

2 LANDASAN TEORITIS

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 aktivitas 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 fondasi 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, plat, 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 fondasi, 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 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 interiornya, seperti hotel, apartemen, *mall*, dan sebagainya. Pekerjaan arsitektur atau *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 dan jendela.
6. Pekerjaan khusus lainnya.

Items pekerjaan diatas, terbagi lagi menjadi sub-sub pekerjaan, yang mana jenisnya, antara lain tergantung dari desain arsitektur, metode konstruksi maupun spesifikasi yang digunakan. Sistematika pelaksanaan pekerjaan arsitektur atau *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 hierarki, 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 kerja sama antara kontraktor dan perancang atau arsitek dalam pelaksanaannya.

2.1.3. Pekerjaan MEP

MEP adalah singkatan dari *Mechanical, Electrical, Plumbing*. Penggunaan sistem MEP dibutuhkan untuk mengatasi masalah umum dalam sebuah gedung atau bangunan. Berikut ini adalah bagian-bagian dari pekerjaan MEP yaitu:

1. *Mechanical*

a) HVAC

HVAC adalah singkatan dari *Heating, Ventilation dan Air Conditioning*.

Merupakan sistem yang mengatur tentang suhu dan sirkulasi udara disebuah ruangan atau gedung.

b) *Fire Fighting*

Terdapat 2 metode yang digunakan dalam sistem *fire fighting* yaitu *fire sprinkle* dan *hydrant*. *Fire sprinkle* adalah alat yang dipasang di atap yang berfungsi mendeteksi api dan panas menggunakan sensor. *Hydrant* berfungsi sebagai pemasok air yang digunakan disaat penting seperti kebakaran.

c) Transportasi *Vertical*

Sistem MEP juga membantu untuk instalasi transportasi baik orang maupun barang dengan menggunakan *lift* dalam gedung. Untuk menggunakan transportasi diluar gedung bisa menggunakan Alimak. Sistem MEP adalah sebagai rancangan, penghitungan, dan penganalisaan transportasi baik dalam maupun luar gedung yang mempermudah orang untuk menghemat biaya dan tenaga serta efisiensi waktu saat didalam gedung.

2. *Electrical*

a) *Lighting*

Lighting atau penerangan atau arus kuat yang berhubungan dengan instalasi pencahayaan seperti panel, lampu, stop kontak, dan lainnya.

b) Elektronik

Sistem elektronik juga banyak yang membutuhkan MEP, diantaranya penyimpanan data server, CCTV, *sound system*, alarm, TV, dan lainnya.

3. *Plumbing*

Plumbing merupakan sistem perpipaan yang mengatur distribusi berbagai jenis air maupun gas mulai dari bawah tanah, kemudian digunakan hingga pembuangannya.

Beberapa sistem *plumbing* yang umum digunakan dalam bangunan adalah:

- 1) Sistem saluran air bersih.
- 2) Sistem saluran air bekas dan kotor.
- 3) Sistem saluran air hujan.
- 4) Saluran gas.

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 pertanggungan, 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

Terjadinya perubahan kontrak merupakan hal yang umum terjadi dalam pelaksanaan proyek konstruksi (Maulana, 2016). Hal ini dapat disebabkan oleh banyak faktor yang mempengaruhi pelaksanaan proyek 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. Addendum dan Amandemen

Dilihat dari artinya, addendum 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*

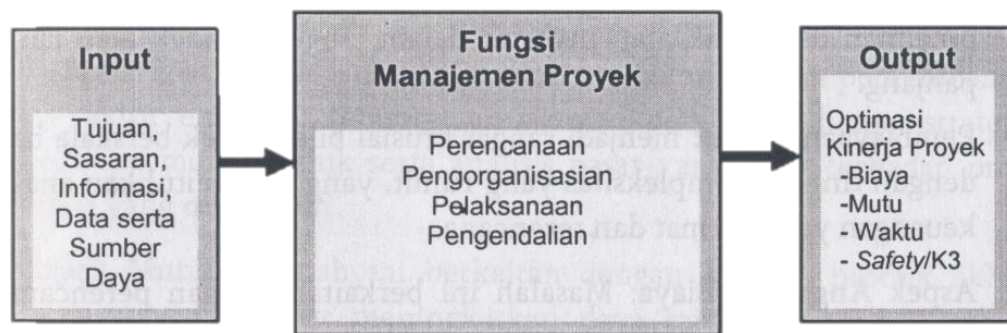
Variation order merupakan hal yang sering terjadi dalam pelaksanaan proyek konstruksi gedung maupun sipil. *Variation order* ini merupakan bentuk penyempurnaan desain yang sudah ada di dalam sebuah kontrak pekerjaan. Secara singkat *variation order* dapat didefinisikan sebagai modifikasi dari

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).

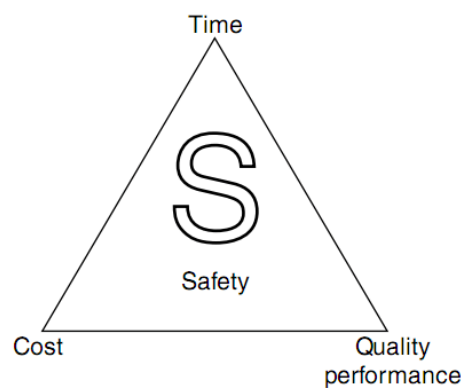


Gambar 2.1 Proses Manajemen Konstruksi

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

1. Proyek harus selesai tepat waktu.
2. Proyek harus sesuai 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*

2.4 Estimasi Biaya Proyek

Menurut Soeharto (1997) dalam (Eman et al., 2018), estimasi biaya proyek memegang peranan penting dalam penyelenggaraan proyek. Pada tahap awal

dipergunakan untuk mengetahui berapa besar biaya yang dibutuhkan untuk membangun suatu proyek. Perkiraan biaya terbatas pada tabulasi biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan tertentu proyek ataupun proyek secara keseluruhan. Sedangkan anggaran merupakan perencanaan terinci perkiraan biaya dari bagian atau keseluruhan kegiatan proyek yang dikaitkan dengan waktu. Definisi perkiraan biaya menurut *National Estimating Society – USA* adalah sebagai berikut : “Perkiraan biaya adalah seni memperkirakan (*the art of approximating*) kemungkinan jumlah biaya yang diperlukan untuk suatu kegiatan yang didasarkan atas informasi yang tersedia pada saat itu”. 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. Dengan kata lain, menyusun perkiraan biaya berarti melihat masa depan, memperhitungkan, dan mengadakan prakiraan atas hal-hal yang akan dan mungkin terjadi. Sedangkan analisis biaya menitikberatkan pada pengkajian dan pembahasan biaya kegiatan masa lalu yang akan dipakai sebagai masukan.

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 Quantitiy* (BoQ). BoQ yang diproduksi oleh kontraktor pada tahap awal perencanaan biasanya belum termasuk biaya pekerja, biaya *overhead*, dan profit (Lester, 2017).

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 (Huzaini, 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

Menurut Suwarni & Anondho (2021) dalam (Aditya Suharianto et al., 2023) Volume pekerjaan merupakan besaran satuan volume setiap masing-masing

pekerjaan yang diperoleh dari perhitungan rumus sesuai dengan bentuk bidang setiap item pekerjaan.

Volume pekerjaan juga disebut sebagai kubikasi pekerjaan. Sehingga volume kubikasi suatu pekerjaan bukanlah merupakan volume isi sesungguhnya, melainkan jumlah volume bagian pekerjaan dalam satu kesatuan (Ibrahim, 2001).

Estimator harus mengerti serta memahami gambar desain perhitungan. Gambar tersebut diantaranya ialah gambar arsitektur, struktur, dan *mechanical, electrical, plumbing* yang ketiganya saling melengkapi (Haider et al., 2020).

2.5 Penjadwalan Proyek

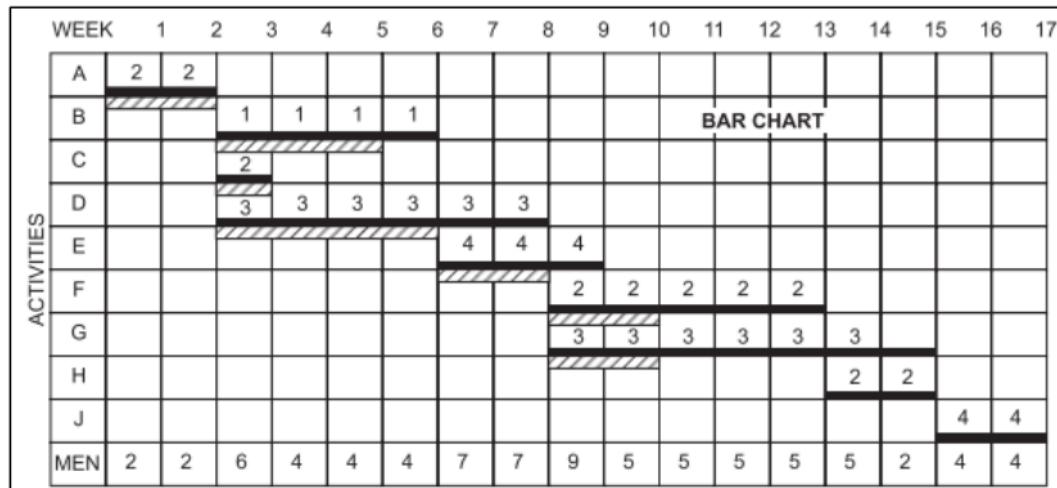
Menurut (Iskandar, 2011), penjadwalan proyek merupakan salah satu elemen hasil perencanaan yang akan memberikan informasi tentang jadwal rencana dan kemajuan proyek, baik berupa biaya, tenaga kerja, peralatan dan material serta rencana durasi proyek dan progres waktu terhadap penyelesaian proyek. Penjadwalan atau *scheduling* merupakan pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan masing-masing pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek hinggatercapai hasil optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan-keterbatasan yang ada. Ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam penjadwalan proyek yaitu *gant chart* bagan balok (*barchart*), kurva S (*hanumm curve*), metode penjadwalan linear (diagram vektor), metode *network planning*, *precedence diagram method* (PDM), *Critical Path Method* (CPM), *Program Evaluation Review Technique* (PERT), *Graphical Evaluation Review Technique* (GERT), dan *Linear Scheduling Method* (LSM). Pada metode *gant charts* tidak bisa secara eksplisit menunjukkan keterkaitan antar aktivitas dan bagaimana suatu aktivitas berakibat pada aktivitas lain bilamana waktunya diperlambat atau

dipercepat, sehingga masih perlu perbaikan. Dalam metode *barchart* hubungan antar kegiatan tidak jelas dan lintasan kritis kegiatan proyek tidak dapat diketahui. Metode tersebut tersebut diatas merupakan metode yang sama-sama tidak bisa menggambarkan hubungan kerja, oleh sebab itu metode ini dikembangkan metode lain.

2.5.1. Bar Chart

Metode *bar chart* merupakan sebuah metode yang dikembangkan pada abad ke-20 dan biasa dikenal juga dengan nama *ghant 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 2.3 berikut.



Gambar 2.3 Bar Chart

Menurut 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.

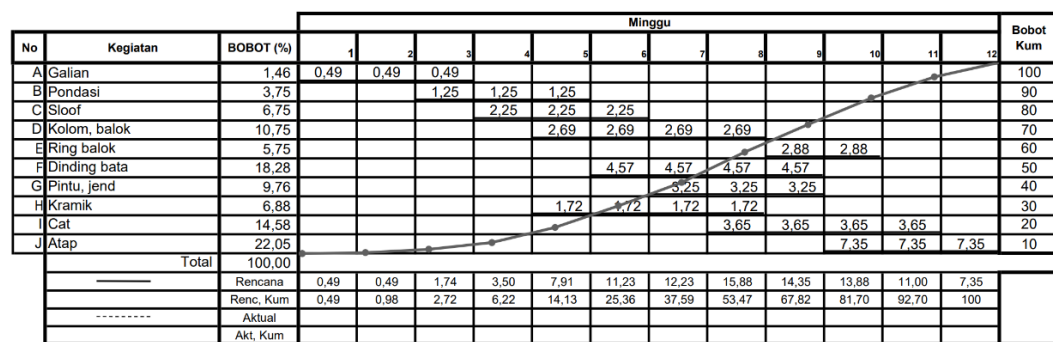
2.5.2. Kurva-S

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 *ghant chart* bisa dilihat pada Gambar 2.4 berikut.



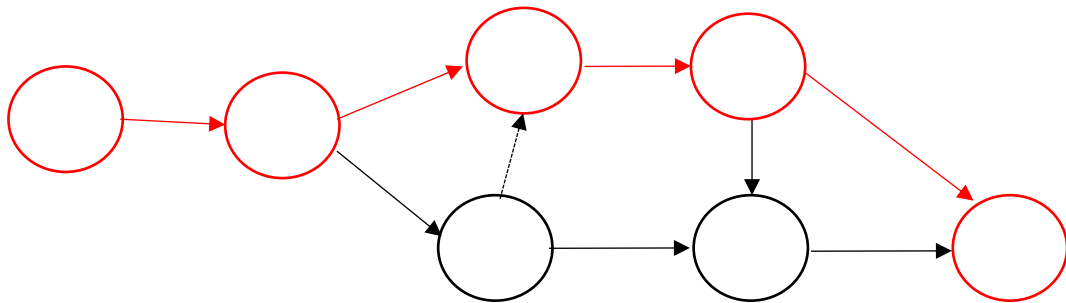
Gambar 2.4 Kurva-S

2.5.3. Critical Perth Method (CPM)

Menurut Husen (2009) dalam (Agus et al., 2024) , *critical path method* atau metode jalur kritis merupakan diagram *network* yang dibuat dengan menggunakan anak panah untuk menggambarkan kegiatan dan *node* untuk menggambarkan peristiwa. Jalur kritis yang dimaksud adalah rangkaian kegiatan kritis dari kegiatan pertama sampai kegiatan terakhir proyek dengan total jumlah waktu terlama dan menampilkan durasi penyelesaian proyek yang tercepat. Apabila kegiatan pada

jalur kritis terjadi keterlambatan pelaksanaan maka dapat mengakibatkan keterlambatan bagi keseluruhan proyek.

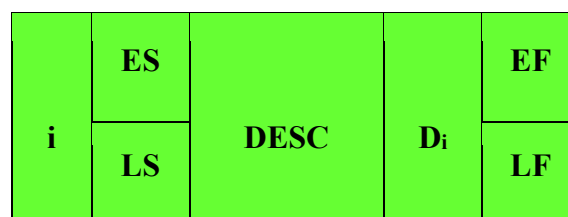
Levin dan Kirkpatrick (1972) dalam (Agus et al., 2024) juga menyebutkan CPM adalah metode untuk merencanakan dan mengawasi proyek merupakan sistem yang paling banyak digunakan dibandingkan sistem yang lain yang menggunakan prinsip jaringan kerja. Metode CPM banyak digunakan oleh kalangan industri maupun proyek konstruksi. Cara ini dapat digunakan apabila durasi kegiatan di ketahui dan tidak terlalu berfluktuasi.



Gambar 2.5 Jaringan Kerja CPM

2.5.4. *Precedence Diagram Method (PDM)*

Precedence Diagram Method merupakan jaringan kerja berbentuk *Activity On Node* (AON) yang biasanya berbentuk segi empat dengan anak panah sebagai gambaran hubungan logis antar kegiatan proyek. Pada metode PDM tidak dibutuhkan *dummy* karena semua kegiatan digambarkan melalui *node* dan dihubungkan dengan anak panah.



Gambar 2.6 Bentuk PDM

- i = Nomor Kegiatan
 DESC = Nama Kegiatan
 Di = Durasi Kegiatan
 Es = *Early Start* ; EF = *Early Finish*
 LS = *Latest Start* ; LF = *Latest Finish*

2.5.5. Microsoft Project 2019

Menurut Madcoms (2008) dalam Panggabean (2014), Microsoft Project adalah salah satu perangkat lunak yang disediakan dalam Microsoft Office yang merupakan *software* administrasi proyek yang digunakan untuk melakukan perencanaan, pengelolaan, pengawasan dan pelaporan data dari suatu proyek. Kemudian penggunaan dan keleluasaan lembar kerja serta cakupan unsur-unsur proyek menjadikan *software* ini sangat mendukung proses administrasi sebuah proyek.

Menurut Trihendradi (2008) dalam Panggabean (2014), Microsoft Project menduduki peringkat pertama sebagai alat bantu pendukung manajemen proyek karena mengaplikasikan keandalan *software* aplikasi tersebut. Microsoft Project merupakan alat pengelolaan proyek yang *powerfull*. Namun alat bantu ini tidak banyak berperan atau bahkan tidak berperan sama sekali pada beberapa fase proyek (fase perlingkupan, fase pengarahan, dan fase penutupan) sehingga pemakaian *software* ini hanya sangat berguna dalam perencanaan.

2.6 Building Information Modeling

Building Information Modeling atau yang biasa kita kenal dengan istilah BIM, merupakan seperangkat teknologi, proses kebijakan yang seluruh prosesnya

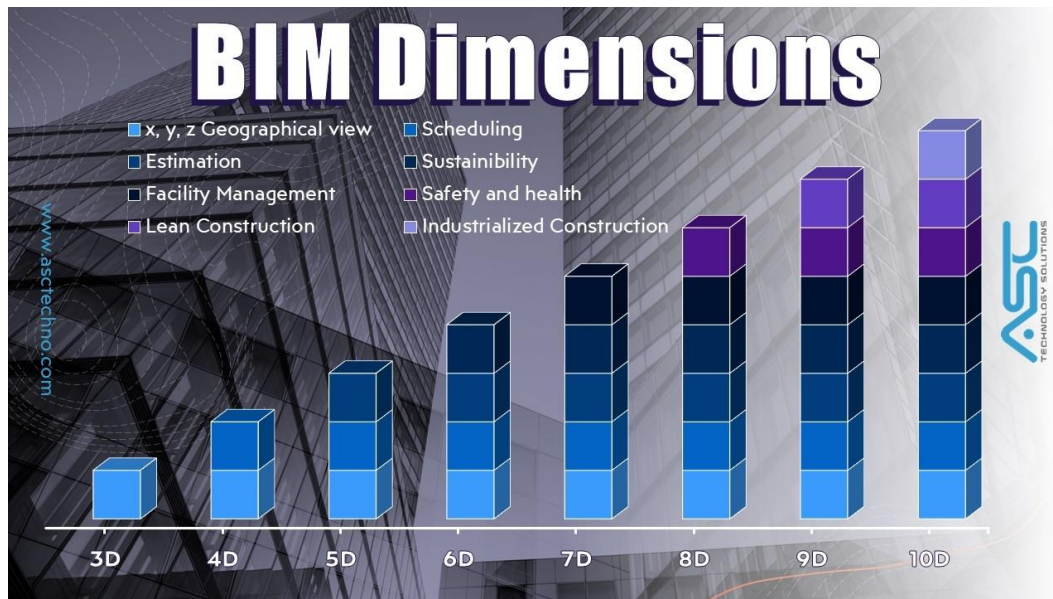
berjalan secara terintegrasi dalam sebuah model digital, yang kemudian diterjemahkan sebagai gambar 3 dimensi (Zulfikri & Mahdi, 2023).

BIM dapat digunakan untuk menunjukan 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.

Menurut (Lutfi et al., 2024) BIM juga dapat menjadi alat pengadil bagi perencanaan sebuah proyek karena dapat melakukan *early review* dari tampak keseluruhan model untuk mengecek keakuratan yang bertujuan untuk meminimalisir terjadinya CCO dalam proyek.

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.



Gambar 2.7 Ilustrasi BIM

1. BIM 3D – Tampilan Geometris

BIM 3D adalah representasi virtual 3 dimensi dari struktur bangunan dalam lingkungan data umum yang memungkinkan gambaran yang jelas tentang bangunan akhir. Model 3D yang kaya data membantu pemangku kepentingan proyek untuk mengidentifikasi kesalahan desain dan masalah konstruksi yang dapat mengakibatkan perubahan desain yang mahal selama konstruksi jika tidak diselesaikan pada tahap konstruksi.

2. BIM 4D – Simulasi dan Penjadwalan Konstruksi

Menghubungkan elemen lain dari perencanaan atau penjadwalan, yaitu waktu dengan model yang kaya data 3 dimensi adalah BIM 4D. Waktu dianggap sebagai dimensi ke-4 dari model BIM. Penjadwalan 4D dan pentahapan konstruksi memungkinkan para pemangku kepentingan proyek untuk mendapatkan gambaran umum tentang jadwal konstruksi secara keseluruhan dengan mempertimbangkan waktu yang dibutuhkan untuk pemasangan, penggalian, fondasi, penuangan, konstruksi level bijaksana, dan lain-lain.

Simulasi konstruksi BIM 4D yang akurat membantu tim proyek yang berbeda untuk menetapkan tujuan mereka agar dapat menyelesaikan proyek dengan sukses dan lancar sesuai jadwal.

3. BIM 5D – Analisis Anggaran dan Estimasi Biaya

Informasi anggaran dan analisis biaya adalah bagian penting dari setiap proyek konstruksi. Oleh karena itu, dimensi ke-5 BIM adalah analisis biaya. Seiring dengan perencanaan dan visualisasi 3D, BIM 5D memungkinkan analisis biaya dan pelacakan anggaran untuk setiap bahan bangunan dan proyek konstruksi secara keseluruhan. BIM 5D memastikan prediksi anggaran yang akurat sehubungan dengan spesifikasi proyek, tujuan desain, dan perubahan yang dibuat dalam model BIM. Estimasi biaya 5D dikaitkan dengan lingkungan bangunan yang ada dan terus diperbarui dengan perubahan faktor.

4. BIM 6D – Keberlanjutan dan Efisiensi Energi

BIM 6D membantu dalam menganalisa konsumsi energi dan keberlanjutan bangunan. Dari layanan BIM 6D ini menghubungkan informasi yang terkait dengan keberlanjutan bangunan, dampak lingkungan, dan analisis energi. BIM 6D memungkinkan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang efisiensi energi dan keberlanjutan bangunan beserta anggaran, penjadwalan, dan efisiensi desain bangunan selama tahap konstruksi.

5. BIM 7D – Manajemen Informasi Fasilitas

BIM 7D adalah menghubungkan informasi yang terkait dengan operasi fasilitas dan pemeliharaan bangunan. BIM 7D meningkatkan proses operasi dan pemeliharaan seluruh bangunan di sepanjang siklus hidupnya. BIM 7D menggabungkan informasi seperti spesifikasi teknis, informasi garansi,

manual operasi, dll. Yang membantu pemilik dan pengembang bangunan untuk mengoptimalkan manajemen operasi.

6. BIM 8D – Analisis Resiko dan Ukuran Keamanan

BIM 8D menghubungkan informasi tambahan terkait dengan keselamatan di Lokasi melalui desain Bersama dengan waktu, biaya, dan fasilitas. BIM 8D memberikan wawasan tentang Lokasi konstruksi dan memungkinkan kontraktor untuk merencanakan Tindakan pencegahan untuk mengurangi kemungkinan kecelakaan, kematian, atau cedera parah pada pekerja konstruksi. Layanan BIM 8D memungkinkan untuk memvisualisasi Lokasi konstruksi dalam lingkungan virtual yang mirip dengan dunia nyata yang membuatnya lebih mudah dan lebih efektif untuk menganalisis risiko yang mungkin terjadi dan merencanakan untuk mencegah bahaya dan situasi kritis selama tahap perancangan.

7. BIM 9D – Pengelolaan Limbah melalui Konstruksi Ramping

BIM 9D mendorong konsep konstruksi ramping yang mengoptimalkan manajemen proyek melalui pengelolaan limbah yang efisien dan memanfaatkan semua sumber daya yang terlibat dalam proses konstruksi. BIM 9D ini menambahkan informasi yang membantu dalam mengelola limbah material dan memvisualisasikan bangunan dalam *Common Data Environment* (CDE) persis seperti apa yang terlihat setelah konstruksi.

8. BIM 10D – Manajemen Aset dan Konstruksi Industri

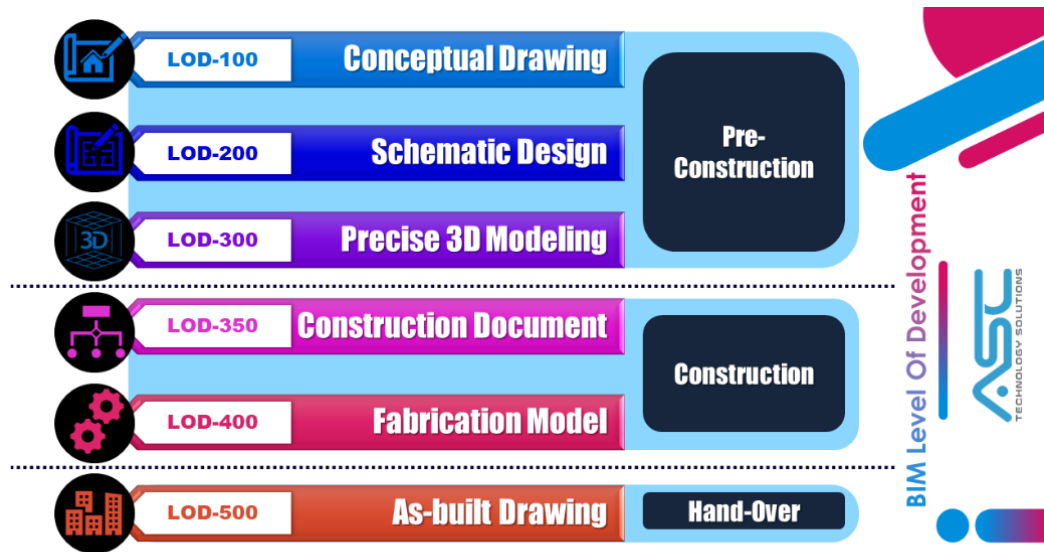
Dimensi ke-10 adalah tujuan akhir dari dimensi BIM, dan berusaha untuk mengindustrialisasi dan meningkatkan produktivitas proses konstruksi, mengintegrasikan dengan teknologi terbaru dan proses digital. Layanan BIM

10D membantu dalam mengoptimalkan setiap aspek siklus hidup bangunan mulai dari tahap desain hingga konstruksi, dan infrastruktur atau manajemen asset dalam *platform virtual* terpusat.

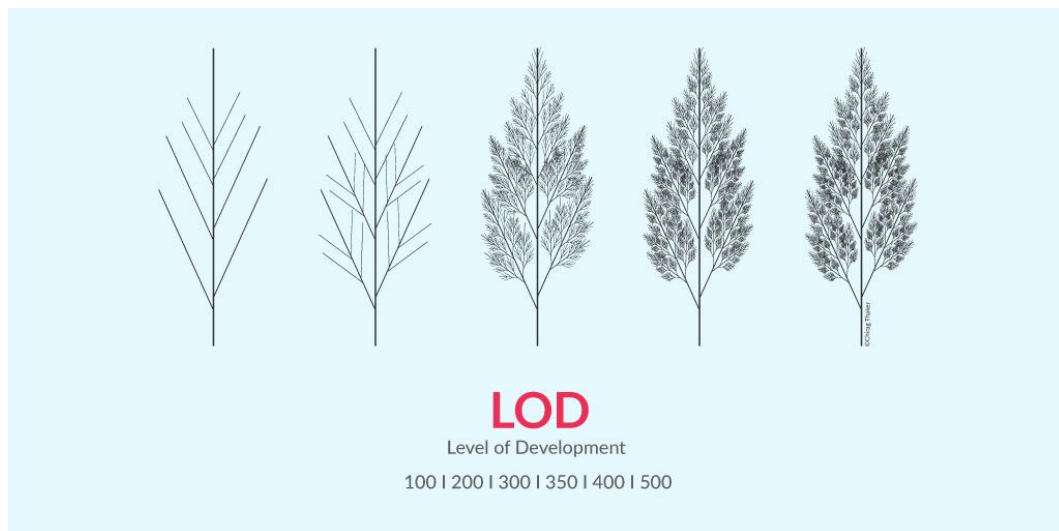
Data terpusat dari manajemen aset yang komprehensif ini membantu manajer proyek memiliki sumber daya intuitif untuk menyelesaikan seluruh konstruksi bangunan seefisien mungkin. Data yang diperoleh dengan menggunakan layanan BIM 10D diaplikasikan untuk memperkirakan biaya, merencanakan dan menjadwalkan, menganalisa keberlanjutan bangunan dan keramahan lingkungan, memastikan langkah-langkah kesehatan dan keselamatan, menganalisa risiko di lapangan, dan beberapa faktor lainnya untuk melaksanakan proyek konstruksi dengan sempurna.

2.6.2. *Level of Development (LOD)*

Level of Development (LOD) adalah standar industri untuk para professional Teknik Arsitektur dan Konstruksi . Setiap tingkat atau lapisan ditentukan untuk pengembangan desain untuk berbagai tahapan proyek konstruksi. Konsep inti LOD mendefinisikan informasi dan keandalan berbagai elemen BIM di berbagai tahap siklus hidup bangunan.



Gambar 2.8 Level Perkembangan BIM



Gambar 2.9 LOD BIM

Level pengembangan BIM (LOD) dijelaskan di bawah ini:

1. LOD 100 – Desain Konsep

LOD 100 mendefinisikan sketsa tangan atau representasi 2D digital simbolis dari konsep dasar atau ide proyek desain bangunan.

2. LOD 200 – Desain Skema

LOD 200 mewakili ide desain yang ditentukan sebagian tentang perkiraan ukuran lokasi elemen bangunan.

3. LOD 300 – Model Rinci

LOD 300 adalah representasi digital 3D terperinci dari fasilitas bangunan sehubungan dengan desain arsitektur dan gambar teknik serta dimensi dan lokasi elemen bangunan yang tepat.

4. LOD 350 – Model Siap Konstruksi

Model BIM di LOD 350 mendefinisikan hubungan antara bahan bangunan melalui program deteksi bentrok yang dijalankan secara efisien, penyelesaiannya, dan penyedia layanan koordinasi BIM yang akurat.

5. LOD 400 – Fabrikasi dan Perakitan

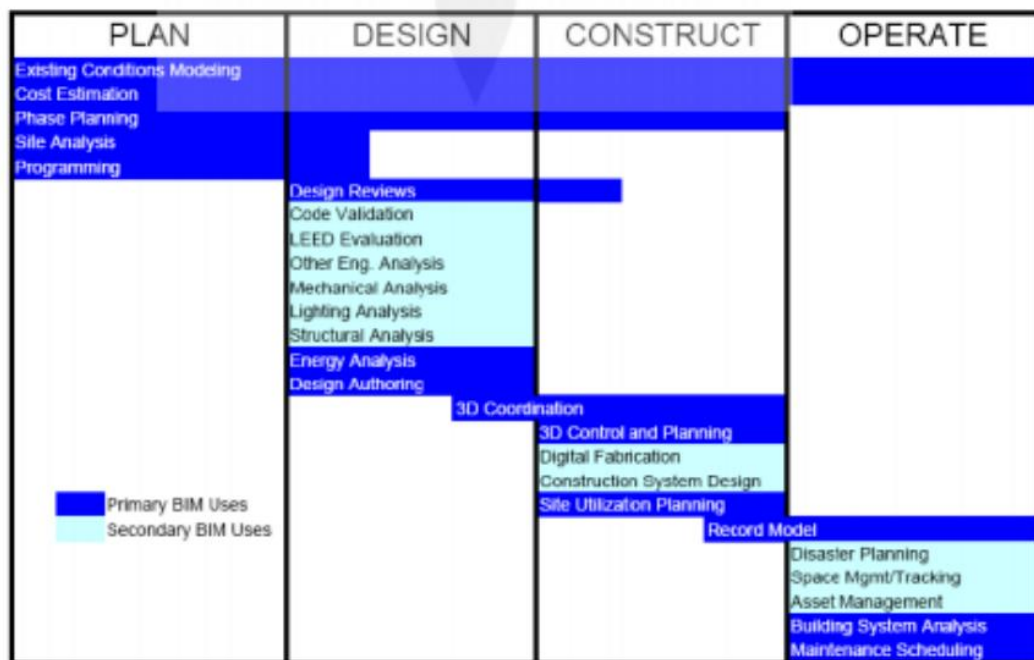
LOD 400 memberikan informasi tentang komponen bangunan tambahan untuk fabrikasi dan perakitan. Jumlah, ukuran, lokasi, dan bahan yang akurat ditentukan untuk perakitan dan pemasangan fasilitas bangunan.

6. LOD 500 – Model Akhir Buatan

Model akhir LOD 500 berisi ukuran actual, jumlah, lokasi, material, konstruksi, dan proses pemasangan, tanggal pemasangan, komentar dari kontraktor, dan lain-lain. yang selanjutnya digunakan untuk pengelolaan fasilitas setelah serah terima proyek konstruksi.

2.6.3. Penggunaan BIM dalam Manajemen Konstruksi

BIM memiliki banyak kegunaan bagi setiap proyek, adapun kegunaan tersebut bisa dilihat pada Gambar 2.10 Penggunaan *Building Information Modeling* (Hergunsel, 2011) sebagai berikut.



Gambar 2.10 Penggunaan BIM

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.

2.6.4. 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 2.1 Jenis *Software* BIM

Nama Produk	Pabrik	Fungsi Utama
Cubicost	Glodon	<i>Take-off Architecture and Structure</i> <i>Take-off reinforcement Bar</i> <i>Take-off Mechanical and Electrical</i> <i>Take-off Bill off Quantities</i>
Revit	Autodesk	<i>3D Architectural Modeling and parametric Design</i> <i>3D Architectural Modeling and parametric Design</i> <i>3D Detailed MEP Modeling</i>
Tekla <i>Structure</i>	Tekla	<i>3D Detailed Modeling</i>

2.6.5. Autodesk Revit

Perangkat lunak Autodesk Revit adalah aplikasi BIM untuk membuat model 3D yang menghasilkan geometri dengan informasi tertanam untuk desain dan konstruksi pada bangunan infrastruktur. Dari program inilah ketinggian, perspektif, rincian dan jadwal semua instrument yang diperlukan untuk mendokumentasikan desain bangunan yang diturunkan. Gambar yang dibuat menggunakan Revit bukanlah Kumpulan garis dan bentuk 2D yang ditafsirkan untuk mewakili sebuah bangunan, tetapi tampilan langsung yang diambil dari model bangunan virtual. Model-model ini adalah kompilasi dari program yang tidak hanya mengandung atribut geometris, tetapi juga data yang menginformasikan keputusan tentang bangunan disetiap tahapan proses (Kirby dkk, 2018).

2.6.6. *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 Autodesk Revit. 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 Autodesk Revit 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 Tabel 2.2 sebagai berikut.

Tabel 2.2 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 (QA) 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 memenuhi 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.