

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Umum

Desain pada suatu proyek yang sudah direncanakan ada kalanya berbeda dengan desain yang dilaksanakan di lapangan. Perubahan desain yang terjadi pada pelaksanaan konstruksi di lapangan dapat diantisipasi serta ditekan seminimal mungkin, oleh karena perubahan desain ini dapat berpengaruh cukup besar terhadap biaya, mutu dan waktu.

Praktek desain dewasa ini memanfaatkan pengetahuan tentang mekanika material, analisis stuktur, dan secara khusus, stabilitas struktur, bersama-sama dengan aturan-aturan desain demi menjamin keamanan. Yang paling luas digunakan adalah peraturan desain yang diterbitkan oleh *American Institute of Steel Construction (AISC)*, dalam *Load and Resistance Factor Steel Buildings-Allowable Stress Design and Plastic Design*.

AISC merupakan lembaga gabungan dari pabrik baja dan perusahaan konstruksi baja, serta perorangan yang tertarik pada penelitian dan perencanaan struktur baja. Hasil penelitiannya disintesa menjadi prosedur perencanaan praktis agar diperoleh struktur yang aman dan ekonomis. Sesuai dengan AISC, semua desain dan analisis kolom didasarkan atas luas penampang melintang bruto kolom.

3.2 Perubahan Desain

3.2.1 Definisi Perubahan Desain

Perubahan yaitu dari kata ubah yang berarti lain/beda, berubah artinya menjadikan lain/berbeda dengan semula. Perubahan yaitu berubahnya sesuatu (Kamus Umum Bahasa Indonesia Susunan W.J.S. Prawirodarminto Pusat Penelitian dan Pengembangan Bahasa Dep. P dan K).

Desain adalah tuntunan kondisi sebaik-baiknya antara para pelaku di dalam pelaksanaan pembangunan yaitu konsultan, arsitek, kontraktor, beserta sub-subnya agar produk yang dihasilkan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan, artinya gambar desain harus lengkap dan sesuai dengan kondisi proyek serta memenuhi standar yang berlaku terhadap lingkungan dan daerah yang akan dikerjakan (Owner Common dan Davis, 1997).

Sesuai dengan dua pengertian di atas, dapat disimpulkan bahwa perubahan desain merupakan suatu perbedaan antara desain awal dengan desain akhir yang diakibatkan oleh tuntutan kondisi dari para pelaku di dalam pelaksanaan pembangunan, dengan harapan desain akhir lebih baik dari desain awal.

3.2.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perubahan Desain

Perubahan desain mempunyai konsep yang perlu dicermati yaitu adanya pemahaman tingkat besar kecilnya perubahan desain, sehingga perlu

ditekan seminimal mungkin atau hindari terjadinya perubahan secara total pada perubahan desain tersebut. Oleh karena itu, perlu diketahui faktor – faktor yang mempengaruhi besar kecilnya perubahan desain. (Fritz Szhumacher dalam Bambang T R, 2001)

Faktor-faktor yang umumnya mempengaruhi terjadinya perubahan desain pada pelaksanaan konstruksi bangunan gedung adalah sebagai berikut :

- 1) Faktor kelengkapan gambar desain
- 2) Faktor kesesuaian desain dengan kondisi lokasi proyek
- 3) Faktor kesesuaian desain dengan standar yang berlaku
- 4) Faktor permintaan pimpinan proyek (untuk merubah desain karena sesuatu alasan)
- 5) Faktor persyaratan dari per data terhadap desain
- 6) Faktor kesesuaian antara gambar desain dengan RKS (Rencana Kerja dan Syarat)
- 7) Faktor kesesuaian desain dengan kondisi air tanah di lokasi proyek
- 8) Faktor pondasi di lapangan
- 9) Faktor bahan bangunan
- 10) Faktor perubahan guna bangunan
- 11) Faktor kesesuaian desain dengan perkiraan volume pekerjaan
- 12) Faktor kesalahan informasi dalam proses desain
- 13) Faktor kemudahan dalam pelaksanaan

Ke-13 (tiga belas) faktor yang menimbulkan perubahan desain tersebut akan menjadi kajian di dalam penelitian ini.

3.2.3 Hal-hal Yang Dipengaruhi Oleh Perubahan Desain

a. Biaya.

Perkiraan biaya memegang peranan penting dalam penyelenggaraan proyek. Fungsi dari perkiraan biaya adalah untuk mengetahui berapa besar biaya yang diperlukan untuk membangun proyek atau investasi, merencanakan dan mengendalikan sumber daya (material, tenaga kerja, pelayanan maupun waktu).

Perkiraan biaya di atas erat hubungannya dengan analisis biaya, yaitu pekerjaan yang menyangkut pengkajian biaya kegiatan-kegiatan terdahulu yang akan dipakai sebagai bahan untuk menyusun perkiraan biaya.

b. Mutu

Peningkatan kesesuaian mutu adalah upaya agar mutu meningkat sesuai dengan standar ketentuan menurut spesifikasi teknis. Selanjutnya mengelola aspek mutu dengan benar dan tepat, sehingga tercapai apa yang disebut dengan *fitness for use*. Yaitu, pengelolaan yang bertujuan mencapai persyaratan mutu proyek pada pekerjaan pertama tanpa adanya pengulangan dengan cara yang efektif dan ekonomis. Pengelolaan mutu proyek merupakan unsur dari pengelolaan proyek secara keseluruhan.

Permasalahan yang mempengaruhi mutu lebih banyak berawal dan didominasi oleh kualitas sumber daya manusia yang berkaitan dengan kemampuan dan ketrampilan teknis. Seperti penyusunan kriteria perencanaan dan spesifikasi, tata cara penyediaan material dan peralatan, pengerahan tenaga terampil dan sebagainya.

c. Waktu.

Pada bisnis konstruksi sering kali tersedia catatan perkiraan jumlah jam orang, untuk menyelesaikan suatu macam pekerjaan. Sehingga bila telah diketahui perkiraan tersebut dan ditentukan berapa besar jumlah tenaga kerja yang akan dipakai, maka angka kurun waktu dihitung dari rumus :

$$\text{Kurun waktu} = \frac{\text{Jam orang untuk menyelesaikan pekerjaan}}{\text{Jumlah tenaga kerja}}$$

Masalah – masalah yang berpengaruh terhadap waktu pelaksanaan konstruksi lebih banyak disebabkan oleh mekanisme penyelenggaraan, seperti keterlambatan pengadaan peralatan dan material, keterlambatan jadwal perencanaan, kelayakan jadwal konstruksi, masalah – masalah produktivitas dan sebagainya.

3.3 Perencanaan Desain Struktur

Perencanaan desain struktur didefinisikan sebagai paduan dari seni dan ilmu, yang menggabungkan intuisi seorang insinyur yang berpengalaman dalam kelakuan struktur dengan pengetahuan mendalam tentang prinsip statika, dinamika, mekanika bahan dan analisa struktur, untuk mendapatkan struktur yang ekonomis dan aman serta sesuai dengan tujuan pembuatannya (Salmon, Johnson dan Wira, 1986).

Suatu perencanaan harus sesuai dengan peraturan bangunan yang meliputi semua bidang yang berhubungan dengan keamanan seperti perencanaan struktur dan detail arsitektur. Hal ini juga disertai adanya filosofi perencanaan atau sering disebut perencanaan keadaan batas. Keadaan batas adalah suatu keadaan pada struktur bangunan dimana bangunan tersebut tidak bisa memenuhi fungsi yang telah direncanakan.

Pihak yang bertanggungjawab pada perencanaan disebut perencana. Perencana harus memahami prinsip perencanaan dan kelakuan struktur yang dicakup oleh aturan – aturan. Dimana spesifikasi yang berisi aturan – aturan tersebut ditujukan untuk menjamin keamanan. Jika tidak, maka hasil perencanaannya akan kasar, sangat konservatif, dan kadang – kadang tidak aman. Selain itu, perencana juga harus bertanggungjawab penuh terhadap keamanan.

Pelaku utama di dalam perubahan desain adalah konsultan perencana. Konsep yang perlu dicermati dalam perubahan desain adalah

pemahaman tingkat besar kecilnya perubahan desain. Yang perlu ditekan seminimal mungkin atau dihindari adalah adanya perubahan total pada desain. Hal ini dapat terjadi jika perencana atau konsultan perencana kurang profesional.

3.4 Perhitungan Tulangan Kolom

Pada suatu kerangka bangunan, kolom menempati posisi penting. Karena kegagalan kolom akan berakibat langsung pada runtuhnya komponen struktur lain yang berhubungan dengannya, bahkan dapat berakibat runtuhnya seluruh bangunan. Umumnya kegagalan komponen tekan tidak memberikan tanda – tanda yang jelas dan bersifat mendadak. Karena itu, dalam perencanaan kolom harus cermat dan dengan memberikan cadangan kekuatan yang lebih besar dibanding komponen lain.

Berdasarkan bentuk dan susunan tulangan, kolom dibedakan :

- a. kolom berpengikat sengkang, umumnya berupa kolom bujur sangkar atau segi empat
- b. kolom berpengikat spiral, umumnya pada kolom bundar
- c. kolom komposit, terdiri dari baja profil struktural yang dibungkus beton (Aboe, 2000)

Dari berbagai penelitian, diperoleh bahwa kolom berspiral ternyata lebih tangguh dari kolom bersengkang, karena itu SK-SNI memberikan faktor reduksi :

- a. kolom berpengikat spiral : $\emptyset = 0,70$
- b. kolom berpengikat sengkang : $\emptyset = 0,65$

Dalam penelitian yang dilakukan, ternyata jenis kolom yang dipakai pada struktur bangunan adalah kolom pendek berpengikat sengkang.

SK-SNI memberikan persyaratan tulangan kolom :

- a. Pembatasan tulangan untuk balok agar berlaku daktail dapat dilakukan dengan mudah. Tetapi untuk kolom agak sukar karena beban aksial lebih dominan, sehingga keruntuhan tekan sulit dihindari. Jumlah luas tulangan pokok memanjang kolom dibatasi dengan rasio tulangan : $0,01 < \rho_g < 0,08$ namun disarankan tidak lebih dari 4 %, agar penulangan tidak menjadi berdesakan terutama pada pertemuan balok kolom.
- b. Jumlah batang tulangan pokok memanjang / longitudinal minimal 4 batang untuk kolom berpengikat sengkang
- c. Jarak bersih antara tulangan memanjang :
 - 1) berpengikat sengkang $> 1,5 d_b$ atau 40 mm
 - 2) pada kolom berpengikat sengkang, bila jarak bersih tulangan memanjang > 150 mm harus dipasang kait pengikat.
- d. Pengikat sengkang ;
 - 1) menggunakan batang $> D10$ untuk kolom yang menggunakan tulangan pokok $< D32$, batang $> D12$ tetapi $< D16$ untuk tulangan pokok $> D32$
 - 2) spasi sengkang (pkp) :

< 16 Ø tulangan longitudinal

< 48 Ø sengkang

< ukuran terkecil (b : lebar) kolom

3) tebal penutup beton minimal 40 mm

Seperti pada balok, asumsi yang diambil pada kolom adalah :

- a. distribusi regangan linier di seluruh tebal kolom
- b. rekatan antara tulangan dan beton sempurna, tidak terjadi slip
- c. regangan hancur beton $\epsilon_c' = 0,003$
- d. beton tarik diabaikan

(Aboe, 2000)

Rumus yang digunakan dalam perhitungan perencanaan tulangan kolom dengan kapasitas beban sentris maksimum adalah fungsi linear yang diperoleh dengan menambahkan kontribusi beton, yaitu $(A_g - A_{st}) 0,85 f_c'$ dan baja $A_{st} f_y$.

$$P_o = 0,85 f_c' (A_g - A_{st}) + A_{st} f_y$$

dimana,

P_o = kapasitas beban sentris maksimum

f_c' = mutu beton

A_g = luas bruto total penampang beton

A_{st} = luas total tulangan baja

f_y = mutu baja

$$A_{st} = A_s + A's$$

dimana,

A_s = luas tulangan tarik baja

$A's$ = luas tulangan tekan baja

$$A_g = A_{st} \cdot \rho_g$$

(Aboe,2000)

3.5 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

3.5.1 Definisi

Menurut John W. Niron dalam bukunya Pedoman Praktis Anggaran dan Borongan (Rencana Anggaran Biaya Bangunan), 1990, definisi Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah sebagai berikut :

Rencana : himpunan planning termasuk detail atau penjelasan dan tata cara pelaksanaan pembuatan sebuah bangunan.

Anggaran : perkiraan atau perhitungan biaya suatu bangunan berdasarkan bestek dan gambar bestek.

Biaya : jenis / besarnya pengeluaran yang ada hubungannya dengan borongan yang tercantum dalam persyaratan yang terlampir.

Sedangkan menurut Sugeng Djojowiriono, 1991, Rencana Anggaran Biaya merupakan perkiraan /perhitungan biaya yang diperlukan untuk tiap item

pekerjaan dalam suatu proyek konstruksi sehingga akan diperoleh biaya total yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu proyek.

Berdasarkan beberapa pendapat di atas, dapat didefinisikan bahwa Rencana Anggaran Biaya (RAB) adalah merencanakan suatu bangunan dalam bentuk faedah penggunaannya, beserta besar biaya yang diperlukan dan susunan – susunan dalam bidang administrasi maupun pelaksanaan kerja dalam bidang teknik.

Anggaran biaya suatu bangunan/proyek adalah perhitungan banyaknya biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan analisis, serta biaya-biaya lain yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan/proyek tersebut. Biaya adalah jumlah dari masing-masing hasil perkiraan volume dan harga satuan pekerjaan yang bersangkutan.

Anggaran biaya merupakan harga bangunan yang dihitung dengan teliti, cermat dan memenuhi syarat. Anggaran biaya pada bangunan yang sama akan berbeda-beda dimasing-masing daerah, disebabkan perbedaan harga bahan dan upah tenaga kerja. Penaksiran anggaran biaya adalah proses perhitungan volume pekerjaan, harga dari berbagai macam bahan dan pekerjaan yang akan terjadi pada suatu konstruksi.

3.5.2 Komponen-komponen Penyusun RAB

Biaya terdiri dari dua macam antara lain :

a. Biaya Langsung (*direct cost*)

Biaya langsung adalah biaya untuk segala sesuatu yang akan menjadi komponen permanen hasil akhir proyek (Iman Soeharto, 1995). Biaya langsung menurut P2SDM terdiri dari :

1). Kebutuhan material (unsur bahan)

Meliputi semua komponen pokok dan komponen penunjang dari material yang digunakan, mengingat kedua komponen tersebut akan berpengaruh cukup besar pada biaya.

2). Upah tenaga kerja (unsur upah)

Penetapan biaya tenaga kerja (upah satuan pekerjaan) merupakan komponen yang paling sulit dari analisa Rencana Anggaran Biaya konstruksi, khususnya ketika melakukan analisis teknis. Hal tersebut disebabkan oleh adanya berbagai kondisi yang mempengaruhi dan begitu menentukan terhadap tingkat produktifitas kelompok /individu.

3). Biaya peralatan (unsur upah/bahan)

Biaya peralatan diantaranya : pembelian dan sewa alat, mobilisasi dan demobilisasi, transportasi, memasang, membongkar juga pengoperasiannya selama konstruksi berlangsung.

b. Biaya Tak Langsung (*indirect cost*)

Biaya tak langsung adalah pengeluaran untuk manajemen, supervisi, dan pembayaran material serta jasa untuk pengadaan bagian proyek yang tidak akan menjadi instalansi/produk permanen, tetapi diperlukan dalam rangka proses pembangunan proyek (Iman Soeharto, 1995). Biaya tak langsung menurut P2SDM terdiri dari :

1). *Overhead cost* (biaya umum)

- Gaji pekerja tetap : kantor pusat dan kantor lapangan
- Perhitungan sewa kantor, telepon, dan sebagainya
- Akomodasi perjalanan
- Biaya dokumentasi
- Bunga bank, notaris dan sebagainya
- Biaya peralatan kecil dan habis pakai

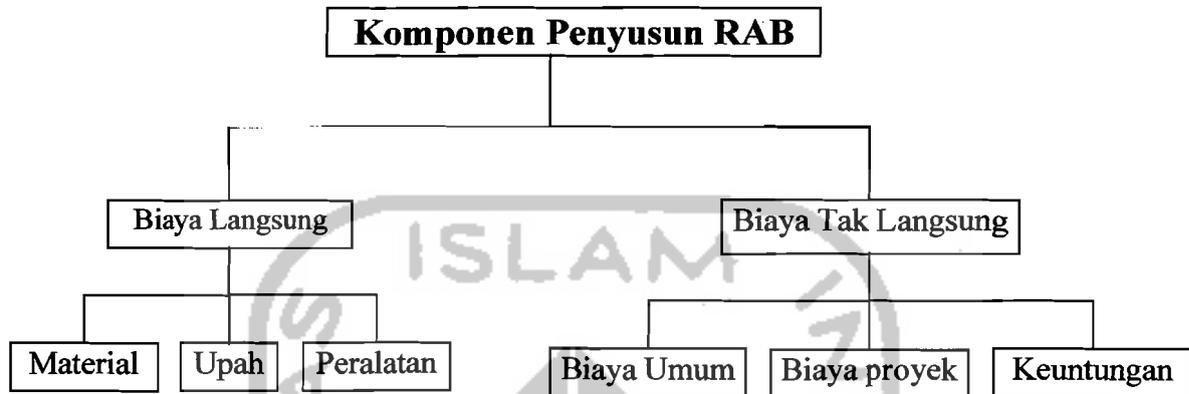
2). Biaya proyek

- Keamanan dan keselamatan kerja
- Biaya asuransi
- Pajak pertambahan nilai
- Surat ijin dan lokasi
- Inspeksi, pengujian dan pengetesan, dan sebagainya

3). *Profit* (keuntungan)

Keuntungan atau laba adalah suatu keadaan dimana biaya pendapatan proyek lebih besar daripada pengeluaran proyek, atau

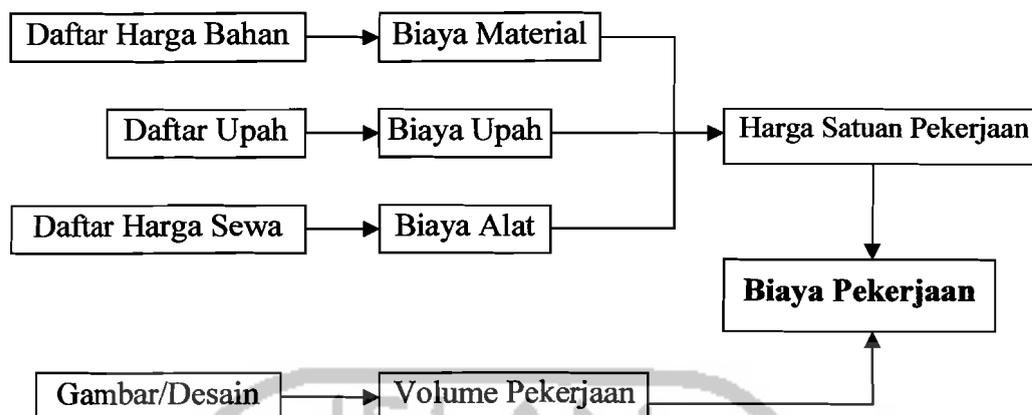
dengan kata lain biaya pada perencanaan proyek lebih besar daripada biaya pelaksanaannya.



Gambar 3.1 Bagan Komponen Penyusun RAB

3.5.3 Analisa Harga Satuan

Ada tiga istilah yang harus dibedakan dalam menyusun Rencana Anggaran Biaya, yaitu : Harga Satuan Bahan, Harga Satuan Upah, dan Harga Satuan Pekerjaan. Menurut Bachtiar Ibrahim dalam bukunya Rencana dan Estimate Real of Cost, 1991, bahwa harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Analisis adalah merupakan rumusan guna menetapkan harga dan upah masing-masing dalam bentuk satuan. Harga bahan didapat di pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan. Upah tenaga kerja didapatkan di lokasi, dikumpulkan dan dicatat dalam daftar yang dinamakan daftar harga satuan upah tenaga kerja.



Gambar 3.2 Bagan Perhitungan Biaya Pekerjaan

Bagan di atas merupakan gabungan pengertian Penyusun Rencana Anggaran Biaya (RAB) dari P2SDM dan Iman Soeharto. Bahwa dari daftar harga bahan dapat diperoleh biaya material, dari daftar upah dapat diperoleh biaya upah, sedangkan dari daftar harga sewa dapat diperoleh biaya alat. Penjumlahan dari biaya material, biaya upah dan biaya alat merupakan harga satuan pekerjaan.

Dari gambar/desain pada proyek dapat diperoleh volume pekerjaan. Untuk mengetahui biaya pekerjaan dapat dihitung dengan mengalikan harga satuan pekerjaan dengan volume pekerjaan.

3.5.4 Metode Perhitungan

Rencana Anggaran Biaya proyek gedung dapat dihitung dengan dua metode. Yaitu dengan metode BOW dan metode Non BOW (praktis). Untuk lebih jelasnya kedua metode tersebut dapat dijelaskan berikut ini.

Prinsip yang terdapat dalam metode BOW mencakup daftar indeks upah dan bahan yang telah ditetapkan. Keduanya menganalisa harga (biaya) yang diperlukan dalam membuat harga satuan pekerjaan. Komposisi, perbandingan dan susunan material serta tenaga kerja pada satu pekerjaan sudah ditetapkan, yang selanjutnya dikalikan dengan harga material dan upah yang berlaku saat itu.

Sedangkan analisa dengan metode Non BOW (praktis), untuk kebutuhan bahan/material sama dengan metode BOW akan tetapi nilai indeks bahan dicari berdasarkan gambar rencana dan kebutuhan upah mengacu pada harga borongan.

Pada penelitian ini, analisis harga satuannya menggunakan BOW yang meliputi indeks bahan/material, upah, dan alat yang sudah menjadi ketetapan dan ketentuan umum. Sedangkan harga bahan/material, upah, dan alat diperoleh dari proyek.

Sebelum menyusun dan menghitung harga satuan pekerjaan seseorang harus mampu menguasai cara pemakaian analisa BOW. BOW (*Burgerlijke Openbare Werken*) ialah suatu ketentuan dan ketetapan umum yang ditetapkan Dir. BOW tanggal 28 Februari 1921 No. 5372 A pada jaman pemerintahan Belanda.

Adapun, cara perhitungan biayanya adalah sebagai berikut :

- a. Menghitung total harga bahan dan upah, sesuai item pekerjaan kolom antara lain pembesian, bekisting dan adukan beton. Untuk kemudahan dalam menghitung, diperlukan data sesuai tabel berikut :

Tabel. 3.1 Kebutuhan Bahan Pada Pekerjaan Kolom

Pekerjaan Pembesian 1 m³ Beton :
100 kg Besi beton
2 kg Kawat bendrat
100 kg Bar Cutter
Pekerjaan Bekisting 1 m³ Beton :
0.43 m ³ Kayu Kruing
4 kg Paku
Pekerjaan Adukan 1 m³ Beton :
1.05 m ³ Ready Mix
1 m ³ Alat Bantu (Pompa)
1 m ³ Vibrator

- b. Menghitung total berat besi yang digunakan untuk mengetahui harga satuan beton.
- c. Menghitung total biaya kolom dengan cara mengalikan antara volume beton dan harga satuan beton.