

2 LANDASAN TEORI

2.1 Konstruksi Bangunan Gedung

Konstruksi berasal dari bahasa Inggris *Construction* yang berarti meletakkan unsur bersama-sama secara sistematis. Dengan perkataan lain adalah suatu bentuk bangun yang terdiri dari unsur-unsur dan tersusun secara sistematis. Maka dari itu tujuan dari konstruksi adalah menjaga keutuhan bentuk sehingga kuat dan atau tidak berubah bentuknya, serta fungsi dari konstruksi adalah menahan berbagai macam gaya yang menimpa pada bangunan agar tidak mempengaruhi strukturnya.

Bangunan gedung merupakan suatu sarana infrastruktur yang berfungsi sebagai tempat penunjang manusia dalam aktifitas kesehariannya. Pada suatu perencanaan konstruksi gedung terdiri atas struktur bawah (*lower structure*), dan struktur atas (*upper structure*). Struktur bawah (*lower structure*) merupakan komponen suatu bangunan yang berada dibawah permukaan seperti pondasi dan struktur bangunan lainnya yang ada dibawah. Sedangkan, struktur atas (*upper structure*) sendiri merupakan komponen suatu bangunan dimana berada diatas permukaan tanah seperti kolom, balok, palt, dan tangga.

Konstruksi bangunan gedung adalah ilmu tentang bagian-bagian bangunan dan cara mewujudkan menjadi satu bangunan yang utuh dan kokoh. Kontruksi bangunan gedung juga merupakan kesatuan dari beberapa elemen-elemen yang saling menunjang dan berkaitan agar terciptanya bangunan berupa gedung dengan fungsi masing-masing peruntukannya.

2.1.1 Pekerjaan Struktur

Struktur bangunan merupakan gabungan dari beberapa bagian yang ada dalam sebuah bangunan mulai dari pondasi, sloof, kolom, balok, kuda-kuda serta atap. Struktur bangunan berguna untuk mendukung elemen-elemen bangunan lainnya seperti elemen arsitektural serta elemen *Mechanical, Electrical, Plumbing* (MEP) sehingga menjadi suatu kesatuan.

Elemen struktur haruslah dirancang untuk memenuhi beberapa kriteria diantaranya adalah kuat, layak, dan ekonomis. Kuat dapat diartikan sebagai kemampuan elemen struktur bangunan dalam menahan beban-beban yang timbul selama masa layan sebuah bangunan. Layak dapat diartikan suatu elemen struktur harus memiliki lendutan atau simpangan yang masih dalam batas wajar agar penghuni struktur tidak merasa terancam bahaya. Sedangkan ekonomis berarti suatu elemen struktur harus dirancang dengan mempertimbangkan aspek ekonomis dalam perencanaannya tanpa menyampingkan aspek kekuatan dan kelayakan dari struktur itu sendiri.

Struktur bangunan dikategorikan menjadi beberapa macam berdasarkan jenisnya. Jenis-jenis struktur yang biasa digunakan dalam sebuah bangunan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Struktur Beton Bertulang

Struktur beton bertulang merupakan struktur bangunan yang digunakan mulai dari bangunan dengan tingkat struktur menengah hingga tinggi. Struktur ini banyak digunakan karena mudah dalam pelaksanaannya dan menjadi struktur bangunan paling umum digunakan.

2. Struktur Baja

Struktur baja biasa digunakan pada bangunan bertingkat karena memiliki kekuatan dan daktilitas tinggi bila dibandingkan dengan material struktur lainnya.

3. Struktur Komposit

Struktur komposit merupakan perpaduan dari jenis struktur yaitu struktur beton bertulang serta struktur baja. Struktur komposit ini biasa digunakan pada struktur bangunan menengah sampai tinggi.

2.1.2 Pekerjaan Arsitektur

Pekerjaan arsitektur, yang seringkali disebut sebagai pekerjaan finishing, merupakan bagian dari pekerjaan yang berlangsung pada proses produksi di proyek konstruksi. Terutama untuk proyek - proyek yang bersifat komersial, seperti: hotel, apartemen, mall, gedung kuliah dan sebagainya, maka pekerjaan arsitektur dapat dikatakan memegang peranan yang cukup penting karena karakteristik dari fungsi bangunan-nya sendiri yang sangat menonjolkan sisi arsitekturnya tetapi tetap menjaga kualitas strukturnya, Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, bahwa pekerjaan arsitektur dalam sebuah proyek konstruksi, umumnya merupakan pekerjaan - pekerjaan yang bersifat non struktural. Namun dalam pelaksanaannya dapat memakan waktu yang cukup panjang serta bobot biaya yang terbesar, terutama untuk fungsi - fungsi bangunan komersial, yang sangat menonjolkan kenyamanan dan kemewahan interior-nya, seperti: hotel, apartemen, mall, dan sebagainya. Pekerjaan arsitektur/finishing pada gedung bertingkat dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Pekerjaan kulit luar
2. Pekerjaan lantai
3. Pekerjaan plafond
4. Pekerjaan pasangan dinding dalam / partisi
5. Pekerjaan pintu & jendela
6. Pekerjaan khusus lainnya

Item-item pekerjaan diatas, terbagi lagi menjadi sub-sub pekerjaan, yang mana jenisnya, antara lain tergantung dari desain arsitektur, metode konstruksi maupun spesifikasi yang digunakan. Sistematis pelaksanaan pekerjaan arsitektur/finishing dilaksanakan setelah pekerjaan struktur selesai dan saling berkaitan diantaranya, dimana terlihat bahwa pada pekerjaan arsitektur, juga perlu dilakukan beberapa tahapan pelaksanaan dan pengawasan yang ketat, karena perlu dimengerti bahwa pekerjaan ini bukan merupakan penutup kekurangan dari pekerjaan struktur sebelumnya.

Kualitas pekerjaan struktur berpengaruh terhadap pekerjaan arsitektur. Secara hirarki, pekerjaan arsitektur dikerjakan setelah tahapan pekerjaan struktur selesai, namun dalam pelaksanaannya di lapangan, dapat dikerjakan secara fast track, serta seringkali terdapat beberapa item pekerjaan arsitektur yang dilaksanakan bersamaan dengan pekerjaan MEP, seperti pada pekerjaan plafond, dinding pengisi, partisi, lantai, dan lain - lain. Pekerjaan arsitektur dalam pelaksanaannya mengacu pada gambar kerja arsitektur yang dibuat oleh konsultan arsitek. Dalam pengerjaannya tidak jarang terjadi perubahan - perubahan dengan berbagai alasan.

Karenanya dibutuhkan kerjasama antara kontraktor dan perancang / arsitek dalam pelaksanaannya.

2.2 Kontrak Konstruksi

Kontrak dalam dunia konstruksi tercantum dalam Undang-Undang Jasa Konstruksi (UUJK) No. 2 Tahun 2017 Pasal 1 ayat (8), “ Kontrak Kerja Konstruksi merupakan keseluruhan dokumen kontrak yang mengatur hubungan hukum antara Pengguna Jasa dan Penyedia Jasa dalam penyelenggaraan Jasa Konstruksi”.

Kontrak Kerja Konstruksi paling sedikit harus mencakup uraian mengenai:

1. Para pihak, memuat secara jelas identitas para pihak.
2. Rumusan pekerjaan, memuat uraian yang jelas dan rinci tentang lingkup kerja, nilai pekerjaan, harga satuan, lumpsum, dan Batasan waktu pelaksanaan.
3. Masa pertanggung, memuat tentang jangka waktu pelaksanaan dan pemeliharaan yang menjadi tanggung jawab Penyedia Jasa.
4. Hak dan kewajiban yang setara, memuat hak Pengguna Jasa untuk memperoleh hasil Jasa Konstruksi dan kewajibannya untuk memenuhi ketentuan yang diperjanjikan, serta hak Penyedia Jasa untuk memperoleh informasi dan imbalan jasa serta kewajibannya melaksanakan layanan Jasa Konstruksi.
5. Penggunaan tenaga kerja konstruksi, memuat kewajiban mempekerjakan tenaga kerja konstruksi bersertifikat.
6. Cara pembayaran, memuat ketentuan tentang kewajiban Pengguna Jasa dalam melakukan pembayaran hasil layanan Jasa Konstruksi, termasuk di dalamnya jaminan atas pembayaran.

7. Wanprestasi, memuat ketentuan tentang tanggung jawab dalam hal salah satu pihak tidak melaksanakan kewajiban sebagaimana diperjanjikan.
8. Penyelesaian perselisihan, memuat ketentuan tentang tata cara penyelesaian perselisihan akibat ketidaksepakatan.
9. Pemutusan Kontrak Kerja Konstruksi, memuat ketentuan tentang pemutusan Kontrak Kerja Konstruksi yang timbul akibat tidak dapat dipenuhinya kewajiban salah satu pihak.
10. Keadaan memaksa, memuat ketentuan tentang kejadian yang timbul di luar kemauan dan kemampuan para pihak yang menimbulkan kerugian bagi salah satu pihak.
11. Kegagalan Bangunan, memuat ketentuan tentang kewajiban Penyedia Jasa dan/atau Pengguna Jasa atas Kegagalan Bangunan dan jangka waktu pertanggungjawaban Kegagalan Bangunan.
12. Pelindungan pekerja, memuat ketentuan tentang kewajiban para pihak dalam pelaksanaan keselamatan dan kesehatan kerja serta jaminan sosial.
13. Perlindungan terhadap pihak ketiga selain para pihak dan pekerja, memuat kewajiban para pihak dalam hal terjadi suatu peristiwa yang menimbulkan kerugian atau menyebabkan kecelakaan dan/atau kematian.
14. Aspek lingkungan, memuat kewajiban para pihak dalam pemenuhan ketentuan tentang lingkungan.
15. Jaminan atas risiko yang timbul dan tanggung jawab hukum kepada pihak lain dalam pelaksanaan Pekerjaan Konstruksi atau akibat dari Kegagalan Bangunan.

16. Pilihan penyelesaian sengketa konstruksi.

2.2.1 Perubahan Kontrak Konstruksi

(Maulana, 2016) terjadinya perubahan kontrak merupakan hal yang umum terjadi dalam pelaksanaan proyek konstruksi. Hal ini dapat disebabkan oleh banyak faktor yang mempengaruhi pelaksanaan pekerjaan konstruksi itu sendiri. Meminimalisir kemungkinan terhadap pihak-pihak dalam proyek harus mengetahui macam-macam istilah perubahan dalam proyek konstruksi, terdapat tiga istilah yang sering digunakan, yaitu :

1. Adendum dan Amandemen

Dilihat dari artinya, adendum adalah lampiran, suplemen, tambahan. Pendapat lain menyatakan jika pada saat kontrak berlangsung ternyata terdapat hal-hal yang belum cukup diatur dalam kontrak tersebut, dapat dilakukan musyawarah untuk suatu mufakat akan hal yang belum diatur tersebut. Untuk itu ketentuan atau hal-hal yang belum diatur tersebut harus dituangkan dalam bentuk tertulis sama seperti kontrak yang telah dibuat. Pengaturan ini umum disebut dengan adendum atau amandemen. Dalam perkembangannya, istilah yang umum digunakan dalam kontrak konstruksi di Indonesia adalah adendum, seperti yang disebut dalam Permen PU No: 07/PRT/M/2011 Tentang Standar Dan Pedoman Pengadaan Pekerjaan Konstruksi Dan Jasa Konsultasi, Pasal 34 ayat (1).

2. *Contract Change Order (CCO)*

Pelaksanaan kontrak pengadaan barang/jasa dalam hal ini pekerjaan fisik kadangkala sering mengalami pekerjaan tambah/kurang bisa dikarenakan

mengubah spesifikasi teknis pekerjaan sesuai dengan kebutuhan dan kondisi di lapangan, hal tersebut dinamakan *Contract Change Order (CCO)*. CCO adalah permintaan perubahan kontrak yang nantinya digunakan sebagai kuasa untuk mengubah ruang lingkup pekerjaan. Di dalam pelaksanaan proyek CCO didefinisikan sebagai perubahan secara tertulis antara Pejabat Pembuat Komitmen (PPK) dan Penyedia/Rekanan/Kontraktor untuk mengubah kondisi dokumen kontrak awal, dengan menambah atau mengurangi pekerjaan.

3. *Variation Order*

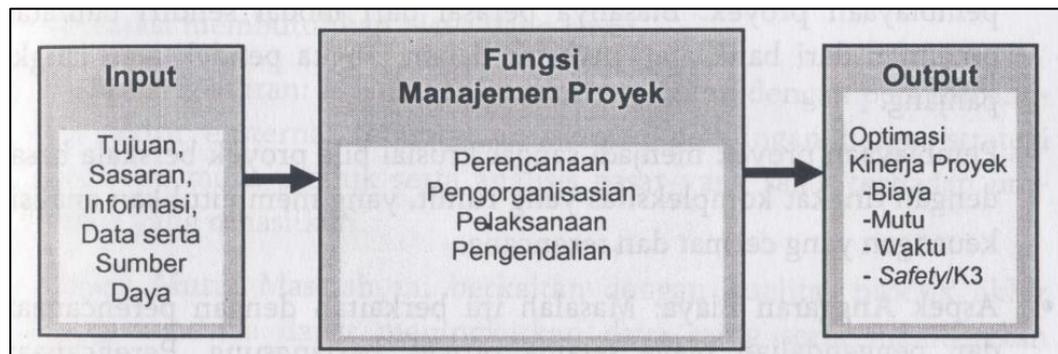
Variation order merupakan hal yang sering terjadi dalam pelaksanaan proyek konstruksi gedung maupun sipil. *Variation order* ini merupakan bentuk penyempurnaan desain yang sudah ada di dalam sebuah kontrak pekerjaan. Secara singkat *variation order* dapat didefinisikan sebagai modifikasi dari original kontrak (Schaulfelbeger & Holm, 2002). Menurut Fisk (2006) *variation order* merupakan suatu kesepakatan antara pemilik dan kontraktor untuk menegaskan adanya perubahan-perubahan rencana dan jumlah kompensasi biaya kepada kontraktor yang terjadi pada saat pelaksanaan konstruksi, setelah penandatanganan kerja antara pemilik dan kontraktor.

2.3 Manajemen Proyek

Manajemen secara garis besar memiliki arti sebagai proses dalam merencanakan, memimpin, mengorganisir serta mengendalikan sumber daya untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan. Sedangkan proyek adalah kegiatan yang terkoordinasi dan terkontrol yang memiliki waktu mulai dan selesai, untuk

mencapai tujuan dengan spesifikasi tertentu dengan kendala waktu, biaya dan sumber daya. Sehingga manajemen proyek dapat diartikan sebagai kegiatan merencanakan, mengawasi dan mengontrol sebuah proyek dan segala aspek yang terlibat di dalamnya dengan maksud mencapai waktu, biaya dan mutu yang telah disepakati sebagai tujuan proyek.

Manajemen proyek merupakan penerapan dari ilmu pengetahuan, keahlian dan keterampilan, metode teknis yang terbaik dengan sumber daya yang terbatas untuk mencapai sasaran dan hasil yang telah ditentukan sehingga mendapatkan hasil yang optimal dalam kinerja biaya, mutu dan waktu serta keselamatan kerja. Adapun proses manajemen proyek yang disajikan pada Gambar 2.1 (Husen, 2011).

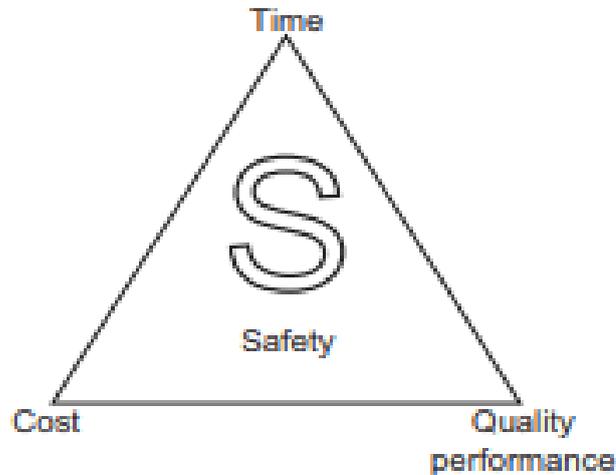


Gambar 2. 1 Proses Manajemen Proyek

Kegiatan suatu proyek harus memenuhi 3 (tiga) kriteria fundamental, yaitu:

1. Proyek harus selesai tepat waktu.
2. Proyek harus selesai dengan *budget* tertentu.
3. Proyek harus memenuhi persyaratan kualitas yang ditentukan.

Ketiga kriteria ini dapat digambarkan sebagai sebuah segitiga yang dikenal sebagai *triple constraints* yang digambarkan dalam *Project Triangle* yang dapat dilihat pada Gambar 2.2 (Lester, 2017):



Gambar 2. 2 *Project Triangle*

Soeharto (1999) menjelaskan bahwa sebuah proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran yang telah ditentukan, diselesaikan dalam kurun waktu dan tanggal akhir yang telah ditentukan serta memiliki hasil memenuhi spesifikasi dan kriteria yang telah ditentukan. Kinerja proyek dapat dilihat dari indikator kinerja proyek tersebut terhadap biaya, mutu dan waktu.

2.4 Estimasi Biaya Proyek

The Association for Total Cost Management dalam Westney (1997) mendefinisikan estimasi sebagai kegiatan mengevaluasi segala kebutuhan biaya pada setiap elemen dalam sebuah proyek. Estimasi adalah kegiatan penaksiran yang didasarkan oleh fakta dan asumsi dari sebuah proyek. Beberapa faktor yang mempengaruhi hasil dari sebuah proses estimasi biaya diantaranya adalah waktu yang dialokasikan untuk persiapan estimasi, prespektif dari penyusun estimasi (kontraktor, perencana atau *owner*), kemampuan dari estimator, teknik estimasi yang digunakan serta akurasi biaya yang diinginkan (Westney, 1997).

Estimasi biaya proyek adalah salah satu tahap yang penting dalam manajemen proyek dikarenakan akan menjadi acuan pada tahapan *cost control* proyek. Jika estimasi biaya terlalu rendah, kontraktor dapat mengalami kerugian pada saat pelaksanaan pekerjaan, jika estimasi biaya terlalu tinggi, kontraktor juga dapat kehilangan kontrak karna dianggap *overprice* (Lester, 2017).

Tahap estimasi biaya proyek, *Quantity surveyor* akan melakukan perhitungan biaya terhadap sebuah bangunan atau struktur dengan mengukur gambar perencanaan serta melakukan perhitungan biaya pada tiap satuan elemen seperti kolom, balok, tembok dan sebagainya yang dikenal dengan *bill of quantity*. *BoQ* yang diproduksi oleh kontraktor pada tahap awal perencanaan biasanya belum termasuk biaya pekerja, biaya *overhead* dan profit (Lester, 2017). Tujuan dari estimasi biaya proyek menurut Westney (1997) adalah sebagai berikut:

1. Menyediakan taksiran biaya modal pada pekerjaan tertentu.
2. Menjadi dasar dalam merencanakan dan mengontrol pada sebuah lingkup pekerjaan dan estimasi biaya pekerjaan tersebut.
3. Menyediakan informasi dasar yang dibutuhkan untuk perencanaan jadwal, pekerja, kebutuhan material serta alat.
4. Menyediakan kebutuhan finansial yang dibutuhkan untuk pembuatan kurva *cash flow*.
5. Menjadi “katalisator” dalam diskusi dan pengonsepan ide pada tahap perencanaan awal proyek.

2.4.1 Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya atau yang sering kita sebut RAB pada sebuah proyek merupakan proses perhitungan banyaknya biaya yang dibutuhkan untuk biaya bahan, upah serta biaya-biaya tidak langsung yang berkaitan dengan pelaksanaan proyek yang dihitung secara teliti, cermat dan sesuai dengan persyaratan (Ibrahim, 1993 dalam Hudaini, 2021). Perhitungan RAB secara garis besar dilakukan dengan mengalikan volume dengan harga satuan pekerjaan. Harga satuan pekerjaan merupakan hasil dari analisis yang disebut Analisis Harga Satuan Pekerjaan atau disingkat AHSP.

Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) menurut Permen PUPR No. 1 Tahun 2022 adalah perhitungan kebutuhan biaya tenaga kerja, bahan serta peralatan dengan tujuan untuk mendapat harga satuan untuk suatu jenis pekerjaan tertentu. Harga satuan pekerjaan yang didapat dari hasil perhitungan AHSP terdiri dari biaya langsung dan biaya tidak langsung. Biaya langsung merupakan biaya yang terdiri dari tenaga kerja, bahan dan peralatan sedangkan biaya tidak langsung terdiri dari biaya umum dan biaya keuntungan yang terdiri dari 10% hingga 15% dari biaya langsung.

2.4.2 Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan merupakan besaran satuan volume pekerjaan sesuai dengan setiap item pekerjaan. Volume pekerjaan berfungsi untuk memperoleh besarnya biaya yang diperlukan untuk melaksanakan pekerjaan ini. Agar menghasilkan perhitungan volume benar, estimator harus mengerti dan memahami gambar desain yang definitif.

Perhitungan volume pekerjaan perencanaan air baku secara umum dapat digolongkan sebagai berikut :

1. Pekerjaan dalam satuan *lump sum*, sebagai contoh :
 - a. Uitset dan pengukuran
 - b. Mobilisasi dan demobilisasi
 - c. Administrasi dan dokumentasi
 - d. Air dan listrik kerja
 - e. Dan lain sebagainya.
2. Pekerjaan dalam satuan panjang, sebagai contoh :
 - a. Pagar proyek
 - b. Pemasangan pipa
 - c. Tali Air
 - d. Plint Lantai
 - e. List Gypsum
 - f. Dan lain sebagainya
3. Pekerjaan dalam satuan luas, sebagai contoh :
 - a. Pekerjaan bekisting
 - b. Pasangan bata
 - c. Plesteran
 - d. Pasangan keramik
 - e. Dan lain sebagainya
4. Pekerjaan dalam satuan volume, sebagai contoh :
 - a. Galian tanah.

- b. Urugan tanah.
 - c. Urugan batu/krikil
 - d. Pasir urug.
 - e. Pondasi Footplate
 - f. Pasangan batu kali
 - g. Pekerjaan beton
 - h. Dan lain sebagainya
5. Pekerjaan dalam satuan buah, sebagai contoh :
- a. Pengadaan pompa
 - b. Sambungan pipa / accessories
 - c. Bak kontrol
 - d. Dan lain sebagainya

2.5 Penjadwalan Proyek

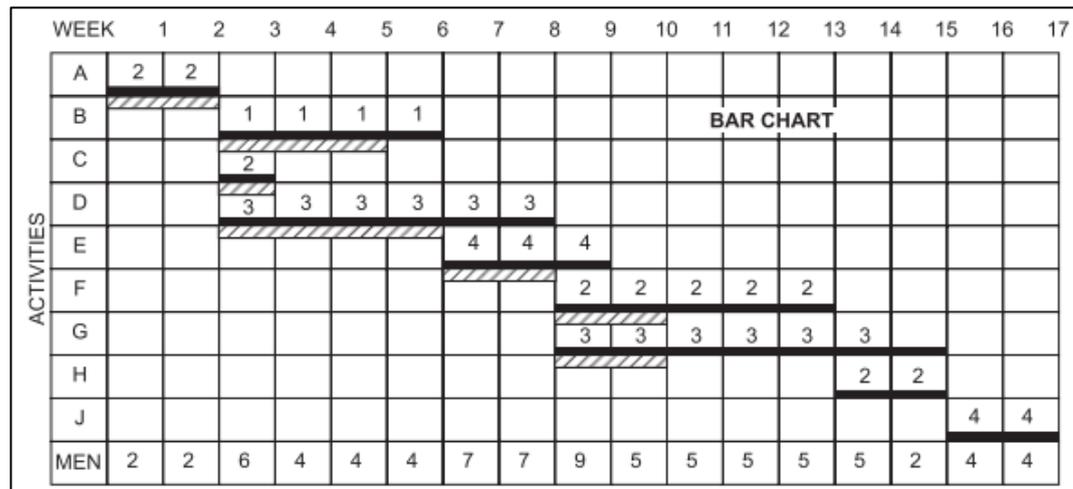
Penjadwalan proyek adalah sebuah bentuk penggambaran dari suatu diagram waktu untuk tiap item pekerjaan yang menentukan kapan suatu aktivitas dimulai, ditunda dan diakhiri sehingga pemakaian sumber daya dapat disesuaikan dengan waktu dan menurut kebutuhan yang telah ditentukan.

Teknik penjadwalan untuk proyek konstruksi dapat dilakukan menggunakan *Building Information Modeling* (BIM), diagram balok (*Bar Chart*), diagram jaringan (*Network*). Dari segi penyusunan jadwal, diagram jaringan kerja dipandang sebagai langkah penyempurnaan metode diagram balok.

2.5.1 Bar Chart / Bagan Balok

Metode *bar chart* merupakan sebuah metode yang dikembangkan pada abad 20 dan biasa dikenal juga dengan nama *Gantt Chart* .(Lester, 2017). Penyajian dari metode ini dibuat dalam bentuk balok dimana panjang balok merupakan representasi dari durasi sebuah item pekerjaan. Kelebihan dari bagan balok adalah formatnya yang informatif, mudah dibaca serta efektif untuk komunikasi (Husen, 2011).

Bagan balok terdiri dari sumbu y yang merupakan representasi dari kegiatan dan sumbu x yang menyatakan satuan waktu dalam satuan hari, minggu atau satuan durasi lainnya yang telah ditentukan. Sebuah kegiatan atau item pekerjaan pada bagan balok digambarkan dengan bentuk balok lurus horizontal. Panjang balok pada tiap kegiatan proporsional dengan durasi, waktu mulai serta waktu selesai kegiatan tersebut. Dengan adanya visualisasi secara grafis untuk tiap pekerjaan, maka dapat dilihat pula secara garis besar pekerjaan apa saja yang perlu dilakukan dalam sebuah proyek (Lester, 2017). Contoh bagan balok dapat dilihat pada Gambar 2.4 *Bar Chart* (Lester, 2017):



Gambar 2. 3 Bar Chart

Husen (2011) menjelaskan, bahwa penyajian informasi dengan *bar chart* dapat dikatakan terbatas mengingat tidak adanya informasi mengenai hubungan antar kegiatan serta tidak adanya lintasan kritis. Dalam penyajiannya, bagan balok seringkali dikombinasikan dengan Kurva-S.

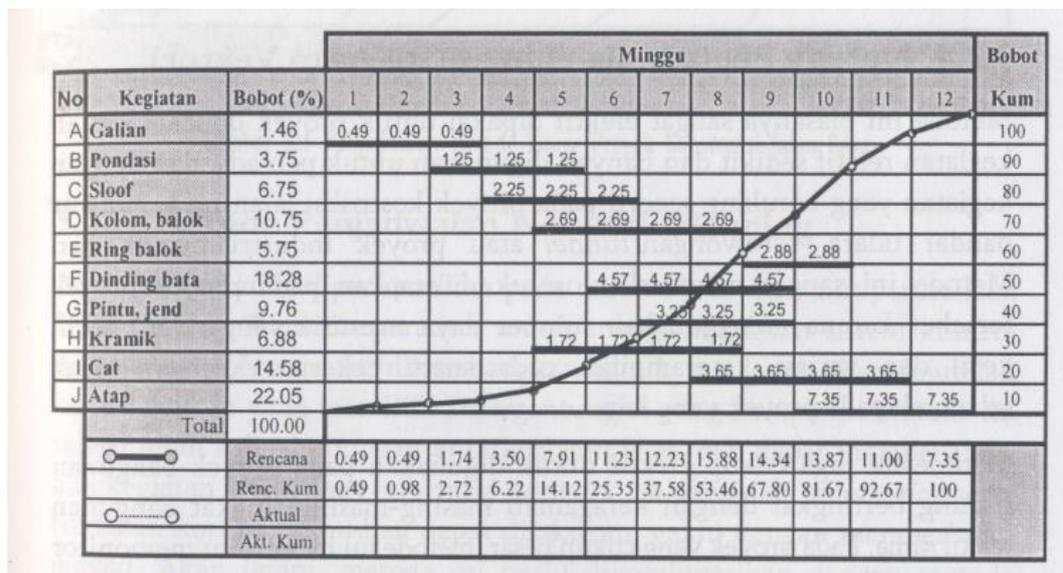
2.5.2 Kurva – S

Kurva-S merupakan sebuah grafik yang menggambarkan kemajuan proyek mulai dari awal hingga akhir berdasarkan kegiatan, waktu serta bobot yang direpresentasikan sebagai persentase kumulatif dari kegiatan proyek secara keseluruhan (Husen, 2011). Visualisasi yang ada pada kurva-s menggambarkan informasi mengenai realisasi kemajuan proyek dan perbandingannya terhadap kemajuan rencana, dimana dapat dijadikan sumber informasi mengenai apakah sebuah proyek terlambat atau lebih cepat dari jadwal rencananya.

Kurva-S dibuat dengan membuat presentase kumulatif bobot pada masing-masing item pekerjaan pada sumbu vertikal dan waktu atau durasi kegiatan tersebut pada sumbu horizontal, sehingga saat diplot grafik akan membentk kurva berbentuk

huruf S. Bentuk ini terjadi karena volume pekerjaan yang perlu dikerjakan pada awal proyek biasanya sedikit sehingga kurva naik dengan landai, lalu saat pertengahan proyek volume pekerjaan akan meningkat dan kembali menjadi sedikit saat akhir masa pengerjaan proyek sehingga kurvanya kembali melandai (Husen, 2011).

Persentase bobot sebuah item pekerjaan dapat dilakukan dengan menghitung persentase biaya item tersebut lalu membandingkannya dengan persentase total proyek. Contoh kurva-S yang dikombinasikan dengan *ganttt chart* bisa dilihat pada Gambar 2.5 Kurva-S (Husen, 2011):



Gambar 2. 4 Contoh Kurva-S

2.6 Building Information Modeling

Building Information Modeling atau yang bias kita kenal dengan istilah BIM, merupakan salah satu teknologi di bidang AEC (*Arsitektur, Engineering, dan Construction*) yang mampu mensimulasikan seluruh informasi di dalam proyek pembangunan ke dalam 3D, 4D, 5D, 6D, 7D. BIM ini menghasilkan dan mengelola

data suatu bangunan selama siklus hidupnya. Proses produksi BIM meliputi geometri bangunan, hubungan ruang, informasi geografis, serta kuantitas dan kualitas komponen bangunan.

BIM dapat digunakan untuk menunjukkan segala siklus hidup bangunan seperti proses konstruksi dan operasi fasilitas. Kuantitas dan kualitas dari suatu material dapat digali dengan mudah. Lingkup kerja dapat dibagi, dipisahkan dan ditentukan. Konsep BIM menggambarkan konstruksi secara virtual sebelum konstruksi fisik yang sebenarnya, untuk mengurangi ketidakpastian, meningkatkan keselamatan, menyelesaikan masalah dan menganalisa keadaan. BIM juga dapat mencegah kesalahan dengan memungkinkan konflik atau benturan deteksi dimana model komputer visual memberikan gambaran kepada tim dimana bagian – bagian dari bangunan.

2.6.1 Dimensi

Pemodelan BIM tidak hanya merepresentasikan 2D dan 3D saja, namun selain 3D, keluarannya dapat diperoleh 4D, 5D, 6D dan bahkan sampai 7D. 3D berbasis obyek pemodelan parametric, 4D adalah urutan dan penjadwalan material, pekerja, luasan area, waktu, dan lain-lain, 5D termasuk estimasi biaya dan part-lists, dan 6D mempertimbangkan dampak lingkungan termasuk analisis energi dan deteksi konflik, serta 7D untuk fasilitas manajemen. Prinsip Dasar Sistem Teknologi BIM dan Implementasinya di Indonesia.

1. Desain 3D

Memperlihatkan kondisi eksisting serta memvisualisasikan keluaran proyek konstruksi.

2. 4D (*Time/Scheduling*):

Model 4D dihasilkan dengan kemampuan memvisualisasikan urutan konstruksi, yaitu integrasi fase konstruksi proyek dan urutan ke model tiga dimensi. Dapat mengandung berbagai tingkat rincian untuk digunakan dalam berbagai fase konstruksi oleh pemilik, subkontraktor, dan lainnya. Prinsip Dasar Sistem Teknologi BIM dan Implementasinya di Indonesia

3. 5D (*Estimasi Biaya*):

Dengan menambahkan biaya proyek terhadap model, BIM dapat mencetak *Quantity Take Off* (QTO) dan biaya estimasi termasuk menyusun hubungan antara kuantitas, biaya dan lokasi.

4. 6D (*Sustainability, Collision Detection dan Energy Analysis*)

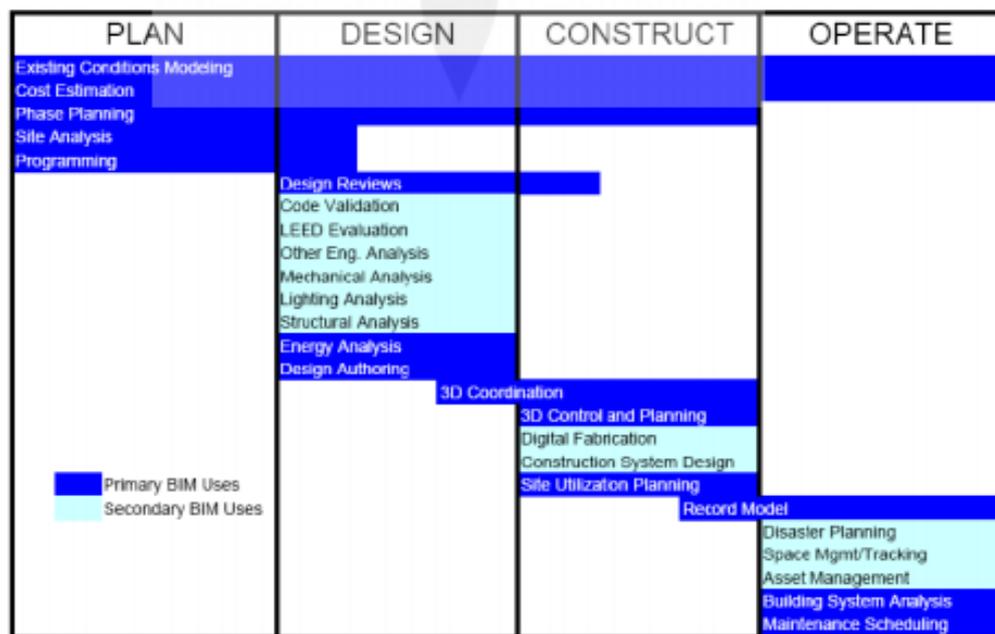
Menguji model untuk menemukan konflik tata ruang. Dalam kasus apapun, pemberitahuan otomatis akan terlihat. Selain itu dengan kemampuan analisis energi, BIM akan memberikan pengguna dengan rinci pemodelan energi akurat. Prinsip Dasar Sistem Teknologi BIM dan Implementasinya di Indonesia.

5. 7D (*Facility Management Application*)

Digunakan oleh manajer dalam operasi dan pemeliharaan fasilitas sepanjang siklus hidupnya. Memungkinkan user untuk mengekstrak dan melacak data seperti status komponen, spesifikasi, pemeliharaan / manual operasi, data garansi dan lainnya sehingga penggantian lebih mudah dan lebih cepat. Tersedia pula proses untuk mengelola data supplier subkontraktor / dan komponen fasilitas melalui seluruh siklus hidup fasilitas.

2.6.2 Penggunaan BIM dalam Manajemen Konstruksi

BIM memiliki banyak kegunaan bagi setiap proyek, adapun kegunaan tersebut bisa dilihat pada Gambar 2.3 Penggunaan *Building Information Modeling* (Hergunsel, 2011):



Gambar 2. 5 Penggunaan Building Information Modeling

BIM dapat mendukung dan meningkatkan praktik bisnis industri *Architect Engineer and Construction* (AEC). Menurut (Isikdag & Underwood, 2010) BIM sangat bermanfaat dalam bidang konstruksi salah satunya saat tahapan desain. Manfaat BIM saat mendesain yaitu:

1. Visualisasi desain yang lebih akurat
2. Tingkat koreksi tinggi ketika membuat perubahan desain
3. Menghasilkan gambar 2D yang akurat dan konsisten di setiap tahap desain
4. Memperkirakan biaya selama tahap desain
5. Meningkatkan efisiensi energi dan keberlanjutan.

2.6.3 Software BIM

Software BIM yang bisa kita gunakan untuk penunjang proyek, berikut tabel *software* BIM dan fungsi utama yang mencakup MEP, *structural*, *architectural* dan *software* 3D (Hergunsel, 2011)

Tabel 1. 1.1 Jenis *Software Building Information Modeling*

Nama Produk	Pabrik	Fungsi Utama
Cubicost TAS	Glodon	<i>Take-off Architecture and Structure</i>
Cubicost TRB	Glodon	<i>Take-off reinforcement Bar</i>
Cubocost TME	Glodon	<i>Take-off Mechanical and Electrical</i>
Cubicost TBQ	Glodon	<i>Take-off Bill of Quantities</i>
Cadpipe HVAC	AEC Design Group	<i>3D HVAC Modeling</i>
Revit Architecture	Autodesk	<i>3D Architectural Modeling and Parametic Design</i>
AutoCAD Architure	Autodesk	<i>3D Architectural Modeling and parametric design</i>
Revit Structure	Autodesk	<i>3D Architectural Modeling and parametric design</i>
Revit MEP	Autodesk	<i>3D Detailed MEP Modeling</i>
AutoCAD MEP	Autodesk	<i>3D MEP Modeling</i>
AutoCAD Civil 3D	Autodesk	<i>Site Development</i>
Tekla Structures	Tekla	<i>3D Detailed MEP Modeling</i>
PowerCivil	Bentley Systems	<i>Site Developmen</i>
Site Design, Site Planning	Eagle Point	<i>Site Developmen</i>

2.6.4 Cubicost

Cubicost adalah rangkaian aplikasi atau perangkat lunak terkini yang diproduksi oleh *Glodon Costing Solution* untuk pasar internasional. Perangkat lunak ini khusus untuk membantu perhitungan *quantity take off* dan juga *pricing*. Cubicost berasal dari dua kata, yaitu “*cube/ kubus*” dan “*cost/ biaya*”. Kubus mencerminkan bahwa produk ini menerapkan *Building Information Modeling* (BIM) sebagai teknologi inti, sedangkan ‘Biaya’ menunjukkan peran dari perangkat lunak ini yaitu memberikan solusi pada perhitungan pembiayaan

Cubicost ini sangat berguna untuk bagian *QS Engineer* dan *Estimator*, karena dengan memanfaatkan perangkat lunak ini dapat menghasilkan ketepatan perhitungan yang akurat. *Glodon Costing Solution* dalam membantu bidang tersebut, menyediakan Cubicost terdiri dari empat series, dengan setiap seriesnya memiliki fokus fungsi masing-masingnya dalam membantu perhitungan *quantity* dan menghitung pembiayaan konstruksi. Berikut ini merupakan jenis serial Cubicost yang disediakan oleh *Glodon Costing Solution* :

1. Cubicost *Take-off Architecture and Structure* (TAS), digunakan khusus untuk *take-off quantity* pada elemen arsitektur, struktur serta finishingnya.
2. Cubicost *Take-off reinforcement Bar* (TRB), digunakan khusus untuk *take-off quantity* pada elemen pembersian dengan detail dan akurat.
3. Cubicost *Take-off Mechanical & Electrical* (TME), digunakan khusus untuk membantu *take-off quantity* mekanikal, termasuk pada elemen elektrikal dan plumbing-nya.

4. *Cubicost Take-off Bill of Quantities (TBQ)*, digunakan khusus dalam pembuatan *Bill of Quantity* dan pembiayaan pada konstruksi.

Semua produk *Cubicost* diatas berfokus pada kebutuhan bisnis survei kuantitas yang berbeda. Semuanya secara bersama-sama bisa mencakup persyaratan umum dalam bisnis estimasi biaya konstruksi. Hasilnya, estimasi biaya pun lebih efisien, akurat, dan professional. Cara ini lebih efektif dibanding memakai metode tradisional.

2.6.5 *Quantity Take off* BIM

Quantity Take off adalah salah satu pekerjaan dasar yang dibutuhkan dalam manajemen konstruksi seperti perkiraan biaya dan penjadwalan dimana keakuratannya dapat mempengaruhi analisis secara keseluruhan. Proses *quantity take off* dengan cara tradisional dilakukan dengan menghitung manual semua jumlah elemen dari gambar 2D dan 3D yang tersedia dan diinput datanya ke software spreadsheet seperti Microsoft Excel sehingga sangat rawan sekali terjadi kesalahan. Sedangkan dengan menggunakan BIM, proses *quantity take off* dilakukan dengan otomatis dan menghasilkan jumlah volume dari material dengan akurat sesuai dengan yang terdapat pada model 3D bangunan.

Quantity take off berbasis BIM merupakan salah satu fitur yang terdapat di hampir semua *software* BIM seperti pada *Cubicost TAS* dan *TRB*. Untuk menghasilkan *quantity take off* yang akurat perlu dilakukan pemodelan yang cukup detail pula sehingga hasil *quantity take off* dapat memberikan informasi secara keseluruhan. Sebagai gambaran, pada *Cubicost TAS* dan *TRB* jika kita memasukan data secara lengkap dan konsisten, maka hasil dari *quantity take off* dapat

menunjukkan dengan detail mulai dari bagian struktur yang ditunjuk, jumlah volume beton yang dibutuhkan, berat tulangan yang dibutuhkan, bahkan biaya yang harus dikeluarkan.

Hafez et al. (2015) dalam penelitiannya berjudul *Construction Cost Prediction by Using Building Information Modeling* melakukan perbandingan hasil *quantity take off* dari 3 (tiga) metode, yang pertama adalah perhitungan manual yang dilakukan dengan menghitung volume dari gambar 2D dibantu oleh Microsoft Excel, metode kedua adalah dengan melakukan perhitungan manual namun menggunakan desain 3D, dan metode yang terakhir adalah perhitungan dengan menggunakan bantuan *tools quantity take off* yang terdapat pada *software* BIM. Dari penelitian tersebut didapat hasil sebagai berikut:

Tabel 1. 1.2 Penelitian *Quantity take off*

Metode Estimasi	Metode 1	Metode 2	Metode 3
Waktu Perhitungan (menit)	125	97	85
Hasil Sesungguhnya	712606.5		
Hasil Perhitungan	766052	748236.8	744673.8
Deviasi (%)	7.5%	5%	4.5%

Penelitian tersebut, didapat hasil bahwa metode yang menggunakan BIM dibantu dengan fitur *quantity take off* dan *calculation* mendapat hasil terbaik mulai dari waktu pelaksanaan perhitungannya serta deviasinya.

2.7 Quality Assurance

Quality Assurance adalah serangkaian proses sistematis guna menentukan apakah suatu produk dan jasa harus memenuhi syarat yang ditentukan. QA akan menentukan serta menetapkan persyaratan dalam membuat atau mengembangkan produk tertentu agar memiliki kualitas yang baik. Bukan tanpa alasan mengapa kualitas suatu produk sangat penting diperhatikan.

Kualitas terbaik adalah cara paling utama menjaga kredibilitas suatu perusahaan, selain itu juga cara meningkatkan kepercayaan konsumen, proses kerja hingga membuat perusahaan yang mampu membuat mereka bersaing dengan kompetitor. *Quality Assurance* artinya menggunakan pendekatan proses agar tidak memunculkan produk yang cacat. Itulah mengapa biasanya QA juga akan melakukan monitoring pembuatan produk mulai dari tahap perencanaan hingga proses pengujian. Kegiatan itu dilakukan demi mengurangi proses pengulangan pembuatan atau rework, sehingga proses kerja menjadi lebih efisien serta dapat menghindari keluhan dari konsumen.

Peran dan tanggung jawab pada umumnya tugas *Quality Assurance* adalah menjamin kualitas produk dari suatu perusahaan yang akan dijual atau masih dalam proses pengembangan. Selain itu QA juga memiliki beberapa tugas lain, di antaranya adalah sebagai berikut ini:

1. Membuat perencanaan terhadap pengujian dan kasus pengujian terperinci serta komprehensi terstruktur.

2. Melakukan tafsir, membangun dan mematuhi standar terhadap jaminan kualitas dari perusahaan yang menjual produk atau jasa.
3. Melakukan analisis terhadap keluhan konsumen dan ketidaksesuaian kualitas, selain itu juga mencari akar masalah serta tindakan penyelesaian yang sesuai dengan visi perusahaan.
4. Melakukan pengembangan standar baru dalam produksi sesuai dengan kebutuhan dan membuat protokol pengujian.
5. Melakukan dokumentasi aktivitas jaminan kualitas dalam bentuk laporan dan audit secara internal dalam perusahaan.
6. Memastikan produk yang dibuat sudah memenuhi standar perusahaan dan kebutuhan konsumen atau para pelanggan.
7. Melakukan dokumentasi perbaikan terhadap produk setelah dilakukan pengujian sebelum nantinya dijual ke pasaran.
8. Melakukan dokumentasi berupa catatan perbaikan yang dijadikan sebagai referensi terhadap produk setelah dilakukan pengujian.
9. Melakukan penyusunan terkait perencanaan Prosedur Operasi Standar (SOP) proses produksi terhadap produk dan layanan.
10. Bekerja sama, berkolaborasi dengan tim internal agar menemukan solusi dalam pemecahan masalah yang dihadapi saat itu.