

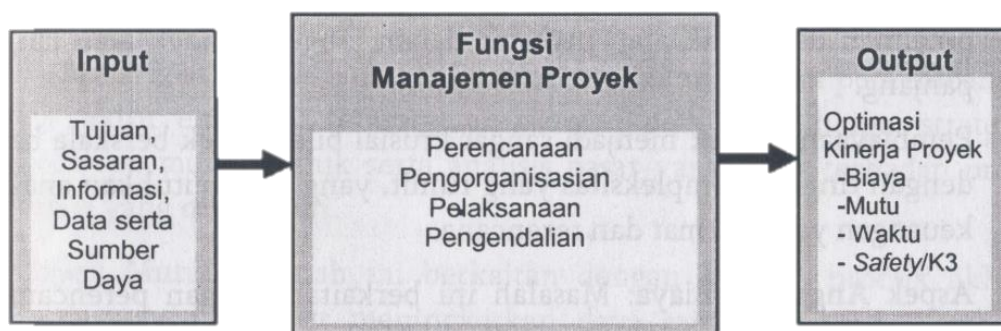
## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Manajemen Proyek

Manajemen secara umum dapat diartikan sebagai proses dalam merencanakan, memimpin, mengorganisir serta mengendalikan sumber daya untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan (Siswanto & Salim, 2020). Sedangkan proyek menurut (Lester, 2017) 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 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 (Lester, 2017).

Ketiga kriteria ini dapat divisualisasikan sebagai sebuah segitiga yang dikenal sebagai *triple constraints* yang digambarkan dalam *project triangle* yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Proses Manajemen Proyek

Sumber: (Adira, 2023)

(Lester, 2017) menjelaskan bahwa proyek haruslah 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 divisualisasikan sebagai sebuah segitiga yang dikenal sebagai *triple constraints* yang digambarkan dalam *project triangle* yang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.2 *Project Triangle*  
Sumber : (Lester, 2017)

(Siswanto & Salim, 2020) 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.

## 2.2 Rencana Anggaran Biaya

Rencana Anggaran Biaya 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 (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.

The *Association for Total Cost Management* 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, perspektif dari penyusun estimasi (kontraktor, perencana atau *owner*), kemampuan dari estimator, teknik estimasi yang digunakan serta akurasi biaya yang diinginkan (Hafez et al., 2015)

Estimasi biaya proyek merupakan 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 karena dianggap *overprice* (Lester, 2017) Pada 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).

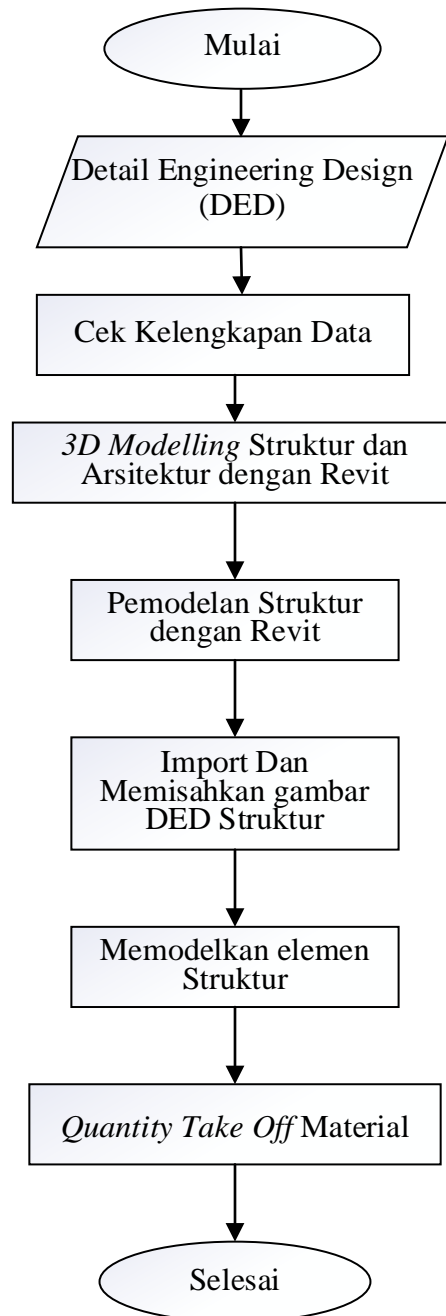
Tujuan dari estimasi biaya proyek adalah sebagai berikut (Rudiansyah et al., 2023):

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.

#### **2.2.1.1 Pemodelan pada *Software Autodesk Revit***

Implementasi konsep *Building Information Modelling* (BIM) dimulai dengan melakukan pemodelan menggunakan *software Autodesk Revit*. Data proyek yang berupa *detailed engineering drawing* konvensional 2D di-input dan dimodelkan dalam bentuk 3D pada *software Autodesk Revit* mulai dari bentuk serta spesifikasi teknis material dari tiap elemennya. Pemodelan harus dilakukan dengan sedetail mungkin untuk mendapatkan hasil yang akurat mulai dari fungsi elemen, material, serta tulangan. Setelah *Modelling 3D BIM* pada perangkat lunak Autodesk Revit telah selesai, akan dilakukan juga *clash detection* guna memastikan tidak *clash* atau bentrok yang terjadi entah karena ada kesalahan pada tahap pemodelan ataupun adanya miskomunikasi antar disiplin.



Gambar 2.3 Alur Pemodelan pada *software* Autodesk Revit

### 2.3 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan atau *scheduling* menurut (Adira, 2023) adalah kegiatan pengalokasian waktu yang tersedia untuk melaksanakan pekerjaan dalam rangka menyelesaikan sebuah proyek yang bertujuan untuk mencapai hasil yang optimal dengan mempertimbangkan keterbatasan yang ada.

Adapun manfaat dari penjadwalan proyek diantaranya adalah sebagai berikut:

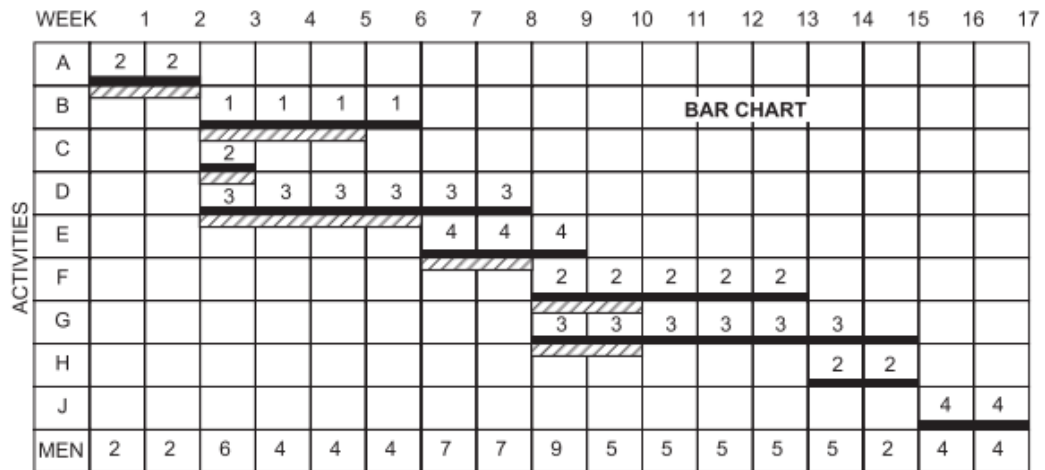
1. Sebagai pedoman bagi tiap unit kegiatan mengenai batasan waktu untuk
2. memulai dan menyelesaikan masing-masing tugas.
3. Sebagai sarana bagi manajemen untuk koordinasi secara sistematis dalam
4. menentukan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu
5. Sebagai sarana untuk menilai kemajuan pekerjaan
6. Menghindari penggunaan sumber daya yang berlebihan
7. Memberi kepastian waktu pelaksanaan pekerjaan
8. Sebagai sarana dalam pengendalian proyek.

Tingkat kompleksitas penjadwalan sebuah proyek berbanding lurus dengan skala proyek karena dana dan sumber daya yang perlu dikelola dapat menjadi sangat besar pada proyek tertentu, selain itu kegiatan yang dilakukan juga semakin beragam dengan durasi proyek yang panjang. Maka dari itu ada beberapa metode yang dapat digunakan dalam penyusunan penjadwalan proyek seperti metode bagan balok (*bar chart*) dan analisis jaringan kerja (*network analysis*) (Siswanto & Salim, 2020).

### **2.3.1 Bagan Balok/*Bar Chart***

Metode penjadwalan dengan 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 (Adira, 2023).

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 balok digambarkan dengan bentuk balok lurus horizontal. Panjang balok pada tiap kegiatan proporsional dengan durasi, waktu mulai serta waktu selesai 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 dibawah ini:

Gambar 2.4 Contoh *Bar Chart*

Sumber : (Lester, 2017)

(Adira, 2023) 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.

### 2.3.2 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 (Adira, 2023). 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 persentase kumulatif bobot pada masing-masing item pekerjaan pada sumbu vertikal dan waktu atau durasi kegiatan tersebut pada sumbu horizontal, sehingga saat diplot grafik akan membentuk 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 (Adira, 2023).





Pondasi merupakan bagian dari sebuah struktur bangunan yang termasuk pada struktur bawah dan berhubungan langsung dengan tanah. Fungsinya adalah sebagai penahan bangunan di atasnya serta menyalurkan beban bangunan ke tanah.

#### 1. Sloof

Sloof merupakan struktur bangunan yang terletak di atas pondasi. Fungsinya adalah sebagai pengunci dinding sehingga jika terjadi pergeseran tanah, maka dinding tidak mudah roboh.

#### 3. Kolom

Kolom merupakan struktur bangunan yang berperan penting dalam menahan beban sebuah struktur karena apabila kolom tidak dapat menahan beban bangunan, maka bisa saja bangunan tersebut runtuh.

#### 4. Balok

Balok merupakan struktur bangunan yang berfungsi untuk menyalurkan beban pada pelat lantai menuju kolom.

#### 5. Pelat Lantai

Pelat lantai merupakan bagian dari struktur bangunan yang berguna untuk menahan beban langsung dari beban yang ada di atasnya yang ditahan oleh balok untuk selanjutnya disalurkan ke kolom.

#### 6. Tangga

Tangga merupakan penghubung antar lantai. Tangga sendiri terdiri dari beberapa bagian seperti pelat, bordes serta anak tangga.

### **2.5 *Building Information Modelling (BIM)***

*Building Information Modelling* atau yang biasa 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 menganalisis 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.

### 2.5.1 Manfaat *Building Information Modelling* (BIM)

(Henry et al., 2020) dalam *Journal of Construction Engineering and Management* menyebutkan bahwa ada beberapa kegunaan dari penerapan BIM pada sebuah proyek, diantaranya:

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

*Software* BIM memiliki kemampuan untuk melakukan *render* dengan berbagai tingkat realisme, sehingga dapat membuat tampilan bangunan menjadi lebih mudah diterima oleh stakeholder non-teknik ketimbang gambar teknik.

2. Membuat berbagai alternatif desain dengan cepat.

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.

3. Menggunakan data pada model untuk memprediksikan performa bangunan.

Data yang ada pada model dapat digunakan untuk melakukan analisis struktur yang dapat dilakukan pada beberapa *software* BIM, estimasi biaya konstruksi dan siklus hidup, serta memastikan model telah dievaluasi sesuai dengan aturan yang berlaku.

4. Kemudahan mengatur dan melakukan integritas informasi dan model desain.

Perangkat lunak BIM mampu menyimpan informasi dari tiap komponen bangunan tanpa adanya pengulangan dari informasi yang sama pada tampilan yang

berbeda sehingga informasi tersebut dapat diintegrasikan dengan komponen lainnya.

5. Otomatisasi pembuatan gambar dan dokumen.

*Software* BIM yang berbeda juga memberikan berbagai tingkatan otomatisasi yang berbeda dalam pembuatan gambar dan dokumen sebuah proyek. Namun secara general mayoritas *software* BIM dapat membuat gambar kerja dengan otomatis dan dilengkapi dengan anotasi yang dibutuhkan.

6. 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 *Modelling* pada model dari disiplin ilmu yang berbeda untuk dilakukan penggabungan secara simultan.

7. Membuat alternatif dan evaluasi rencana pelaksanaan dengan cepat.

Beberapa *software* BIM yang dapat mendukung hingga visualisasi jadwal proyek dapat memberikan informasi mengenai pelaksanaan item pekerjaan, keterkaitan antar item pekerjaan, persyaratan dari item pekerjaan tersebut, serta *resource* yang dibutuhkan. Sehingga jika ada perubahan serta evaluasi dari pelaksanaan dapat dilakukan dengan cepat.

8. Komunikasi dengan berbasis *online/electronic object*.

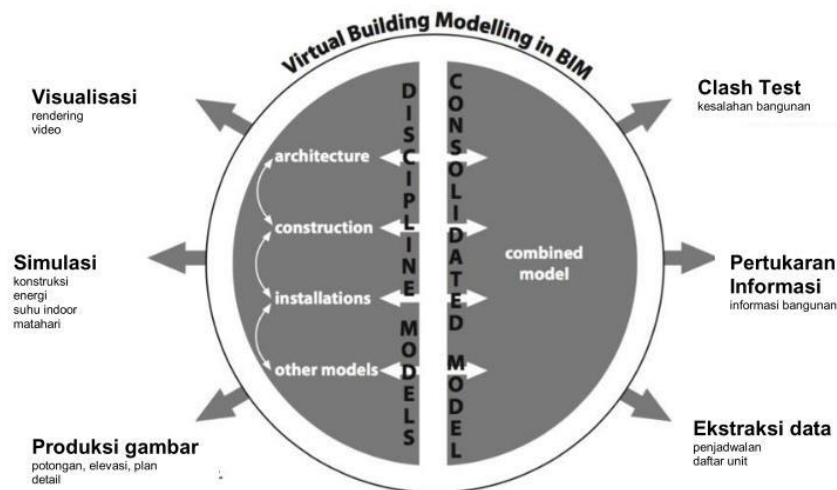
Kerjasama antar BIM memungkinkan untuk melakukan komunikasi mengenai informasi yang terdapat pada model dengan menggunakan *server*.

(Rayendra & Soemardi, 2014) menjelaskan keuntungan dari penggunaan BIM adalah sebagai berikut:

1. Meminimalisir desain *lifecycle* dengan meningkatkan kolaborasi antara owner, konsultan serta kontraktor.
2. Kualitas dan akurasi dokumen yang jelas dari proses konstruksi.
3. Teknologi BIM dapat digunakan untuk seluruh siklus hidup bangunan.
4. Menghasilkan produk yang lebih berkualitas serta meminimalisir timbulnya masalah.

5. Pemotongan biaya dan meminimalisir *waste* proyek.
6. Meningkatkan manajemen konstruksi

Sedangkan Kementerian (PUPR, 2018) dalam Modul Pelatihan Perencanaan Konstruksi dengan Sistem Teknologi Building Information Modelling (BIM) menggambarkan manfaat dari pemodelan virtual dengan konsep BIM yang terintegrasi antar disiplin sebagai berikut:



Gambar 2.6 Manfaat Pemodelan BIM Terintegrasi  
Sumber (PUPR, 2018)

### 2.5.2 Dimensi dan Tingkat Implementasi *Building Information Modelling* (BIM)

Inti dari penggunaan BIM adalah model yang dibuat bukan hanya berupa model geometris, namun juga mengandung informasi tentang bahan material, berat, biaya, waktu instalasi, dan sebagainya. Dimensi yang merepresentasikan tingkat implementasi BIM pada sebuah proyek dijelaskan (Maulana Pusat Litbang Jalan dan Jembatan & Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2016) dalam BIM Handbook terbagi menjadi 5 (lima) dimensi dengan penjelasan sebagai berikut:

#### 1. 3D BIM/*Parametric Data for Collaborative Work*

BIM 3D menjadi sarana kolaborasi multidisiplin antara pihak-pihak yang terkait pada proyek mulai dari memodelkan hingga menganalisis masalah spasial dan struktural. Manfaat utama dari 3D BIM adalah mudahnya visualisasi dan

komunikasi desain dan meminimalisir kesalahan komunikasi antar disiplin pada tahap desain. Aspek yang ada pada BIM 3D diantaranya adalah:

- a. *3D Building data and information*
- b. *Existing model data*
- c. *Data prefabrikasi BIM*
- d. *Reinforcement and structure analysis*
- e. *Field layout and civil data*

## 2. 4D BIM /Scheduling

BIM 4D berlangsung selama masa proyek sehingga penjadwalan proyek menjadi lebih optimal. Aspek yang termasuk pada BIM 4D diantaranya:

- a. *Project schedule and phasing*
- b. *Just in time schedule*
- c. *Installation schedule*
- d. *Payment visual approval*
- e. *Last planner schedule*
- f. *Critical point*

## 3. 5D BIM/Estimating

BIM 5D memungkinkan pelacakan anggaran dan kegiatan biaya terkait proyek. Adapun aspek yang termasuk dalam BIM 5D adalah:

- a. *Conceptual cost planning*
- b. *Quantity extraction to cost estimation*
- c. *Trade verification*
- d. *Value engineering*
- e. *Prefabrication*

## 4. 6D BIM/Sustainability

BIM 6D memungkinkan untuk merencanakan penggunaan energi selama masa siklus hidup bangunan serta penerapan konsep *green building* pada proyek tersebut. Yang menjadi aspek pada BIM 6D diantaranya adalah:

- a. *Energy analysis*
- b. *Green building element*
- c. *Green building certification tracking*
- d. *Green building point tracking*

## 5. 7D BIM/Building Management

BIM 7D memungkinkan pihak manajemen bangunan untuk mengetahui data dari aset yang terdapat pada bangunan seperti status komponen, spesifikasi, manual pemeliharaan, serta garansi dan detail lainnya yang relevan dengan kondisi dan perawatan bangunan. Aspek yang ada pada BIM 7D adalah:

- a. *Building life cycle*
- b. *BIM as built data*
- c. *BIM cost operation and maintenance*
- d. *BIM digital lend lease planning*

Kementerian PUPR melalui Balai Pengembangan Sumber Daya Manusia PU mengklasifikasikan dimensi BIM sebagai berikut:

3D	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Model Kondisi eksisting:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. <i>Laser scanning</i></li> <li>b. <i>Ground penetration (Konversi Radar (GPR))</i></li> </ol> </li> <li>2. Model Logistik dan <i>safety</i></li> <li>3. Animasi, <i>rendering</i>, <i>walkthrough</i></li> <li>4. BIM Pre-Pabrikasi</li> <li>5. Laser accurate BIM driven field layout</li> </ol>
4D	<p><b>SCHEDULING</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Simulasi tahapan proyek</li> <li>2. Mempelajari penjadwalan:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Perencanaan akhir</li> <li>b. <i>Just in Time (JIT)</i> mengirim peralatan</li> <li>c. Instalasi simulasi detail</li> </ol> </li> <li>3. Validasi visual untuk persetujuan pembayaran</li> </ol>
5D	<p><b>ESTIMATING</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemodelan konsep real time dan perencanaan biaya</li> <li>2. Ekstrak kuantitas untuk mensupport detail estimasi biaya</li> <li>3. Trade verification dari model pabrikaan:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Struktur baja</li> <li>b. Pembesian</li> <li>c. Mekanikal dan plumbing</li> <li>d. Elektrikal</li> </ol> </li> <li>4. Value Engineering:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Skenario</li> <li>b. Visualisasi</li> <li>c. Ekstak kuantitas</li> </ol> </li> <li>5. Solusi Pre-fabrication:               <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Ruang peralatan</li> <li>b. MEP</li> <li>c. Multi-trade Prefabrication</li> <li>d. Arsitektural unik dan elemen-elemen struktur</li> </ol> </li> </ol>
6D	<p><b>SUSTAINABILITY</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Analisis konsep energi (via Dprofiler)</li> <li>2. Analisis detail energi (via Eco tech)</li> <li>3. Sustainable element tracking</li> <li>4. LEED tracking</li> </ol>
7D	<p><b>APLIKASI FACILITY MANAGEMENT</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Strategi Life cycle BIM</li> <li>2. BIM as-builts</li> <li>3. BIM embedded O&amp;P Manuals</li> <li>4. COBe data population dan extraction</li> <li>5. Perencanaan Pemeliharaan BIM dan Technical support</li> <li>6. BIM file hosting on lend Lease's digital exchage system</li> </ol>

Gambar 2.7 Dimensi BIM

Sumber : (PUPR)

Tingkat implementasi BIM pada sebuah proyek dibedakan menjadi beberapa level berdasarkan tingkat penerapannya pada proyek. Pembagian tingkatan implementasi pada BIM adalah sebagai berikut:

1. Level 0 BIM
  - a. Tidak ada kolaborasi antar disiplin
  - b. 2D CAD untuk penggambaran dan dokumentasi (*drafting*)
2. Level 1 BIM

- a. Pekerjaan desain konsen menggunakan 3D model, sedangkan gambar 2D CAD tetap digunakan untuk dokumentasi, perizinan, dan informasi proyek selama masa konstruksi
  - b. Terdapat standar CAD dan informasi dikolaborasikan dalam bentuk elektronik
  - c. Setiap disiplin memiliki standarnya sendiri
3. Level 2 BIM
- a. Pekerjaan dilakukan dengan berkolaborasi. Semua disiplin bekerja dengan system dan lingkungannya sendiri namun model dapat dikolaborasikan.
  - b. Dilakukan pertukaran informasi dengan format yang telah disetujui (IFC atau COBie).
4. Level 3 BIM
- a. Kolaborasi penuh antara semua disiplin dengan menggunakan satu objek dimana semua pelaku BIM bekerja dan memodifikasi objek yang sama.
  - b. Penerapan BIM ini disebut sebagai OpenBIM.

### **2.5.3 Quantity Takeoff Material Berbasis BIM**

*Quantity takeoff* adalah salah satu pekerjaan dasar yang dibutuhkan dalam manajemen konstruksi karena berkaitan langsung dengan perkiraan biaya dimana ketidakakuratannya dapat berdampak pada biaya proyek yang membengkak bahkan penundaan proyek (Lee et al., 2016). Proses *quantity takeoff* dengan cara tradisional dilakukan dengan menghitung manual semua jumlah elemen dari gambar 2D dan 3D yang tersedia dan di input datanya ke *software spreadsheet* seperti Microsoft Excel sehingga sangat rawan sekali terjadi kesalahan. Sedangkan dengan menggunakan BIM, proses *quantity takeoff* dilakukan dengan otomatis dan menghasilkan jumlah volume dari material dengan akurat sesuai dengan yang terdapat pada model 3D bangunan.

### **2.5.4 Penjadwalan Proyek Berbasis BIM**

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 Modelling* (BIM), diagram balok (*Bar Chart*), diagram jaringan (*Network*). Dari segi penyusunan jadwal, diagram jaringan kerja dipandang sebagai langkah penyempurnaan metode diagram balok.