pada bentang dua arah. Contoh pelat satu arah adalah pelat yang ditumpu oleh 4 sisi yang saling sejajar. Persyaratan jenis pelat lantai dua arah jika perbandingan dari bentang panjang (L) terhadap bentang pendek (X) kurang dari dua atau $L_y/L_x < 2$ (Asroni, 2010).

Dalam perhitungan penulangan pelat satu arah, digunakan rumus sebagai berikut.

a. Menghitung Nilai Momen (M_u)

$$M_u = x \cdot Q_u \cdot L_n^2$$

Dimana:

$$L_n = L_x \times (0,5 \times \text{lebar balok a}) - (0,5 \times \text{lebar balok b})$$

b. Menghitung Rasio tulangan pada kondisi Balance

$$\rho_b = \beta_1 \times 0,85 \times \frac{f'_c}{f_y} \times \frac{600}{600 + f_y} \quad (3.37)$$

c. Menghitung faktor tahanan momen maksimum

$$R_{max} = 0,75 \times \rho_b \times f_y \times \left[1 - \frac{0,5 \times 0,75 \times \rho_b \times f_y}{0,85 \times f'_c} \right] \quad (3.38)$$

d. Jarak tulangan terhadap sisi luar beton

$$D_s = \frac{t_s + \emptyset}{2} \quad (3.39)$$

e. tebal efektif pelat lantai

$$d = h - d_s$$

c. Momen nominal rencana

$$M_u = (0,85 \times f'_c \times a \times b) \times (d - \frac{a}{2}) \quad (3.40)$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

f. Faktor Tahanan Momen

$$R_n = \frac{M_n \times 10^6}{b \times d^2} \quad (3.41)$$

$$R_n < R_{max}$$

g. Kontrol regangan leleh baja (ϵ_s)

$$\epsilon_s = \frac{\{0,003 \times (125 - 0,618)\}}{0,618} \quad (3.42)$$

h. Luas Tulangan

$$A_s = \rho \times b \times d \quad (3.43)$$

i. Jarak tulangan

$$S = \frac{\pi}{4} \times \emptyset^2 \times \frac{b}{A_s} \quad (3.44)$$

$$S_{max} = 2 \times h$$

j. Kontrol jarak tulangan pokok

$$A_s \text{ pakai} = \frac{A_d \times 1000}{s}$$

Jika, $S < 3h$ maka OK

k. Luas tulangan susut (A_s Susut)

$$A_s \text{ susut} = 0,002 \times b \times h \quad (3.45)$$

l. Jarak tulangan susut (S susut)

$$A_p = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$$

$$S \text{ susut} = \frac{A_p \times 1000}{A_s \text{ susut}}$$

m. Kontrol jarak tulangan susut

$S < 5h$ maka OK

Keterangan:

M = Momen lentur pelat per satuan panjang

c = koefisien momen

Q_u = beban Ultimate (kN/m^2)

L_n = bentang bersih (m)

L_x = bentang pendek (m)

V_u = gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau (kN)

V_n = kelewatan gaya nominal (kN)

F'_c = mutu beton (MPa)

d = tinggi efektif (mm)

h = tebal pelat (mm)

P_b = tebal selimut beton (mm)

D = Diameter Tulangan (mm)

M_n = momen nominal (kNm)

ρ = rasio tulangan

C_c = gaya dalam beton (N)

a = tinggi kekang beton (mm)

b = bentang yang ditinjau (mm)

x = letak garis netral

ϵ_s = regangan leleh baja (mm)

s = jarak tulangan pokok (mm)

R_{max} = Tahanan momen maksimum

R_n = Tahanan momen

A_d = luas tulangan

(Sumber: SNI-03-2847-2013)

3.4 Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran Biaya adalah perkiraan perhitungan biaya total yang diperlukan berdasarkan biaya tiap-tiap pekerjaan dalam proyek konstruksi (Nugraheni, 2016). Rencana Anggaran biaya (RAB) harus direncanakan dengan baik karena memiliki peranan yang sangat penting dalam berlangsungnya pelaksanaan proyek konstruksi. RAB biasa digunakan pada proyek konstruksi untuk merencanakan, mengendalikan, dan mengontrol biaya yang dikeluarkan untuk melaksanakan setiap item pekerjaan bangunan. Berikut hal-hal yang diperlukan dalam pembuatan RAB (Meiriska, 2016).

1. Gambar Rencana Bangunan
2. Volume masing-masing pekerjaan yang akan dilaksanakan
3. Daftar harga bahan bangunan dan upah pekerja saat pekerjaan dilaksanakan
4. Analisa harga satuan pekerjaan
5. Metode kerja pelaksanaan.

3.4.1 Biaya Proyek

Biaya yang dikeluarkan untuk melakukan pelaksanaan bangunan yang terdiri dari bahan dan upah serta biaya lain yang berhubungan dengan kelancaran pelaksanaan, biaya proyek terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. (Ervianto,2002)

3.4.2 Biaya Langsung (*Direct cost*)

Menurut (Ervianto,2002) Biaya langsung yaitu biaya yang dikeluarkan untuk suatu komponen yang berkaitan dengan bangunan dalam bentuk fisik bangunan, biaya langsung terdiri dari:

1. Biaya Material

Biaya yang digunakan untuk membeli material yang akan digunakan pada proyek bangunan, biaya ini termasuk biaya pengangkutan material hingga ke lokasi proyek, biaya ini merupakan bagian dari hasil dari proyek.

2. Biaya Tenaga Kerja

Biaya yang digunakan untuk membayar tenaga kerja sesuai dengan kesepakatan pekerja, biaya pekerja dipengaruhi oleh di daerah mana proyek dikerjakan karena setiap daerah memiliki harga upah tenaga kerja berbeda beda.

3. Biaya Alat

Biaya yang digunakan untuk pengadaan dan sewa alat yang digunakan untuk pelaksanaan pekerjaan. Alat yang digunakan bias berupa alat ringan, alat berat, dan juga mesin sesuai dengan kebutuhan di lapangan.

Biaya langsung pada pengerjaan pelat lantai konvensional dan pracetak yaitu:

a. Pelat Dak Keraton

1) Biaya Material

- a) Pembelian Dak Keraton sesuai dengan mutu dan volume yang direncanakan
- b) Sewa Perancah/*Scaffolding*
- c) Baja tulangan dan kawat besi untuk pengunci
- d) Beton K-250 untuk topping

2) Biaya tenaga kerja

Pekerja untuk memasang Dak Keraton di lokasi proyek, memasang besi pengunci dan pengecoran topping

b. Pelat Konvensional

1) Biaya Material

- a) Pembelian beton dengan mutu yang telah direncanakan
- b) Pembelian baja tulangan dan kawat besi
- c) Pembelian papan cetakan dan kayu
- d) Pembelian paku

2) Biaya Tenaga Kerja

Upah pekerja, tukang kayu, tukang besi, kepala tukang, dan mandor

- 3) Biaya Alat
 - a) Sewa Perancah/*Scaffolding*
 - b) Sewa pompa beton
 - c) *Vibrator*

3.4.3 Biaya Tidak Langsung (*Indirect cost*)

Menurut (Erviyanto,2002) Biaya tidak langsung merupakan biaya yang dikeluarkan yang secara tidak langsung berhubungan dengan bangunan tetapi harus ada dan tidak bisa dilepaskan dari proyek. Seperti manajemen proyek, *supervise*, fasilitas sementara dan sebagainya, biaya tidak langsung terdiri dari:

1. Biaya *Overhead*
2. Gaji dan tunjangan karyawan
3. Keuntungan perusahaan

Untuk menghitung RAB digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{RAB Suatu Pekerjaan} = \text{Volume Pekerjaan} \times \text{Harga Satuan Pekerjaan} \quad (3.46)$$

Pada penelitian ini harga satuan yang digunakan adalah harga satuan dari proyek tersebut dan untuk koefisien pekerjaan menggunakan acuan Peraturan Gubernur DIY No. 40 Tahun 2018 tentang Standar Harga Barang dan Jasa Daerah.

Yang perlu dilakukan dalam membuat Rencana Anggaran Biaya suatu Proyek adalah sebagai berikut (Meiriska, 2016).

1. Mengumpulkan data tentang harga bahan dan upah tenaga kerja
2. Menyusun data-data tentang harga bahan dan upah tenaga kerja, sehingga menjadi sebuah daftar harga
3. Mengumpulkan data gambar proyek dan spesifikasinya
4. Membuat daftar volume pekerjaan dari data gambar proyek yang spesifikasinya sudah jelas
5. Menyusun perhitungan harga satuan untuk tiap pekerjaan

6. Membuat rekapitulasi dari masing-masing jenis pekerjaan, sehingga diperoleh harga nominal proyek. Kemudian dengan menambah jasa pemborong/kontraktor ($\pm 10\%$ dari jumlah nominal) dan PPN $\pm 10\%$ maka diperoleh jumlah total anggaran penawaran.
7. Menyusun biaya total proyek.

