

BAB 2 LANDASAN TEORI

2.1 Industri Konstruksi

Kegiatan konstruksi dapat diartikan sebagai satu kegiatan sementara yang berlangsung dalam jangka waktu terbatas, dengan alokasi sumberdaya tertentu dan dimaksudkan untuk menghasilkan produk atau deliverable yang kriteria mutunya telah digariskan dengan jelas. Lingkup (*scope*) tugas tersebut dapat berupa pembangunan pabrik, pembuatan produk baru atau pelaksanaan penelitian dan pengembangan (Iman Soeharto, 1999). Sedangkan dalam UU nomor 2 tahun 2017 tentang Jasa Konstruksi menjelaskan bahwa pekerjaan konstruksi adalah keseluruhan atau sebagian kegiatan yang berhubungan dengan teknik pembangunan, pengoprasian, pemeliharaan, pembongkaran dan pembangunan kembali suatu bangunan.

Lalu konstruksi dan kemampuan untuk membangun sesuatu adalah salah satu keterampilan tertua dari manusia. Pada zaman Prasejarah Manusia berlindung dari lingkungan yang membahayakan dengan membangun tempat tinggal dari berbagai material yang ada pada saat itu, seperti tanah, batu, kayu dan kulit binatang. Lalu ketika masyarakat mulai berkembang secara lebih terorganisir, kemampuan membangun juga meningkat menjadi suatu industri yang menjadi penyokong kehidupan suatu bangsa. Sementara itu Menurut Halpin (1998), sektor-sektor berbeda dari industri konstruksi menunjukkan pola pertumbuhan yang berbeda di seluruh dunia, seperti:

1. Industri konstruksi menyumbangkan nilai yang sangat besar pada pendapatan per-kapita dunia, yaitu sekitar 1/10 dari *Gross Domestic Product* (GDP) dunia.
2. Industri konstruksi merupakan industri yang potensial dalam penyerapan tenaga kerja yang besar, yaitu sekitar 7% dari seluruh tenaga kerja di dunia.
3. Industri konstruksi menyerap 2/5 dari total penyerapan energi di seluruh dunia yang membuat industri ini menjadi sektor terbesar dalam penyerapan energi.

Industri ini terdiri dari per-usahaan besar maupun usaha kecil. Karena sektor konstruksi suatu industri yang berbeda dengan industri lainnya, maka pembagian jenis konstruksi akan sangat membantu dalam memahami struktur industri ini. Secara luas proyek-proyek konstruksi dapat dibagi atau diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) bagian, yaitu : konstruksi bangunan gedung, konstruksi teknik dan konstruksi industri (Halpin, 1998).

2.2 Konstruksi Bangunan Gedung

Konstruksi merupakan gabungan dari elemen struktur dan non-struktur sehingga konstruksi bangunan merupakan objek bangunan secara keseluruhan yang terbentuk atas kesatuan struktur-struktur.

Konstruksi gedung adalah bangunan yang digunakan sebagai fasilitas umum, misalnya institusional, pendidikan, industri ringan (seperti gudang), bangunan komersial, sosial, dan tempat rekreasi. Jenis bangunan pada konstruksi ini, misalnya gedung perkantoran, pusat perbelanjaan, apartemen/rumah susun dan sekolah. Konstruksi gedung biasanya direncanakan oleh arsitek dan insinyur sipil, sementara material/objek yang dibutuhkan lebih ditekankan pada aspek-aspek arsitektural. (Irika Widiasanti & Lenggogeni, 2013).

2.2.1 Pekerjaan Arsitektur

Pekerjaan arsitektural dalam konstruksi bangunan merupakan pekerjaan yang berhubungan dengan rancangan bentuk, fungsi, kenyamanan dan objek-objek pelengkap yang tidak memiliki fungsi memikul pembebanan pada bangunan. Pekerjaan arsitektural pada gedung bertingkat dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Pekerjaan *finishing* kulit luar/ *façade*.
2. Pekerjaan *finishing* lantai.
3. Pekerjaan *Plafond*.
4. Pekerjaan pintu dan jendela.
5. Pekerjaan dinding non-struktural.
6. Pekerjaan khusus lainnya yang tidak terkait dengan struktural bangunan.

2.2.2 Pekerjaan Struktur

Pekerjaan Struktur dalam bangunan konstruksi merupakan pekerjaan elemen-elemen bangunan yang memiliki fungsi sebagai pemikul beban yang berpengaruh pada kekuatan/kekokohan suatu bangunan. Pekerjaan struktur dapat dikategorikan kedalam 3 jenis sebagai berikut ;

1. Struktur bawah (*substructure*).

Yaitu pekerjaan struktur yang terletak dibawah permukaan tanah seperti *pile-cap, tie beam* dan berbagai jenis pondasi.

2. Struktur tengah.

Merupakan pekerjaan struktur yang terletak di atas permukaan tanah dan di bawah struktur atas seperti kolom, balok, dinding struktur dan juga plat lantai.

3. Struktur atas(*upper structure*).

Merupakan pekerjaan struktur yang terletak di atas dan memiliki fungsi sebagai penopang atap

2.3 Manajemen Konstruksi

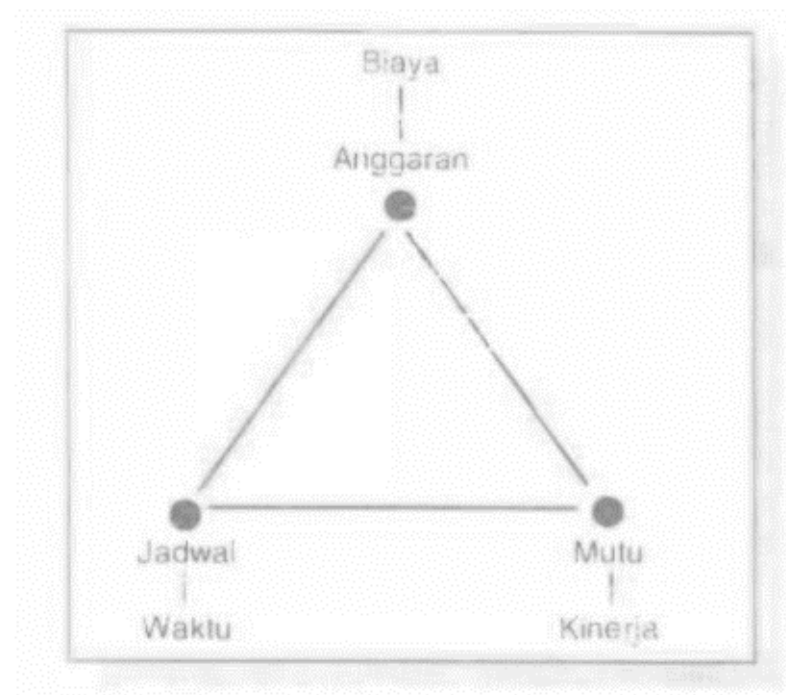
Menurut Wulfram I, Ervianto (2002) Definisi manajemen proyek adalah semua perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu. Sedangkan menurut Candra yuliana (2018) Pengertian manajemen secara umum adalah bagaimana menerapkan fungsi-fungsi manajemen ("*Planning, Organizing, Actuating, dan Controlling*") secara sistematis dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efektif dan efisien untuk mencapai suatu tujuan yang khas (organisasi, perusahaan, proyek dan lain-lain) secara optimal. Dengan demikian pengertian manajemen proyek adalah penerapan fungsi-fungsi manajemen ("perencanaan, pelaksanaan dan pengendalian") secara sistematis pada suatu proyek dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efektif dan efisien agar tercapai tujuan proyek secara optimal. Sumber daya yang digunakan dalam manajemen konstruksi sendiri sering dikenal dengan sebutan 5M yaitu :

1. *Manpower* (manusia).
Merupakan sumber daya manusia sebagai tenaga kerja yang dipakai dalam proyek konstruksi.
2. *Machiners* (Peralatan).
Merupakan fasilitas/alat yang digunakan sebagai penunjang kegiatan konstruksi.
3. *Material* (Bahan).
Merupakan bahan-bahan yang digunakan untuk di olah dalam proyek konstruksi.
4. *Money*(uang).
Merupakan uang sebagai modal pembiayaan dalam proyek konstruksi.
5. *Method*(metode).
Merupakan kerangka acuan/prosedur dalam menjalankan kegiatan konstruksi.

Sumber daya tersebut harus di olah secara sistematis dan terukur agar mencapai tujuan dari manajemen konstruksi yaitu :

1. Tepat Waktu.
Yaitu proyek harus di selesaikan dengan waktu tertentu yang telah di tetapkan.
2. Tepat Biaya.
Yaitu proyek harus efektif dan efisien dalam pengeluaran sehingga tidak melebihi anggaran yang telah di tetapkan.
3. Tepat Mutu.
Yaitu maupun produk yang dihasilkan dan bahan yang di pakai memenuhi spesifikasi ataupun kriteria yang telah di tetapkan.

Hal tersebut dapat di visualisasi dalam sebuah model segitiga tiga kendala atau yang sering disebut *triple constraint* yang dapat dilihat pada gambar berikut ;



Gambar 2.1 : Tiga kendala (*triple constraintts*).

Sumber : Iman Soeharto

2.4 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan proyek konstruksi merupakan alat untuk menentukan waktu yang dibutuhkan oleh suatu kegiatan dalam penyelesaian. Di samping itu, juga sebagai alat untuk menentukan kapan mulai dan selesainya kegiatan-kegiatan tersebut. Perencanaan penjadwalan pada proyek konstruksi secara umum terdiri dari penjadwalan waktu, tenaga kerja, peralatan, material dan keuangan. Ketepatan penjadwalan dalam pelaksanaan proyek sangat berpengaruh pada terhindarnya banyak kerugian, misalnya pembengkakan biaya konstruksi, keterlambatan penyerahan proyek dan perselisihan atau klaim. (Irika Wideasanti & Lenggogeni, 2013).lalu beberapa manfaat dalam penjadwalan suatu proyek adalah sebagai berikut:

1. Bagi *Owner*(pemilik):
 - a. Pengetahuan mengenai waktu mulai dan finish suatu proyek.
 - b. Dapat menganalisis dan mengevaluasi akibat dari perubahan waktu dan biaya proyek.
 - c. Dapat merencanakan pengeluaran proyek.

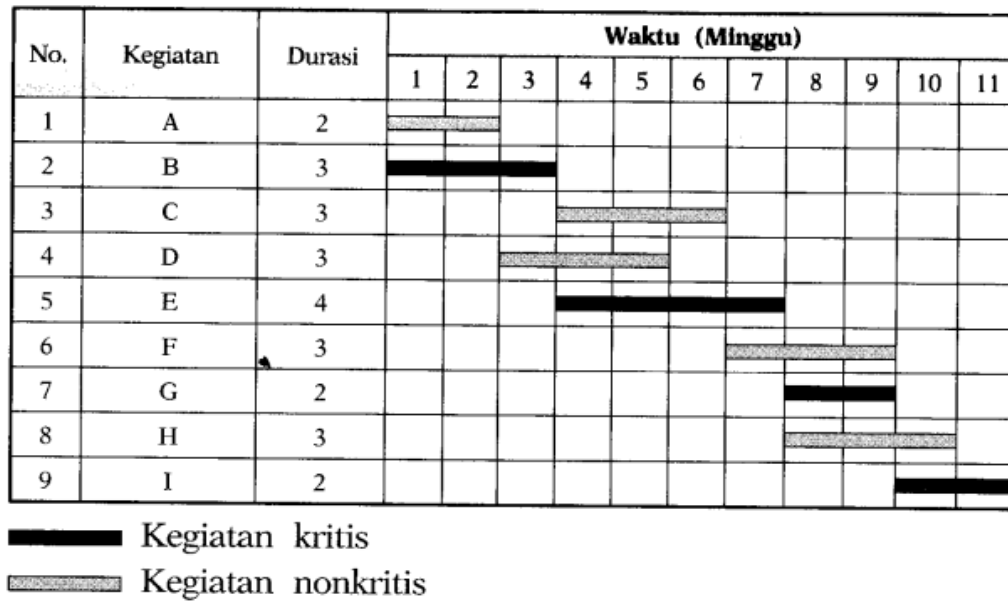
2. Bagi pemberi jasa proyek konstruksi:
 - a. Dapat merencanakan kebutuhan material, peralatan dan juga tenaga kerja yang di butuhkan secara terukur.
 - b. Dapat mengatur waktu keterlibatan subkontraktor.

Dalam pelaksanaannya, perencanaan penjadwalan proyek konstruksi memiliki keunikan dimana setiap penjadwalan yang di rencanakan oleh individu yang berbeda, maka akan berbeda pula hasil dari penjadwalannya, hal ini dikarenakan oleh latar belakang, pengalaman dan pengetahuan setiap individu berbeda-beda dalam membagi bagi dan memperkirakan aktivitas proyek.

2.5 Barchart/Ganttchart

Dalam dunia konstruksi, teknik penjadwalan yang paling sering digunakan adalah *Barchart* atau Diagram Batang atau Bagan Balok. *Barchart* adalah sekumpulan aktivitas yang ditempatkan dalam kolom vertikal, sementara waktu ditempatkan dalam baris horizontal. Waktu mulai dan selesai setiap kegiatan beserta durasinya ditunjukkan dengan menempatkan balok horizontal di bagian sebelah kanan dari setiap aktivitas. perkiraan waktu mulai dan selesai dapat ditentukan dari skala waktu horizontal pada bagian atas bagan. Panjang dari balok menunjukkan durasi dari aktivitas dan biasanya aktivitas-aktivitas tersebut disusun berdasarkan kronologi pekerjaannya (Callahan, 1992). Lalu dalam sejarahnya bar chart pertama kali ditemukan oleh Henry L. Gant pada masa perang dunia I, sehingga sering juga di sebut *Ganttchart*. Lalu teknik *Barchart* ini sering di pakai dalam dunia konstruksi karna memiliki kemudahan berupa;

1. Mudah dalam pembuatanya.
2. Bentuknya mudah dimengerti.
3. Dapat dipakai lebih jauh pada metode metode lain seperti Kurva-S untuk pengendalian biaya.

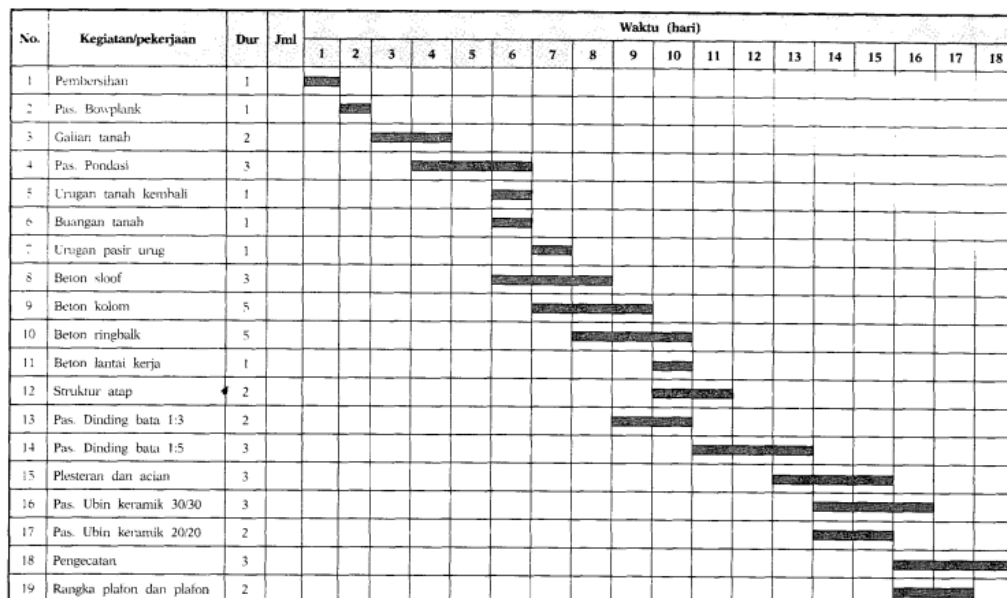


Gambar 2.2 : Contoh Barchart/Ganttchart

Sumber : Irika Widiyanti & Lenggogeni, 2013

Barchart dapat digunakan juga untuk menentukan jadwal kebutuhan tenaga kerja pada proyek konstruksi. Yang dimaksud dengan tenaga kerja di sini adalah besarnya jumlah tenaga yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian pekerjaan dalam satu kesatuan pekerjaan (Ibrahim, 2007).

Tukang batu

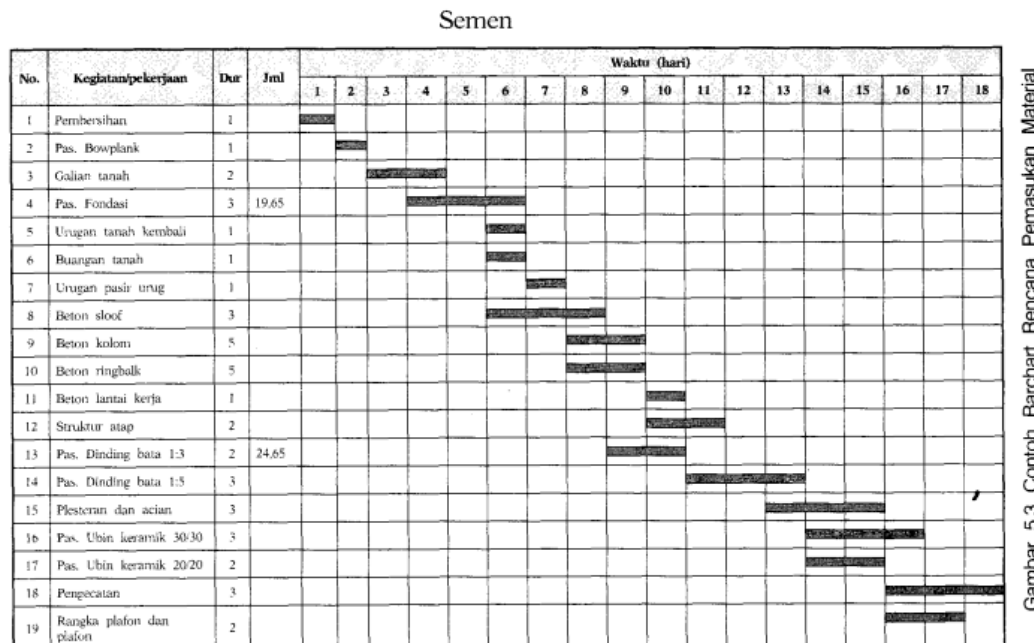


Gambar 5.2 Contoh Barchart Rencana Pengalokasian Tenaga Kerja

Gambar 2.3 : contoh Barchart/Ganttchart Tenaga Kerja

Sumber : Irika Widiyanti & Lenggogeni, 2013

Sama halnya dengan kebutuhan tenaga kerja, *barchart* dibutuhkan untuk menghitung jadwal pemasukan material pada pelaksanaan proyek. Yang dimaksud dengan bahan atau material adalah besarnya jumlah bahan yang dibutuhkan untuk menyelesaikan bagian pekerjaan dalam satu kesatuan pekerjaan (Ibrahim, 2007).



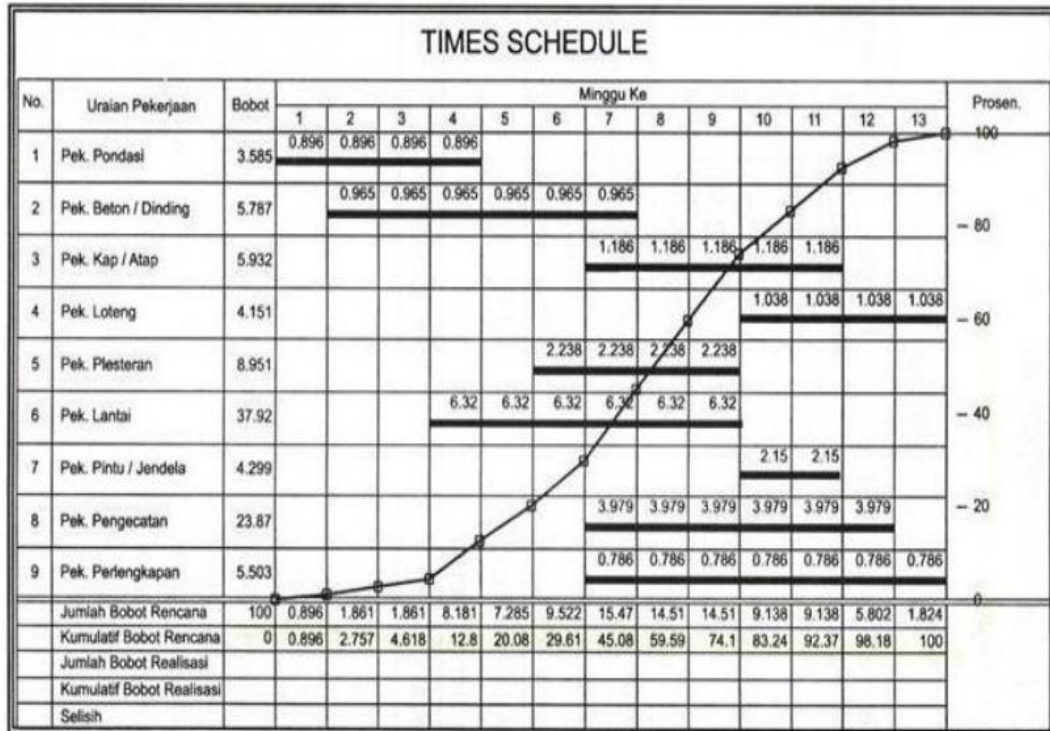
Gambar 2.4 : Contoh *Barchart/Ganttchart* Material

Sumber : Irika Widiasanti & Lenggogeni, 2013

2.6 Kurva-S

Kurva-S adalah pengembangan dan penggabungan dari diagram balok dan hannum curve. Pengembangan dan penggabungan dari diagram balok dan Hannum Curve sehingga dinamakan Kurva-S. Diagram balok dilengkapi dengan bobot tiap pekerjaan dalam persen (%). Pada jalur bagian bawah ada prosentase rencana untuk tiap satuan waktu dan prosentase kumulatif dari rencana tersebut. Disamping itu ada prosentase realisasi untuk tiap satuan waktu dari prosentasi kumulatif dari realisasi tersebut. Persentase kumulatif rencana dibuat sehingga membentuk Kurva-S. pengembangan ini dinamakan Kurva-S (*S curve*). Prosentasi kumulatif realisasi adalah hasil nyata di lapangan. Hasil realisasi dari pekerjaan pada suatu waktu dapat dibandingkan dengan kurva rencana. Jika hasil realisasi berada diatas Kurva-S, maka terjadi Prestasi, namun jika berada dibawah Kurva-S sehingga tidak mencapai prestasi, seperti yang dicanangkan. Dari Kurva-S dapat diketahui prosentase (%)

pekerjaan yang harus dicapai pada waktu tertentu. Untuk menentukan bobot tiap pekerjaan maka harus dihitung dahulu volume pekerjaan dan biayanya serta biaya nominal dari seluruh pekerjaan tersebut. Kurva-S ini sangat efektif untuk mengevaluasi dan mengendalikan waktu dan biaya proyek.(Candra Yuliana, 2019)



Gambar 2.5 : contoh Kurva-S

Sumber : Candra Yuliana, 2019

2.7 Estimasi Biaya Proyek/*Bill of Quantity*

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). Perhitungan estimasi biaya di proyek sering juga disebut *bill of quantity* (BoQ) merupakan perhitungan pengukuran oleh Quantity surveyor dimana didalamnya terdapat hitungan biaya tiap elemen seperti kolom, balok yang di dapat dari gambar perencanaan. Estimasi biaya sangat penting dalam

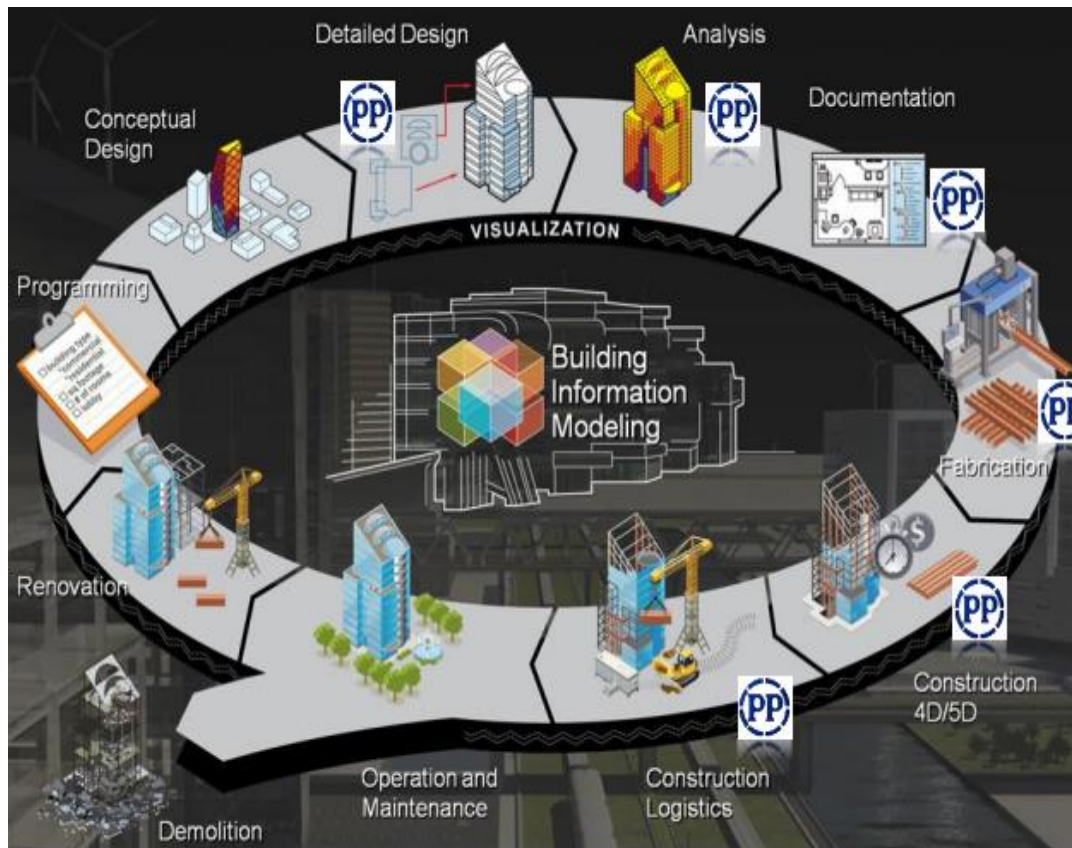
suatu proyek karena estimasi biaya tersebut menjadi acuan dalam pengendalian biaya nantinya dilapangan.

2.8 Building Information Modeling (BIM)

Menurut Pusat pendidikan dan pelatihan SDA dan konstruksi. (2018) BIM merupakan seperangkat teknologi, proses kebijakan yang seluruh prosesnya berjalan secara terintegrasi dalam sebuah model digital, yang kemudian diterjemahkan sebagai gambar 3 tiga dimensi. Teknologi tersebut juga merupakan proses dalam menghasilkan dan mengelola data suatu konstruksi selama siklus hidupnya. BIM menggunakan *software* 3D, *real-time*, dan pemodelan dinamis untuk meningkatkan produktivitas dalam desain dan konstruksi bangunan sedangkan menurut Eastman et al. (2011) dalam The Glossary of the BIM Handbook mengartikan BIM sebagai kata kerja yang menggambarkan alat, proses, dan teknologi yang difasilitasi oleh dokumentasi digital mengenai sebuah bangunan, performa, perencanaan, konstruksi, dan operasionalnya. Karakteristik *software* BIM dapat dilihat dari kemampuannya untuk menyatukan model virtual dari sebuah bangunan menggunakan objek-objek parametrik yang dapat dipahami oleh mesin dengan kemampuan menunjukkan fungsi dan kebiasaan yang digunakan untuk mendesain, menganalisis, dan melakukan test pada sebuah desain bangunan (Sacks et al., 2004). sedangkan menurut pernyataan tersebut menandakan *software* seperti 3D CAD tidak dapat dikategorikan sebagai BIM dikarenakan hanya memodelkan bentuk dan bukan fungsi ataupun keterikatan antar masing-masing elemen konstruksi. Ruang lingkup BIM sangatlah luas mulai dari desain awal proyek seperti model arsitektur, struktur, dan MEP, jadwal serta informasi lainnya mengenai sebuah bangunan dapat dikoordinasikan dengan baik (Rayendra & Soemardi, 2014).

BIM dapat pula didefinisikan sebagai sebuah sistem. Sistem ini merupakan proyeksi 3 dimensi dari sebuah konstruksi yang didalamnya memuat berbagai aspek informasi yang dibutuhkan dalam perencanaan, perancangan, pelaksanaan, pengendalian, dan pemeliharaan suatu konstruksi. BIM mendorong pertukaran model 3D antara disiplin ilmu yang berbeda sehingga proses pertukaran informasi antara pihak terkait konstruksi seperti konsultan, kontraktor, pengawas, dan owner

menjadi lebih efektif dan efisien. Dengan konsep BIM ini dapat diperoleh tinjauan dari 3 dimensi hingga 7 dimensi. 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. (Afandi, 2022).



Gambar 2.6 : Siklus konstruksi dengan menggunakan BIM

Sumber : PUPR

Dalam *Roadmap BIM Indonesia (2018)* yang dikeluarkan oleh PUPR menyatakan bahwa tujuan dari Implementasi BIM adalah :

1. Agar terjadinya peningkatan produktivitas dan efisiensi proses konstruksi
2. Agar berjalanya kolaborasi antar semua staholder kontruksi(Investor, perencana, kontraktor, pengawas dan manufaktur).
3. Peningkatan mutu, pengendalian biaya dan manajemen waktu dari proyek - proyek konstruksi Indonesia

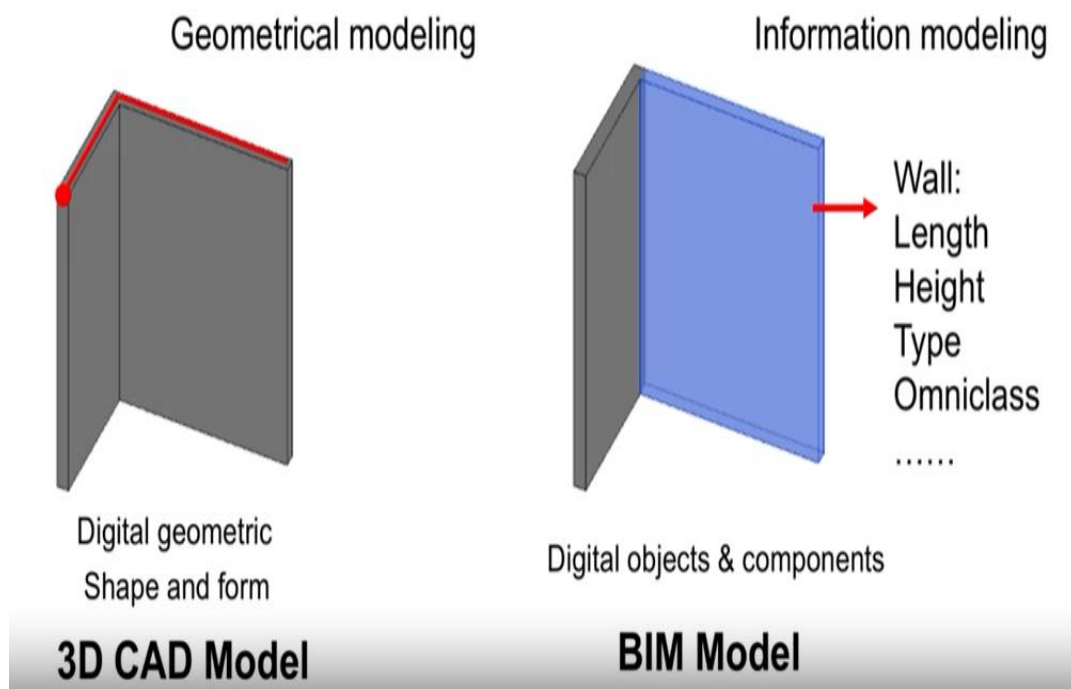
4. Regulator secara aktif memberikan approval, memonitor, dan supervisi progres pekerjaan konstruksi secara digital sebagaimana negara maju lainnya.

2.8.1 Karakteristik *Software* BIM dibandingkan dengan *software* CAD

Ada beberapa perbedaan karakteristik *software* dengan implementasi konsep Building Information Building (BIM) dengan *software* *Computer Aided Design* (CAD) yang dapat di jabarkan sebagai berikut :

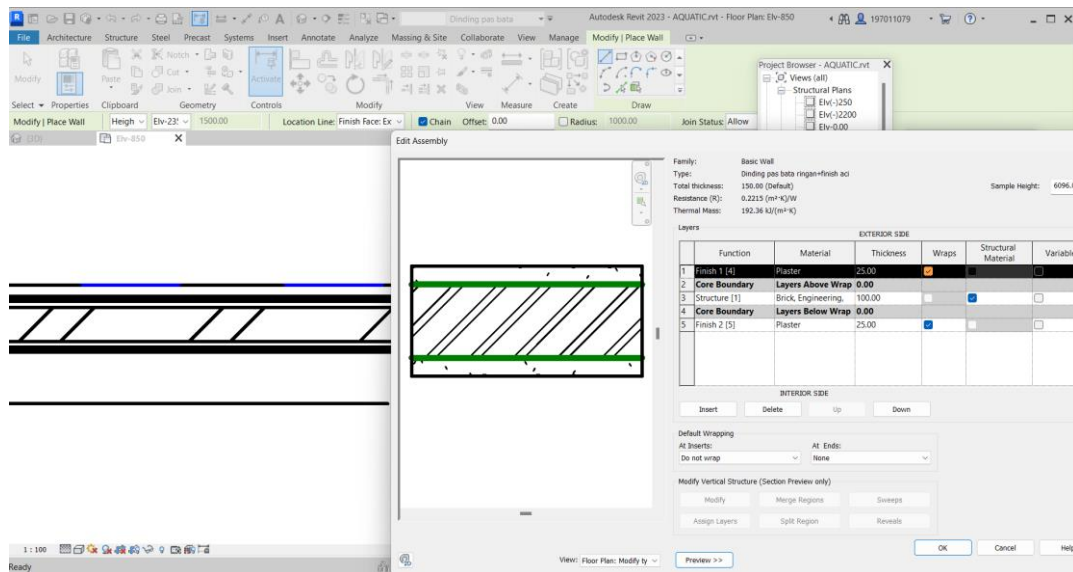
1. *Modeling Visual.*

CAD model merupakan campuran dari elemen-elemen geometri seperti titik, garis dan bentuk tanpa memiliki data dari objek yang di wakili terhadap dunia nyata, sedangkan dalam model BIM selain dapat memodelkan bentuk geometri model, BIM juga dapat merepresentasikan data-data objek sehingga memiliki kesamaan dengan objek real di dunia nyata.



Gambar 2.7 : Perbedaan *software* *Building Information Building* (BIM) dengan *Computer Aided Design* (CAD).

Sumber : Shang-Shien Hsien, National Taiwan University(2023)

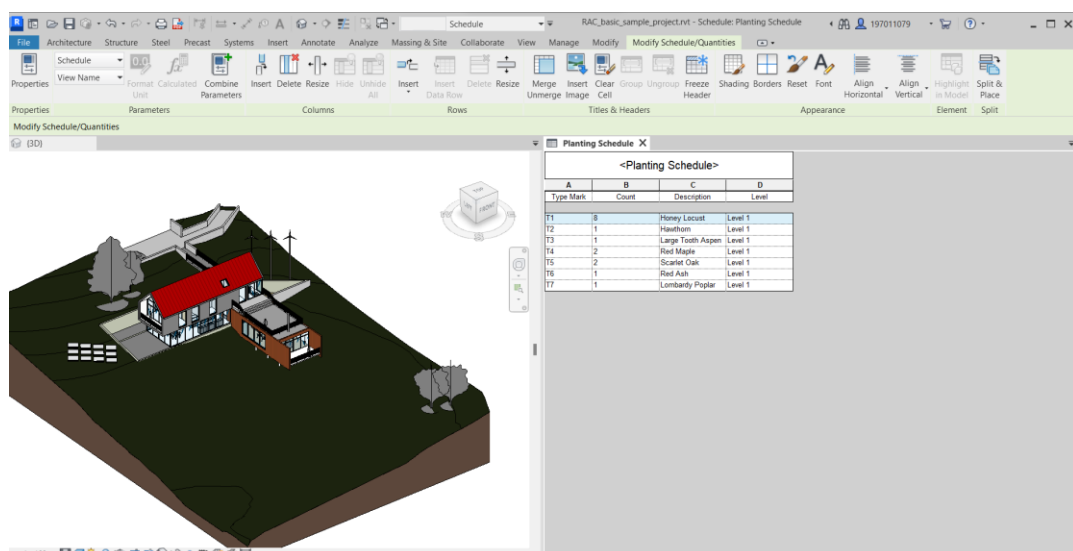


Gambar 2.8 : Spesifikasi material dinding pada model BIM.

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2. *Information Building.*

Pada model CAD kita hanya bisa menggambarkan kolom tanpa memiliki informasi mengenai materialnya di dunia nyata sedangkan pada model BIM ia memiliki bentuk kolom bersamaan dengan data material penyusunnya sehingga komputer secara otomatis dapat menghitung kuantitas dari objek-objek seperti warna dan jenis materialnya.

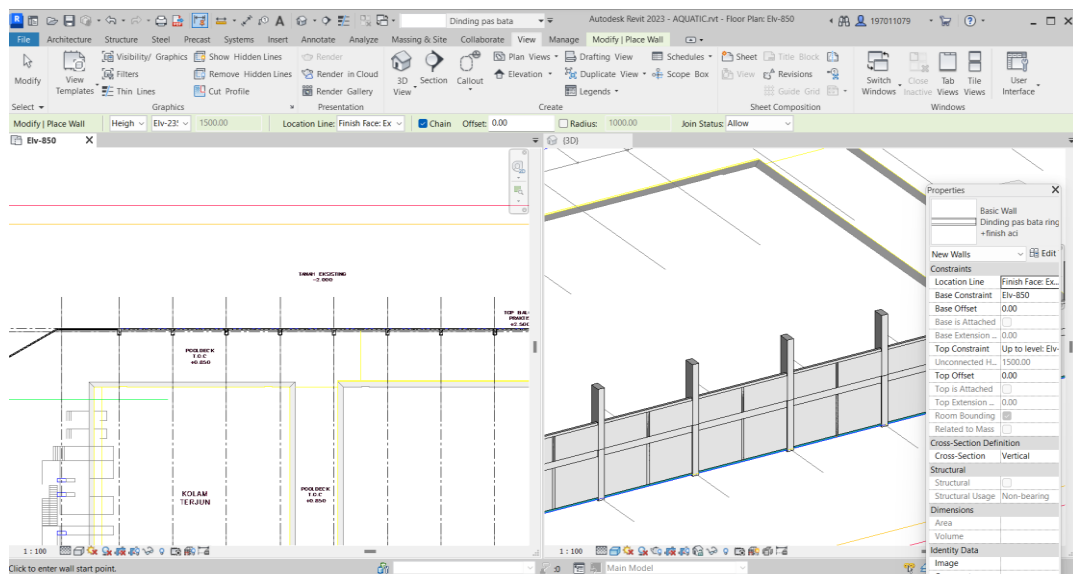


Gambar 2.9 : Perhitungan kuantitas objek di BIM.

Sumber : Dokumentasi Pribadi

3. *Integrated Modeling.*

Jika dalam Model CAD, setiap perubahan yang dilakukan terhadap satu gambar, maka harus dilakukan kepada setiap gambar terkait secara manual sedangkan pada model BIM, setiap gambar saling terkoneksi satu sama lain sehingga setiap perubahan pada suatu gambar maka secara otomatis merubah gambar lain baik dari gambar 2D ke 2D maupun dari 2D ke 3D dan sebaliknya . Hal ini dapat membuat miskomunikasi yang terjadi akibat perubahan gambar dapat dibuat seminimal mungkin.



Gambar 2.10 : Integrasi antar gambar pada model BIM.

Sumber : Dokumentasi Pribadi

2.8.2 Manfaat Implementasi 3D *Building Information Modeling (BIM)*

BIM adalah representasi digital dari karakteristik fisik dan fungsional suatu fasilitas. Dengan demikian, BIM ini berfungsi sebagai sumber pengetahuan bersama untuk informasi tentang suatu fasilitas yang membentuk dasar-dasar keputusan yang handal selama siklus hidup suatu fasilitas dari sejak awal berdiri dan seterusnya. United States *BIM Standard V1* (2008). Dengan demikian BIM merupakan konsep digitalisasi sebuah informasi ataupun ilmu pengetahuan bersama yang dapat menghasilkan keputusan-keputusan terukur dalam suatu proyek. Lalu beberapa manfaat dari BIM yaitu :

1. Visualisasi bentuk (untuk evaluasi fungsi dan estetika).

Software BIM memiliki beberapa konfigurasi render dengan tingkat realisme yang dapat membuat tampilan bangunan lebih mudah di pahami oleh *stakeholder* non-teknik jika di bandingkan dengan model CAD 2D ataupun gambar teknik konvensional. Contoh *basic 3D Modeling* dari *software* BIM yaitu Autodesk Revit dapat dilihat pada Gambar 2.11, dan juga beberapa variasi rendering revit lainnya ada pada Gambar 2.12



Gambar 2.11 : *Basic 3D Modeling* Autodesk Revit.

Sumber : *Example Modul Aplikasi Revit* (2023)

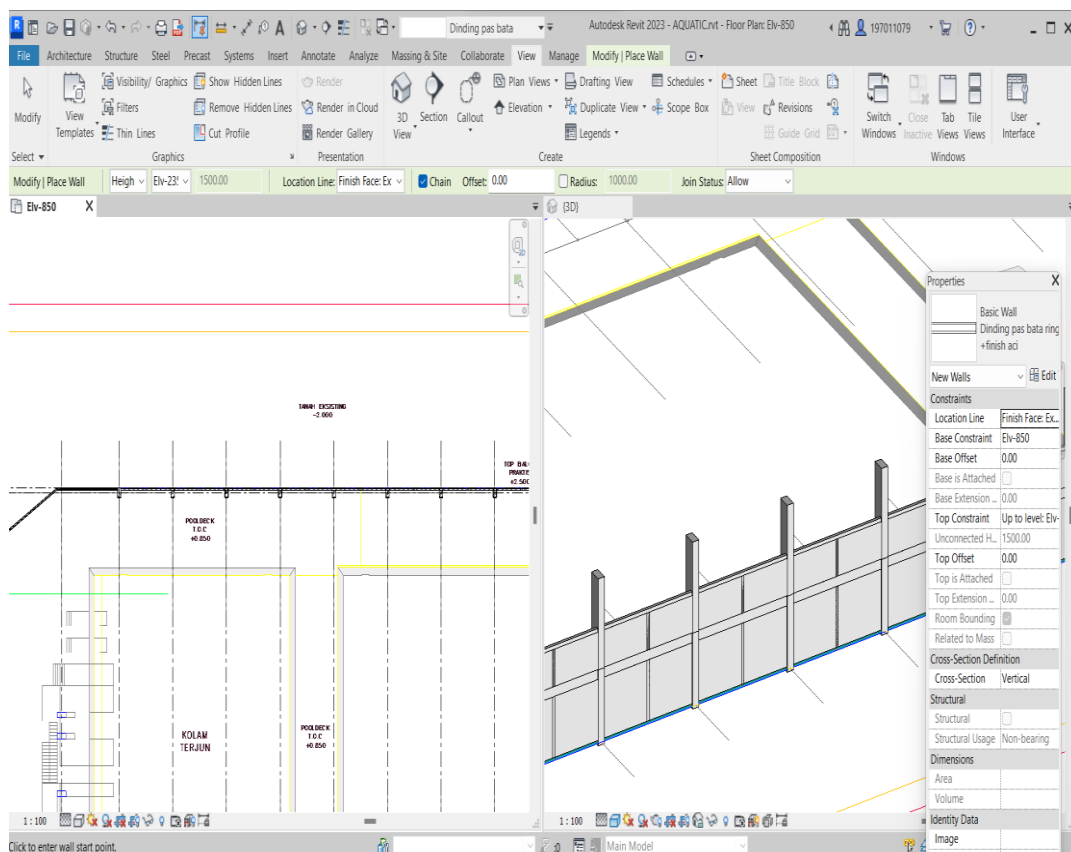


Gambar 2.12 : Variasi *rendering* BIM menggunakan *software* Autodesk Revit.

Sumber : caddetailsblog.com ; comparing 6 revit rendering plugins (2023)

2. Membuat berbagai alternatif desain dengan cepat.

Dalam konsep BIM, gambar-gambar konstruksi saling terintegrasi satu sama lain sehingga ketika ada perubahan *design*, perubahan hanya perlu diterapkan pada satu model gambar yang akan otomatis mengubah tampilan gambar lainnya, tidak seperti model CAD 2D yang memerlukan perubahan manual di tiap-tiap gambar sehingga membutuhkan waktu yang lebih lama dalam perubahan *design*.

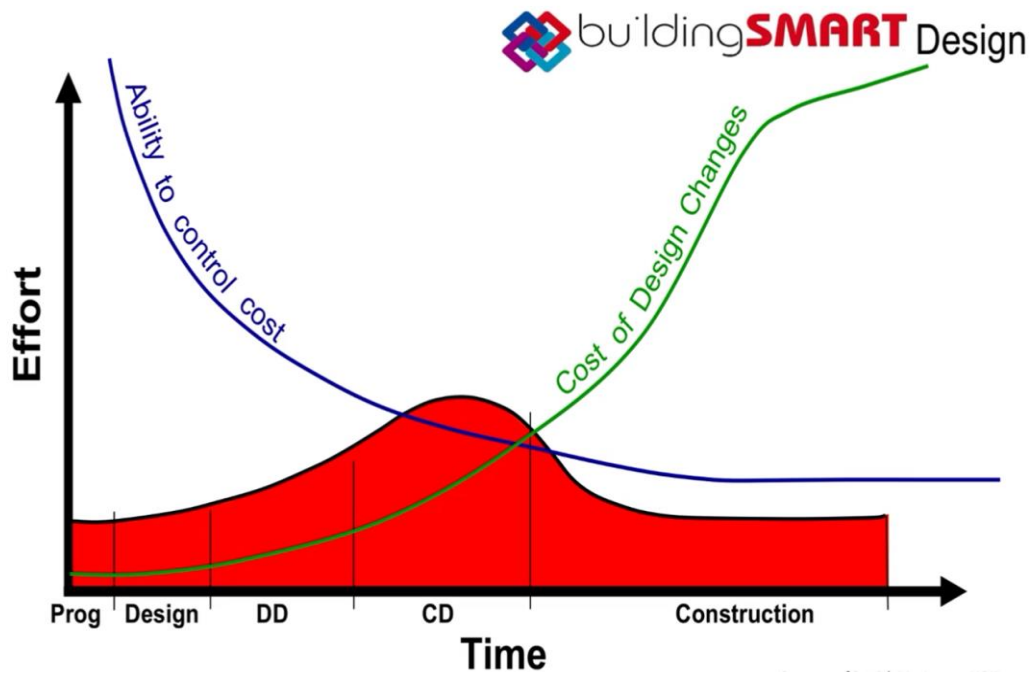


Gambar 2.13 : Integrasi antar gambar pada model BIM.

Sumber : Dokumentasi Pribadi

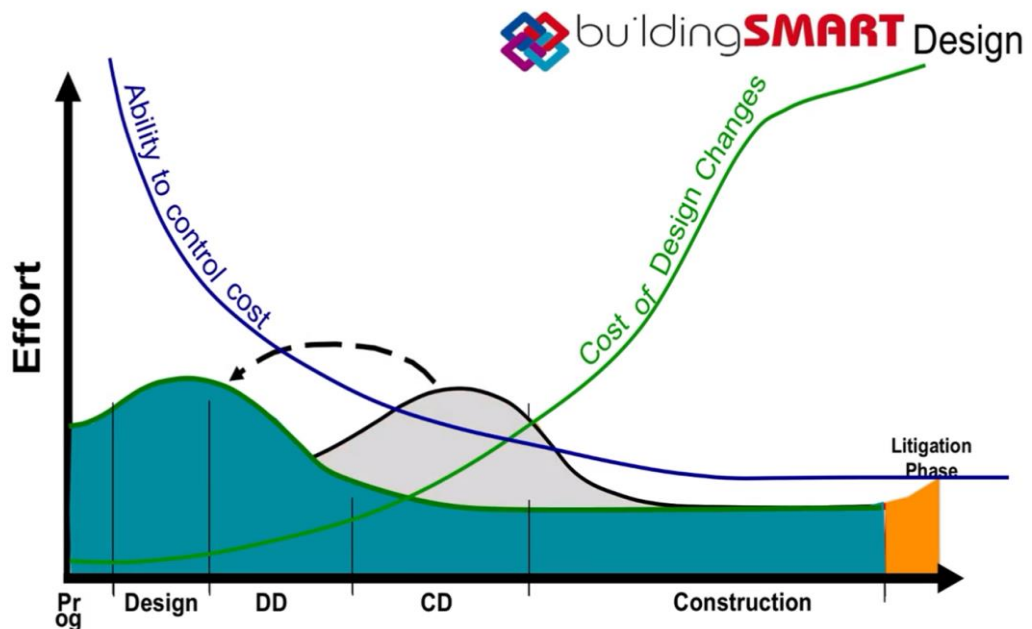
3. Efisiensi biaya konstruksi

Dalam pekerjaan konstruksi seringkali terdapat perubahan *design* yang berpengaruh terhadap perubahan biaya, mutu dan waktu proyek konstruksi yang memakan biaya yang tidak sedikit, seperti dapat dilihat pada Gambar 2.14, hal tersebut dapat diakibatkan beberapa kemungkinan yaitu kesalahan *design*, gambar yang tidak jelas/kurang lengkap, gambar yang tidak mungkin dilaksanakan/ketidaksesuaian gambar dengan kondisi lapangan.



Gambar 2.14 : Grafik hubungan antara usaha dan waktu terhadap pengeluaran proyek dengan metode konvensional.

Sumber : Shang-Shien Hsien, National Taiwan University(2023)



Gambar 2.15 : Grafik hubungan antara usaha dan waktu terhadap pengeluaran proyek dengan metode BIM.

Sumber : Shang-Shien Hsien, National Taiwan University(2023)

Sedangkan dalam BIM salah satu konsep efisiensi biaya yaitu untuk memaksimalkan usaha pekerjaan pada tahap *design* sehingga kemungkinan adanya perubahan *design* yang di akibatkan miskomunikasi *design* menjadi kecil seperti dapat dilihat pada Gambar 2.15, Hal ini dapat dilakukan pada konsep BIM karena masing masing gambar dalam BIM memiliki integrasi dan informasi tiap tiap elemen yang dipakai. Desainer dapat memanipulasi dan mengubah desain secara efisien dengan memanfaatkan kemampuan BIM dalam memahami hubungan dan kebiasaan antar komponen pada model. Dimana hal ini tidak dapat dilakukan dalam sistem CAD.

4. Menggunakan data pada model untuk memprediksikan performa bangunan. Data *Quantity take-off* hasil *Modeling* BIM dapat digunakan untuk mengestimasi biaya konstruksi yang terintegrasi dengan model sehingga setiap perubahan pada model dapat secara otomatis menyesuaikan dengan estimasi, sehingga dapat mengurangi resiko kesalahan perhitungan estimasi ataupun *double counting* suatu biaya.
5. Kolaborasi desain dan konstruksi.
Kolaborasi dalam desain dan konstruksi pada BIM dapat dilakukan secara internal dimana sebuah tim bekerja pada satu model atau disiplin ilmu yang sama dan eksternal dimana beberapa tim melakukan *Modeling* pada model dari disiplin ilmu yang berbeda untuk dilakukan penggabungan secara simultan.

2.8.3 Dimensi dan Tingkat Implementasi BIM

1. 3D (*Modeling* 3D)
Memperlihatkan kondisi eksisting serta memvisualisasikan keluaran proyek konstruksi.
2. 4D (penjadwalan/*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.
3. 5D (Estimasi Biaya Proyek)

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*, termasuk *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.

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.



Gambar 2.16 : Tingkatan BIM

Sumber : PUPR (2018)

2.8.4 Penjadwalan/Scheduling Berbasis BIM

Penjadwalan proyek berbasis BIM 4D dilakukan dengan mengintegrasikan fase konstruksi proyek serta urutan pelaksanaannya ke dalam model 3D yang telah

dibuat. Hasil dari integrasi jadwal proyek dengan model 3D memungkinkan schedule yang telah terintegrasi dapat divisualisasikan dalam bentuk animasi sehingga mempermudah proses komunikasi antara *stakeholder* yang terlibat dalam sebuah proyek. Implementasi BIM 4D dalam penjadwalan proyek juga memungkinkan seorang scheduler untuk membuat, meninjau serta mengubah jadwal dengan lebih efisien sehingga didapat schedule proyek yang lebih relevan dan terpercaya (Eastman et al., 2011).

2.8.5 *Quantity take-off* Material Berbasis BIM

Quantity take-off adalah salah satu pekerjaan dasar yang dibutuhkan dalam manajemen konstruksi karna berkaitan langsung dengan perkiraan biaya dimana ketidakakuratannya dapat berdampak pada biaya proyek yang membengkak bahkan penundaan proyek (Lee et al., 2016). 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.