

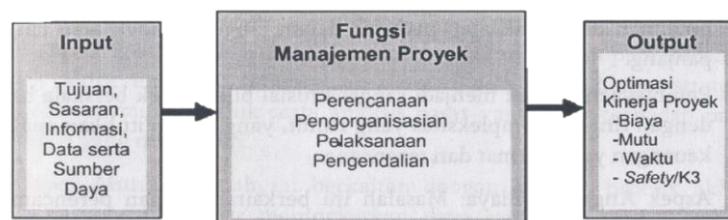
## BAB II

### STUDI PUSTAKA

#### II.1 Manajemen Proyek

Manajemen secara umum dapat diartikan sebagai proses dalam merencanakan, memimpin, mengorganisir serta mengendalikan sumber daya untuk mencapai sasaran yang telah ditentukan (Nugroho, 2021). Manajemen proyek adalah proses mengatur dan mengawasi serangkaian kegiatan yang telah direncanakan dengan baik, dimulai dari waktu tertentu hingga selesai, untuk mencapai tujuan yang ditetapkan dengan spesifikasi tertentu. Tujuan tersebut melibatkan penanganan kendala-kendala seperti waktu, biaya, dan sumber daya yang tersedia. Dengan demikian, manajemen proyek melibatkan perencanaan, pengawasan, dan pengendalian semua aspek yang terlibat dalam sebuah proyek, dengan fokus pada pencapaian waktu, biaya, dan mutu yang telah disepakati sebelumnya sebagai target utama proyek (Rangkuti, 2023).

Manajemen proyek merupakan implementasi 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 (Husen, 2011). Proses manajemen proyek dapat digambarkan sebagai berikut:



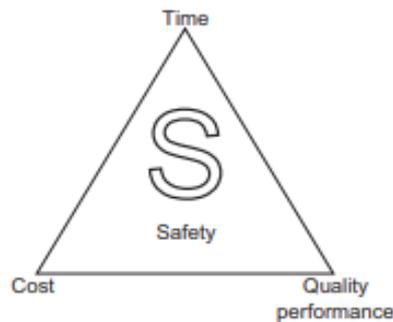
**Gambar II. 1 Proses Manajemen Proyek**

(Sumber: Husen, 2011)

Maka dari itu dapat disimpulkan Manajemen Proyek adalah proses melingkupi, merencanakan, menyediakan *staff*, mengorganisasi, mengarahkan dan mengontrol

pengembangan sebuah sistem yang dapat diterima dengan biaya minimal dan dalam jangka waktu tertentu (Lestari, 2019).

Suatu proyek mempunyai sasaran (*target*) tertentu dengan batasan-batasan mutu pekerjaan (*quality*), anggaran (*cost*), dan waktu (*time*) yang dikenal sebagai *Triple Constraint* yang dapat dilihat pada gambar berikut:



**Gambar II. 2 Project Triangle**

(Sumber: Lester, 2017)

### 1. Mutu pekerjaan atau kualitas (*quality*)

Produk akhir proyek harus memenuhi spesifikasi dan kriteria yang disyaratkan atau yang telah disepakati sebelumnya. Memenuhi persyaratan mutu berarti mampu memenuhi tugas yang dimaksudkan (*fit for the intende use*).

*Quality* adalah fokus utama dari sebuah proyek. Proyek sangat mengedepankan kualitas dari sebuah produk, maka dari itu perlu mengorbankan waktu yang lama dan biaya yang mahal untuk memenuhi tujuan dari proyek tersebut.

### 2. Waktu (*Time*)

Proyek harus dikerjakan sesuai dengan kurun waktu dan yang telah ditentukan. Penyerahan proyek tidak boleh melewati batas waktu yang telah ditentukan.

Jika sebuah proyek lebih fokus terhadap waktu pelaksanaan yang cepat, maka kualitas produk tidak akan begitu memuaskan dan begitu dan biaya yang dikeluarkan juga tidak sedikit.

### 3. Anggaran (*Cost*)

Proyek harus diselesaikan dengan biaya yang tidak melebihi anggaran. Untuk proyek-proyek yang melibatkan dana dalam jumlah besar dan jadwal yang

bertahun-tahun, anggarannya tidak hanya ditentukan untuk total proyek, tetapi dipecah-pecah berdasarkan komponen-komponennya, atau berdasarkan periode tertentu (misalnya per kuartal). Dengan demikian, penyelesaian bagian-bagian proyek pun harus memenuhi sasaran anggaran per periode.

Jika proyek fokus terhadap biaya yang dikeluarkan dirancang seminimal mungkin maka akan berdampak terhadap kualitas barang yang kurang memuaskan dan waktu pengerjaan yang cukup lama.

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 (Adira, 2023).

## **II.2 Proyek Konstruksi**

Proyek konstruksi berkembang seiring dengan perkembangan teknologi. Dalam berbagai bidang kehidupan, industri jasa konstruksi dituntut untuk membangun proyek-proyek sesuai dengan kebutuhan yang ada. Proyek konstruksi untuk bangunan gedung perkantoran, sekolah, dan perumahan memiliki perbedaan signifikan dengan konstruksi bangunan pabrik, bendungan, jembatan, jalan, dan proyek sipil lainnya. Tahapan konstruksi dapat dibedakan sebagai berikut: (Alfa A, 2018):

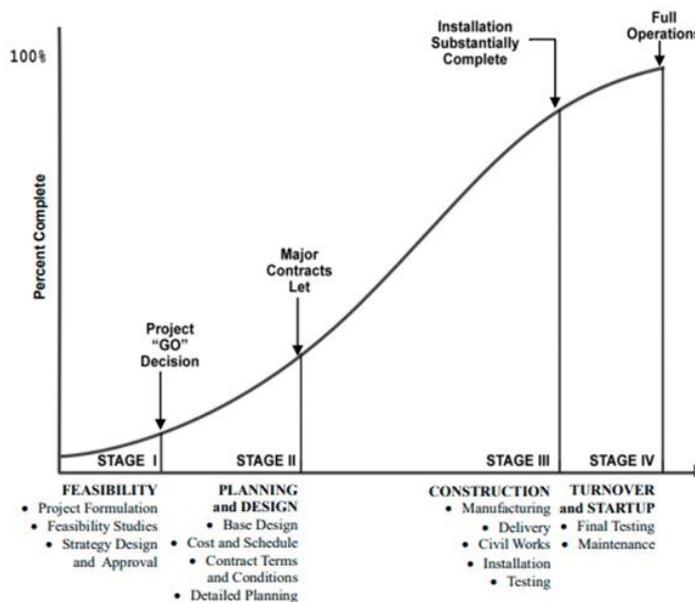
Pra Konstruksi, dimana pada tahapan ini terdapat kegiatan seperti studi kelayakan, survey lokasi, perencanaan DED, lelang pengadaan barang/jasa, dan persiapan dokumen lainnya yang berkaitan dengan persiapan konstruksi.

Konstruksi, pada tahapan ini proses pembangunan konstruksi dimulai yaitu diawali dengan pembersihan lokasi, pengukuran, pemasangan pondasi, pekerjaan struktur, pekerjaan arsitektur, pekerjaan mekanikal dan elektrikal, pekerjaan *Finishing* dan pekerjaan pembangunan utilitas bangunan (jika diperlukan) serta beberapa pekerjaan tambahan. Pada tahapan konstruksi ini mayor. Pada tahapan ini akan melibatkan orang banyak dengan berbagai disiplin ilmu yang berbeda pula.

Pasca Konstruksi, pada tahapan ini adalah dimana hasil pembangunan digunakan (operasi) sebagaimana mestinya dan tentunya akan diadakan perbaikan pada bagian-bagian yang memerlukan. Ada kalanya dilakukan perbaikan secara mayor, jika konstruksi yang ada dipandang perlu dilakukan perbaikan baik secara berkala maupun insidental akibat bencana.

### II.2.1 Project Life Cycle

Siklus hidup proyek (*Project Life Cycle*) merujuk pada serangkaian fase atau tahapan yang dijalankan secara berurutan untuk mengelola proyek dari awal hingga penyelesaiannya. Setiap tahapan dalam siklus hidup proyek memiliki tujuan khusus dan serangkaian aktivitas yang harus diselesaikan sebelum melanjutkan ke tahapan berikutnya. Pengetahuan tentang siklus hidup proyek penting bagi manajer proyek dan tim proyek untuk memahami bagaimana mengelola proyek secara efektif dari konsepsi hingga penyelesaian.



Gambar II. 3 Fase *Project Life Cycle*

(Sumber: Halpin, 1992)

a. Tahap Inisiasi Proyek (*Initiation Stage*):

Tahap ini merupakan awal dari siklus hidup manajemen proyek di mana tujuan, prioritas, tenggat waktu, dan risiko proyek dipahami. Kegiatan utama meliputi pertemuan dengan klien dan pemangku kepentingan untuk memahami tujuan,

motivasi, dan harapan mereka terhadap proyek. Langkah-langkah manajemen proyek utama untuk tahap inisiasi mencakup:

- 1) Mengidentifikasi tujuan dan hasil proyek.
- 2) Menguraikan risiko, ketergantungan, kendala, dan prioritas proyek.
- 3) Menetapkan ruang lingkup proyek berdasarkan tenggat waktu dan sumber daya yang tersedia.
- 4) Mengirimkan proposal proyek untuk persetujuan.

b. Tahap Perencanaan Proyek (*Planning Stage*):

Setelah proposal proyek disetujui, tahap selanjutnya adalah perencanaan proyek, di mana tugas dan jadwal pelaksanaan proyek diuraikan lebih lanjut.

Tahap perencanaan proyek melibatkan:

- 1) Mengubah proposal menjadi daftar tugas yang dapat ditindaklanjuti dan menjadwalkannya dalam roadmap proyek.
- 2) Mendokumentasikan proses atau alur kerja yang akan digunakan tim (misalnya, dengan menggunakan infografis proses).
- 3) Menetapkan tujuan jangka pendek yang dapat diukur dari tujuan proyek tingkat tinggi.
- 4) Mengatasi potensi masalah yang dapat menghambat roadmap.

c. Tahap Pelaksanaan Proyek (*Execution Stage*):

Tahap ini merupakan pelaksanaan utama proyek, di mana rencana diubah menjadi tindakan dan kinerja proyek dipantau secara terus-menerus. Tanggung jawab utama manajer proyek dalam tahap ini meliputi:

- 1) Memantau dan mengendalikan proses eksekusi, serta meninjau kualitas hasil tim.
- 2) Menyesuaikan dan memperbarui tugas, sasaran, dan tenggat waktu untuk memenuhi kondisi yang berubah.
- 3) Berkomunikasi antara tim dan pemangku kepentingan proyek.

d. Tahap Penutupan Proyek (*Closure Stage*):

Setelah mencapai tujuan proyek dan hasilnya disetujui oleh pemangku kepentingan, tahap penutupan proyek dimulai. Aktivitas yang dilakukan dalam tahap ini meliputi:

- 1) Menyerahkan hasil proyek.

- 2) Membebaskan anggota tim dan sumber daya proyek.
- 3) Menganalisis kinerja proyek dalam retrospektif proyek.

### **II.3 Manajemen Konstruksi**

Definisi dari manajemen konstruksi menurut Husen (2011) adalah kelompok yang menjalankan fungsi manajemen dalam proses konstruksi (tahap pelaksanaan), suatu fungsi yang akan terjadi dalam setiap proyek konstruksi. Tujuan pokok dari manajemen konstruksi ialah mengelola atau mengatur pelaksanaan pembangunan sedemikian rupa sehingga diperoleh hasil sesuai dengan persyaratan (*specification*).

Untuk dapat mencapai tujuan ini, perlu diperhatikan pula mengenai mutu bangunan, biaya yang digunakan dan waktu pelaksanaan. Dalam rangka pencapaian hasil ini, selalu diusahakan pelaksanaan pengawasan mutu (*quality control*), pengawasan waktu (*time control*), dan pengawasan penggunaan biaya (*cost control*). Ketiga kegiatan pengawasan ini harus dilaksanakan dalam waktu yang bersamaan. Penyimpangan yang terjadi dari salah satu hasil kegiatan pengawasan dapat berakibat hasil pembangunan tidak sesuai dengan persyaratan yang telah ditetapkan (Djojowiriono, 2002).

Proyek dari rekayasa sipil sendiri memiliki ciri yang unik, tunggal, dan dinamis dimana sifat dan tujuan dari tiap-tiap proyek tidak ada yang sama. Manajemen di dalam dunia proyek akan terus tumbuh dan berkembang mengikuti teknologi dan perkembangan zaman. Maka dari itu diperlukan teknik pengerjaan dan manajemen proyek yang fleksibel agar dapat diaplikasikan pada proyek manapun. Manajemen Konstruksi meliputi mutu fisik konstruksi, biaya dan waktu. Manajemen tenaga kerja dan manajemen material akan lebih ditekankan dalam suatu pekerjaan konstruksi. Hal tersebut dikarenakan pekerjaan pelaksanaan seperti pengendalian biaya dan waktu proyek lebih banyak berperan ketimbang manajemen perencanaan (Aditama, 2021).

Dalam manajemen proyek, pemimpin organisasi proyek akan mengelola dan mengarahkan perangkat dan sumber daya yang terlibat didalamnya agar dapat mencapai suatu pencapaian yang maksimal dan sesuai dengan standar kinerja proyek dalam hal mutu, waktu, biaya, dan keselamatan kerja. Agar mencapai hasil

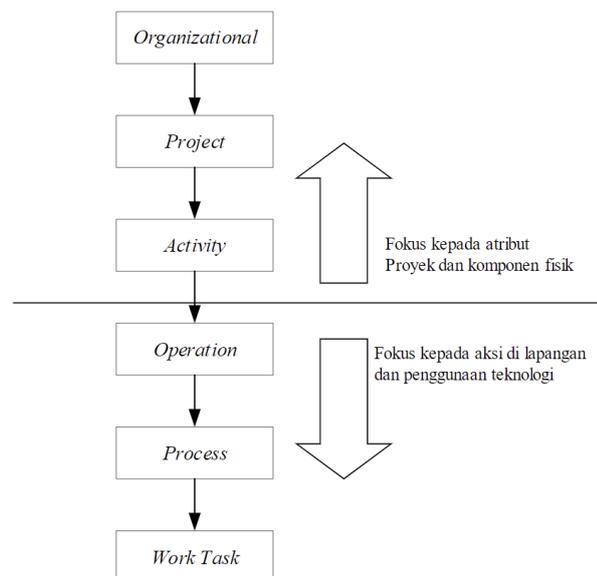
yang maksimal, kegiatan proyek haruslah disusun dengan detail dan akurat untuk menghindari penyimpangan-penyimpangan yang mungkin dapat terjadi.

### II.3.1 Hirarki Proyek Konstruksi

Sistem hirarki merupakan istilah yang terdapat pada manajemen yang di artikan sebagai alat yang paling mudah untuk memahami masalah yang kompleks dimana masalah tersebut diuraikan ke dalam elemen-elemen yang bersangkutan, menyusun elemen-elemen tersebut secara hirarkis dan akhirnya melakukan penilaian atas elemen-elemen tersebut sekaligus menentukan keputusan mana yang akan diambil (Qothrunnada, 2023).

Proses pengelompokan dalam penyusunannya ini biasanya untuk menentukan level hirarki yang tepat. Hal ini yang membuat hirarki memiliki urutan sistem yang berurutan dengan baik, sehingga berfungsi untuk mendapatkan dampak dari sistem tersebut.

Hirarki proses konstruksi secara berurutan terdiri dari *organization* (organisasi), *project* (proyek), *activity* (aktivitas), *operation* (operasi), *process* (proses), dan *work task* (tugas) (Halpin, 1992), seperti pada gambar II.4.



**Gambar II. 4 Hirarki Proses Konstruksi**  
(Sumber: Halpin, 1992)

Pada setiap tingkat hirarki konstruksi, memiliki proses yang spesifik sesuai tingkatannya. Berikut proses pada setiap tingkatan proses konstruksinya (Halpin, 1992):

- 1) *Organizational*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada aspek legal dan struktur bisnis perusahaan, dan berbagai fungsi manajemen yang dikerjakan oleh interaksi antara kantor pusat dan perwakilan di proyek konstruksi.
- 2) *Project*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada pengendalian jadwal dan biaya.
- 3) *Activity*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada atribut sumber daya proyek yang penurunan dari *project*.
- 4) *Operation*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada teknologi dan detail bagaimana konstruksi berjalan.
- 5) *Task*, tingkat proses konstruksi yang berfokus pada identifikasi porsi tugas pekerja di lapangan.

### **II.3.2 Penjadwalan Proyek Konstruksi**

Penjadwalan (*scheduling*) merupakan proses pengaturan alokasi waktu yang tersedia untuk menjalankan pekerjaan dalam rangka menyelesaikan suatu proyek dengan hasil yang optimal, dengan mempertimbangkan keterbatasan yang ada (Maulana et al., 2023). Manfaat dari penjadwalan proyek mencakup:

1. Menetapkan batasan waktu bagi setiap kegiatan untuk memulai dan menyelesaikan tugas-tugasnya.
2. Memberikan kerangka kerja bagi manajemen untuk secara sistematis mengoordinasikan alokasi prioritas terhadap sumber daya dan waktu.
3. Menyediakan alat untuk mengevaluasi kemajuan pekerjaan.
4. Mencegah penggunaan berlebihan dari sumber daya.
5. Memberikan kepastian mengenai jadwal pelaksanaan pekerjaan.
6. Menjadi alat penting 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*) (Adira, 2023).

Ada beberapa metode penjadwalan proyek yang dapat digunakan dalam mengelola waktu dan sumber daya proyek. Masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangannya. Penggunaan metode ini tergantung dari kebutuhan proyek serta hasil dan tujuan yang ingin dicapai dalam suatu proyek (Rachmawati, 2022).

Metode yang digunakan dalam melakukan penjadwalan proyek adalah sebagai berikut (Rachmawati, 2022):

- 1) Bagan Balok (*Barchart*) bertujuan untuk mengidentifikasi waktu dan urutan dalam merencanakan suatu kegiatan, terdiri dari waktu mulai, waktu selesai dan pelaporan. Metode ini menggunakan balok horisontal untuk menggambarkan kegiatan. Panjang balok menyatakan durasi lama kegiatan dalam skala waktu yang dipilih. Barchart terdiri dari sumbu y yang menyatakan kegiatan atau paket kerja, digambarkan dengan balok, dan sumbu x yang menyatakan satuan waktu dalam hari, minggu, atau bulan sebagai durasi.
- 2) Metode Penjadwalan *Linier* (Diagram Vektor) merupakan metode efektif untuk proyek yang memiliki karakteristik kegiatan berulang, baik yang bersifat horizontal maupun vertikal.
- 3) Metode *Critical Path Method* (CPM) dikenal adanya jalur kritis, yaitu jalur yang memiliki rangkaian komponen-komponen kegiatan dengan total jumlah waktu terlama dan menunjukkan kurun waktu penyelesaian proyek yang tercepat. Jalur kritis penting bagi pelaksana proyek, karena pada jalur ini terletak kegiatan yang bila pelaksanaannya terlambat akan menyebabkan keterlambatan proyek secara keseluruhan.
- 4) Metode *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) adalah suatu metode yang digunakan untuk menghadapi situasi dengan kadar ketidakpastian (*uncertainty*) yang tinggi pada aspek kurun waktu kegiatan. Metode ini memakai pendekatan yang menganggap bahwa kurun waktu kegiatan tergantung pada banyak faktor dan variasi, sehingga perkiraan diberi rentang

(*range*) dengan memakai tiga angka estimasi yaitu: waktu optimis, waktu mungkin dan waktu pesimis

- 5) Metode *Precedence Diagram Method* (PDM) merupakan salah satu Teknik penjadwalan Network Planning atau Rencana Jaringan Kerja yang menitik beratkan kegiatan pada node sedangkan anak panah hanya sebagai petunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatanbersangkutan. Sehingga dummy tidak diperlukan dalam pembuatan PDM.

### II.3.3 *Clash detection*

*Clash* atau yang dapat diartikan sebagai bentrok dalam Bahasa Indonesia adalah kondisi dimana adanya elemen dari model yang berbeda yang mendiami ruang yang sama (PUPR, 2018). Sedangkan *clash detection* adalah tahapan mendeteksi adanya *clash* pada sebuah proyek.

Salah satu proses yang cukup kritis khususnya bagi kontraktor dalam pelaksanaan proyek adalah mengenai koordinasi dan pertukaran informasi mengenai gambar proyek (Procore, 2023). Pada proyek yang masih menggunakan gambar CAD 2D konvensional, *clash detection* biasanya dilakukan dengan melakukan *overlay* pada gambar-gambar yang terkait untuk memastikan bahwa tidak ada *clash* yang terjadi. Pelaksanaan *clash detection* konvensional dapat dikatakan kurang efektif karena memakan waktu serta adanya kemungkinan untuk terjadi *human error*. Mengingat adanya kekurangan pada metode konvensional didorong dengan berkembangnya perangkat lunak BIM maka digunakanlah fitur *clash detection* yang berbasis pada 3D model BIM.

Ada beberapa jenis *clash* yang biasanya terjadi diantaranya adalah (Daffa, 2023):

1. *Clash* keras (*Hard clash*) yaitu *clash* keras terjadi ketika dua objek berada dalam ruang yang sama tanpa adanya celah atau pembukaan. Contohnya adalah ketika pipa melewati dinding tanpa adanya saluran.
2. *Clash* lembut/penyusunan (*Soft clash/clearance clash*) yaitu *clash* lembut mengacu pada toleransi atau ruang yang diperbolehkan antara komponen. Misalnya, ada zona penyangga antara komponen yang tersisa untuk memberikan ruang untuk pemeliharaan di masa depan.

3. *Clash* alur kerja (*4D/workflow clash*) yaitu *clash* alur kerja atau *4D clash* terkait dengan benturan yang terjadi dalam penjadwalan tim kerja, pengiriman material, atau masalah waktu lainnya yang berkaitan dengan proyek.

#### **II.4 Building Information Modeling (BIM)**

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.

BIM ialah salah satu perkembangan teknologi di bidang *architecture, engineering, dan construction* (AEC). Dengan BIM, permodelan dilakukan secara digital sehingga memiliki akurasi yang tinggi dibandingkan dengan cara manual. Setelah permodelan selesai, hasilnya dapat mendukung kegiatan pengadaan fabrikasi dan konstruksi. Jika diimplementasikan dengan baik, BIM dapat memfasilitasi proses perencanaan dan konstruksi secara terintegrasi yang dapat menghasilkan bangunan berkualitas dengan biaya yang lebih rendah dan mengurangi durasi proyek (Afandi, 2022).

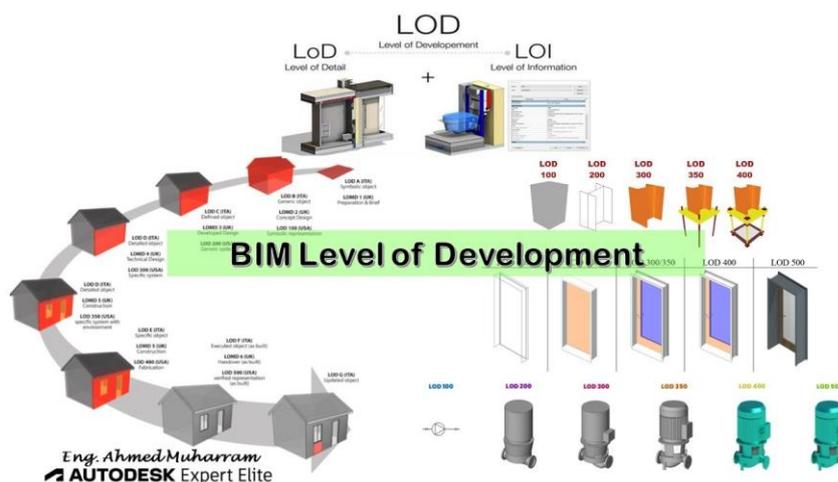
Sedangkan menurut Baskoro (2019) BIM adalah suatu konsep atau proses yang bertujuan menghasilkan dan mengelola suatu data *project* dalam siklus proyeknya secara *real time* dalam bentuk 3D dengan tujuan meningkatkan produktivitas dalam proses perencanaan dan konstruksi.

BIM sudah tidak asing lagi di dunia *Engineering, Arsitektur, dan Industri Konstruksi*. BIM memberikan pengetahuan dan informasi yang detail dan seragam bagi penggunaannya (Tanne & Indrayani, 2023). Dengan adanya BIM pekerjaan jauh lebih baik dengan mengedepankan komunikasi dan koordinasi pada tim proyek. Proses perencana, permodelan dan analisis, penjadwalan, mendeteksi terjadinya kesalahan dalam perancangan dan simulasi pelaksanaan, dapat menggunakan *software AutoCAD, Revit, MS Project dan Naviswork*.

## II.4.1 Level Of Development (LOD) BIM

Proses BIM dimulai dengan menciptakan 3D model digital dan didalamnya berisi semua informasi bangunan tersebut, yang berfungsi sebagai sarana untuk membuat perencanaan, perancangan, pelaksanaan pembangunan, serta pemeliharaan bangunan tersebut beserta infrastrukturnya bagi semua pihak yang terkait didalam proyek. Spesifikasi LOD adalah untuk membantu menjelaskan kerangka kerja LOD dan menstandarisasi penggunaannya sehingga menjadi lebih berguna sebagai alat komunikasi. Kerangka kerja LOD mengatasi masalah-masalah komunikasi dan kolaborasi dengan memberikan standar yang dikembangkan industri untuk menggambarkan keadaan pengembangan berbagai sistem dalam BIM. Standar ini memungkinkan konsistensi dalam komunikasi dan pelaksanaan dengan memfasilitasi definisi rinci tentang BIM *milestone* dan *deliverables*.

LOD kadang-kadang diartikan sebagai *Level of Detail* (tingkat detail) daripada *Level of Development* (tingkat pengembangan). Tingkat detail pada dasarnya adalah seberapa banyak detail dimasukkan dalam elemen model. Sedangkan tingkat pengembangan adalah sejauh mana geometri elemen dan informasi terlampir dan sejauh mana anggota tim proyek dapat bergantung pada informasi saat menggunakan model. (KEMENPUPR, 2018)



Gambar II. 5 Level of Deployment (LoD) BIM

(Sumber: KEMENPUPR, 2018)

LOD dalam BIM mewakili tingkat presisi model, digunakan untuk mengukur tingkat layanan yang diperlukan. LOD berkisar dari LOD-100 hingga LOD-500 (Panduan Belgia untuk Industri konstruksi, 2015)

1) LOD-100 (Desain Konseptual)

Pada tahap ini, dimungkinkan untuk membuat hanya model konseptual 3-D yang menunjukkan parameter dasar seperti lokasi, orientasi, luas, tinggi, dan volume (Panduan Belgia untuk Industri konstruksi, 2015)

2) LOD-200 (Desain Skema)

Pada LOD 200, model dibuat dengan jumlah kasar, lokasi, bentuk, ukuran dan orientasi. Informasi non-geometris juga dapat ke elemen model. (Panduan Belgia untuk Industri konstruksi, 2015)

3) LOD-300 (Desain Detail)

Objek memiliki pemodelan dan susunan geometris yang akurat, dengan kuantitas, lokasi, ukuran, bentuk, dan orientasi yang tepat. Disini juga informasi non-geometris ke elemen model dapat dilampirkan. Tugas kolaborasi lebih lanjut seperti deteksi *clash* dan koordinasi juga dapat dilakukan (*Level of Development (LOD) Spesifikasi Bagian I*, 2018).

4) LOD-350 (Dokumentasi Konstruksi)

Model LOD-350 memiliki ilustrasi geometris yang tepat dengan berbagai sistem dan komponen bangunan lainnya. LOD-300 dengan tambahan informasi akan membentuk LOD-350, lebih mudah dikembangkan daripada LOD-400, tetapi menyediakan informasi lebih dari LOD-300 (*Level of Development (LOD) Spesifikasi Bagian I*, 2018).

5) LOD-400 (Fabrikasi & Perakitan)

Ketika mendetail, perakitan, fabrikasi dan informasi pemasangan digabungkan ke LOD-350, maka terbentuklah model LOD-400. Model ini dapat dilampirkan dengan informasi non-geometris. Model ini dapat digunakan untuk penjadwalan konstruksi (*Level of Development (LOD) Spesifikasi Bagian I*, 2018).

6) LOD-500 (As-Built)

Elemen-elemen dimodelkan sesuai dengan yang telah dibangun dilapangan, seperti lokasi, ukuran, bentuk, jumlah dan orientasi. (*Level of Development* (LOD) Spesifikasi Bagian I, 2018).

#### **II.4.2 Dimensi dan Tingkat Implementasi BIM (*BIM Maturity Level*)**

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 (Eastman et al., 2011) 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 multidisipli 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 memungkinkan untuk memvisualisasikan progress yang 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*

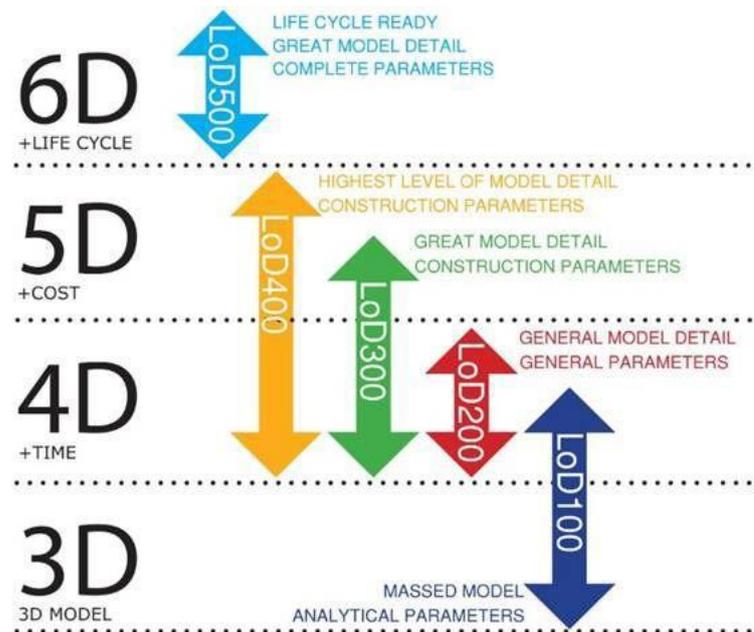
5) 7D BIM: *Building Management*

BIM 7D memungkinkan pihak manajemen bangunan untuk mengetahui data dari asset 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*



- b) Dilakukan pertukaran informasi dengan format yang telah disetujui (IFC atau COBie).
- c) 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*.



**Gambar II. 7 Hubungan antara BIM Dimension dengan BIM Level (LOD) pada suatu proyek (Sumber: Purnomo et al., 2022)**

### II.4.3 Manfaat BIM

Berikut adalah penjelasan tentang manfaat BIM dalam setiap tahapan PLC:

#### 1) Tahap Inisiasi Proyek

Pada tahap inisiasi proyek, BIM membantu dalam memvisualisasikan secara lebih baik ruang lingkup proyek dan memfasilitasi komunikasi awal antara pemangku kepentingan. Hal ini diperkuat oleh penelitian oleh Smith dan Jones (2019) yang menunjukkan bahwa penggunaan BIM pada tahap inisiasi proyek dapat mengurangi risiko kesalahpahaman dan mempercepat proses pengambilan keputusan.

## 2) Tahap Perencanaan

Selama tahap perencanaan, BIM memungkinkan integrasi data yang lebih baik antara berbagai aspek proyek seperti desain, estimasi biaya, dan jadwal. Penelitian oleh Chen et al. (2020) menunjukkan bahwa dengan menggunakan BIM, tim proyek dapat menghasilkan rencana yang lebih terinci dan realistis, yang membantu mengidentifikasi potensi masalah sebelum konstruksi dimulai.

## 3) Tahap Desain

Dalam tahap desain, BIM memfasilitasi kolaborasi yang lebih baik antara tim desain dan pemangku kepentingan proyek. Menurut penelitian oleh Wang dan Smith (2018), BIM memungkinkan para desainer untuk membuat model yang lebih akurat dan memfasilitasi analisis yang lebih rinci, seperti analisis struktural dan simulasi energi. Hal ini membantu dalam mengoptimalkan desain proyek dan mengurangi kemungkinan revisi selama konstruksi.

## 4) Tahap Konstruksi

Selama tahap konstruksi, BIM digunakan untuk mengoordinasikan aktivitas lapangan dan memfasilitasi manajemen risiko proyek. Menurut penelitian oleh Liu et al. (2021), penggunaan BIM pada tahap konstruksi dapat mengurangi konflik antara berbagai disiplin teknis dan meningkatkan efisiensi konstruksi. Ini membantu dalam mengurangi biaya dan waktu proyek secara keseluruhan.

## 5) Tahap Operasi dan Pemeliharaan

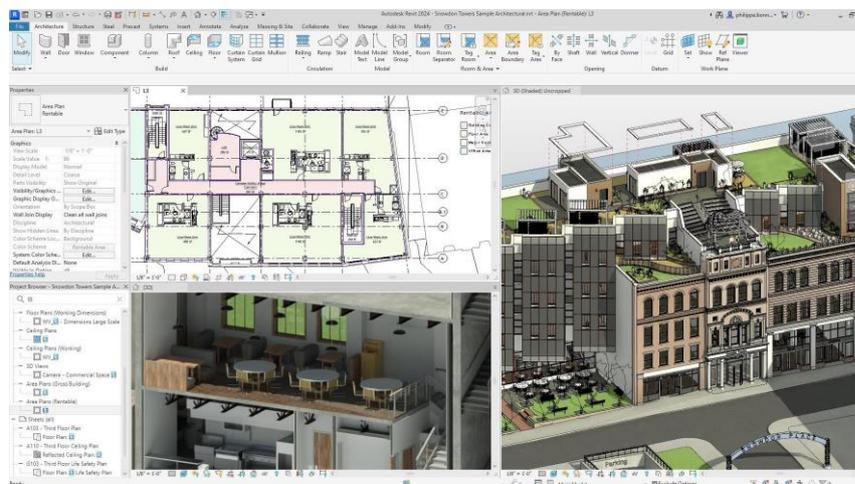
Setelah proyek selesai, model BIM tetap berguna dalam manajemen fasilitas dan pemeliharaan. Penelitian oleh Wu dan Kim (2019) menunjukkan bahwa BIM dapat digunakan untuk memperbarui informasi fasilitas, memfasilitasi pemeliharaan rutin, dan mengidentifikasi area di mana perbaikan diperlukan. Ini membantu dalam memastikan bahwa fasilitas tetap beroperasi secara efisien dan aman.

	Project Life Cycle					
	Stage 1 Preparation and Briefing	Stage 2 Concept Design	Stage 3 Spatial Coordination	Stage 4 Technical Design	Stage 5 Manufacturing and Construction	Stage 6 Handover
	Starting Phase	Preparing Phase			Carrying Out Phase	Ending Phase
BIM Capabilities for Project Management	Collaboration and Communication Based on 3D Visualization					
	Site Analysis					
	Phase Planning					
	Cost Estimation (QuantityTake-Off)					
	3D Modelling (Architectural, Structural, MEP)					
	Engineering Analysis (Structural, Lighting, Energy, Mechanical, Other)					
	Sustainability Analysis					
	Design Review					
	Clash Detection					
	Site Utilisation Planning					
	Construction System Design					
	Digital Fabrication					
	Record Model					

Gambar II. 8 Manfaat BIM dalam PLC  
(Sumber: Taige W, 2023)

## II.5 Software BIM

### II.5.1 Autodesk Revit



Gambar II. 9 Software Autodesk Revit  
(Sumber: Autodesk, 2022)

*Autodesk Revit* merupakan salah satu *software* BIM yang membantu tim dalam industri Arsitektur, Rekayasa, dan Konstruksi (AEC) dalam merancang bangunan dan infrastruktur berkualitas tinggi. Dengan menggunakan *Revit*, pengguna dapat melakukan pemodelan bentuk, struktur, dan sistem 3D dengan tingkat akurasi, presisi, dan kemudahan parametrik yang tinggi. Selain itu, *Revit* juga menyederhanakan proses dokumentasi dengan *fitur* revisi instan yang memungkinkan perubahan cepat pada rencana, elevasi, jadwal, dan bagian proyek. Dengan dukungan alat khusus dan lingkungan proyek terintegrasi, *Revit* memungkinkan kolaborasi multidisiplin dalam tim secara efektif dan efisien (Autodesk, 2022).

### **Kelebihan Autodesk Revit**

Menurut Marizan (2019), berikut merupakan kelebihan pengaplikasian yang dimiliki *Autodesk Revit*:

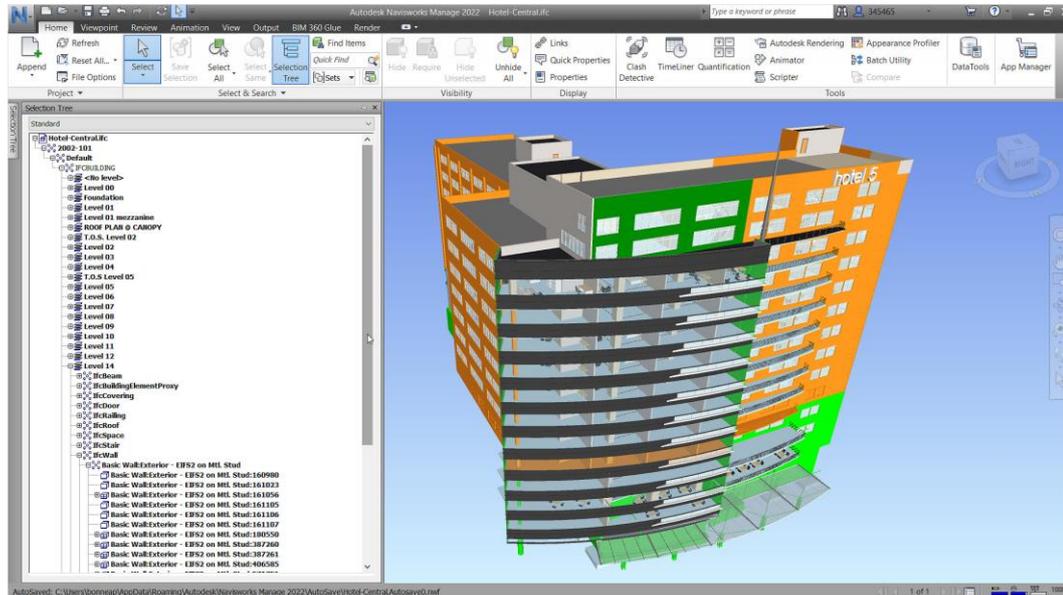
1. *Revit* dapat menghasilkan peningkatan efisiensi dalam proses perencanaan hingga dua kali lipat atau sekitar 50%, sambil mengurangi kebutuhan sumber daya manusia hingga 26,66%. Dengan demikian, dapat menghasilkan penghematan biaya hingga 48,37%.
2. *Revit* memberikan kemudahan dengan integrasi perangkat lunak, mampu mendeteksi tabrakan desain, membuat proses pekerjaan menjadi lebih cepat.

### **Kekurangan Autodesk Revit**

Menurut Marizan (2019), berikut merupakan kekurangan yang dimiliki *Autodesk Revit*:

1. Kebutuhan perangkat komputer dengan spesifikasi yang cukup tinggi.
2. Harga lisensi program yang mahal.
3. Ketergantungan pada plug-in untuk ekspor ke program bantu analisis struktural.

## II.5.2 Autodesk Navisworks



Gambar II. 10 Software Autodesk Navisworks

(Sumber: Autodesk, 2022)

*Autodesk Navisworks Manage* adalah *software* yang menyediakan solusi komprehensif untuk meninjau proyek, mendukung koordinasi, analisis, dan komunikasi dalam tahap perencanaan dan konstruksi. *Software* ini memungkinkan integrasi data desain dari berbagai disiplin yang terdapat dalam desain BIM dari berbagai aplikasi ke dalam satu model proyek (Ferry & Indrastuti, 2020).

*Software* ini juga memberikan fitur *clash detection*, *timeliner*, *animator*, *quantification workbook*, dll. Sebuah model 3D yang sangat dioptimalkan yang memungkinkan model proyek virtual gabungan ditinjau secara interaktif, divisualisasikan dan dianalisis dengan berbagai cara untuk memvalidasi desain dan memberikan prediktabilitas untuk konstruksi dan pengoperasian. Berikut ini adalah beberapa penjelasan mengenai beberapa manfaat dari *Naviswork*:

### 1. Visualisasi

Menggabungkan model 3D dan jadwal konstruksi untuk membuat model 4D yang akan menyelesaikan permasalahan yang mungkin terjadi selama proses visualisasi konstruksi. 4D BIM diterapkan secara luas dalam industri konstruksi untuk mengidentifikasi konflik antar berbagai disiplin ilmu yang terlibat dalam proyek,

masalah keselamatan, memiliki kemampuan untuk mendukung tim proyek saat melakukan visualisasi proyek konstruksi. Dengan adanya visualisasi diharapkan untuk melacak kegiatan proyek dan membandingkan jadwal waktu untuk mencari tahu titik kelemahan dan mengembangkan solusi yang tepat untuk itu, dan juga meningkatkan komunikasi dan kolaborasi antar pengelola.

## 2. Analisis

Menganalisis komponen proyek yang tidak sesuai dengan desain yang dibutuhkan dan bagian mana yang dapat dimodifikasi menurut klien. *Naviswork* memfasilitasi dan menyederhanakan proses desain dan konstruksi untuk proyek dan membuatnya lebih terintegrasi. Selain itu, hasil yang lebih berkualitas untuk proyek konstruksi dengan biaya yang lebih rendah dan meminimalkan durasi proyek. Tetapi elemen-elemen yang digunakan harus memungkinkan untuk berbagi informasi dalam proyek untuk disesuaikan dengan tingkat yang dibutuhkan data secara rinci.

## 3. *Clash detection*

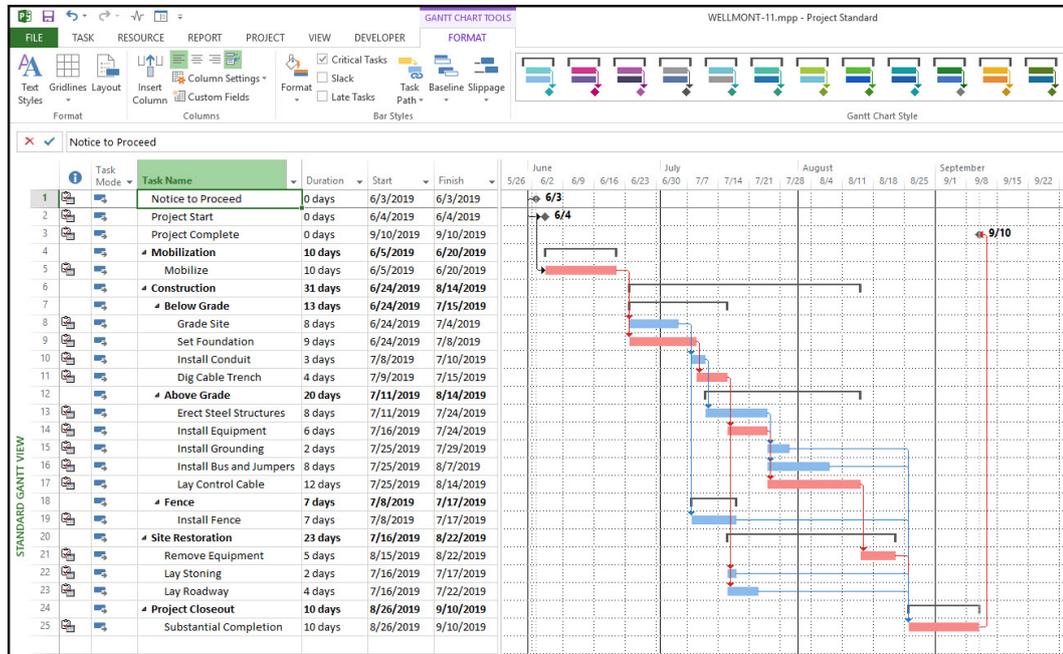
Model 4D memungkinkan perencana untuk menunjukkan kemajuan di semua lokasi konstruksi dengan mudah. Oleh karena itu perencana dapat bergerak, melihat ke dalam, ke luar, di atas gedung dan verifikasi kemajuan proyek. Proses deteksi benturan antar struktural, arsitektur dan sistem MEP memungkinkan manajer proyek dan kontraktor untuk menyelesaikan masalah yang mungkin timbul selama fase konstruksi, yang berkontribusi dalam penghematan uang dalam jumlah besar dan waktu pengerjaan. Oleh karena itu, *clash* terdeteksi dalam tahap perencanaan sebelum memulai tahap konstruksi untuk memastikan tidak ada ruang kosong untuk membuat kesalahan dalam pelaksanaan.

## 4. Simulasi

Manfaat 4D BIM simulasi untuk model bangunan adalah membantu manajer proyek dan kontraktor untuk melacak aktivitas proyek selama proses simulasi. Proses simulasi berarti menunjukkan pelaksanaan tugas bangunan sebagai langkah demi langkah dengan waktu yang cocok dari awal konstruksi sampai akhir. Ini banyak digunakan di proyek konstruksi oleh para perencana yang terlibat dalam proyek konstruksi, untuk mengoptimalkan dan menyederhanakan interpretasi

kegiatan proyek. Oleh karena itu, teknik ini akan memungkinkan mereka untuk meningkat juga seperti memanfaatkan sumber daya yang tersedia dengan mudah.

### II.5.3 Microsoft Project



Gambar II. 11 Software Microsoft Project

(Sumber: Harefa, 2022)

*Microsoft Project* yang biasa disingkat *Ms project* merupakan salah satu program yang mampu mengelola data proyek. *Ms project* merupakan *software* manajemen proyek, dibuat untuk memudahkan manajer proyek dalam mengembangkan jadwal, menetapkan sumberdaya, mengevaluasi kemajuan, mengelola anggaran, dan menganalisis kinerja pekerjaan (Harefa, 2022).

Adapun manfaat dari *Ms project* adalah (Wowor et al., 2019):

1. Menyimpan detail mengenai proyek di dalam *database*-nya yang meliputi detail tugas-tugas beserta hubungannya satu dengan yang lain, sumber daya yang dipakai, biaya, jalur kritis, dan lain-lain.
2. Menggunakan informasi tersebut untuk menghitung dan memelihara jadwal, biaya dan elemen-elemen lain termasuk juga menciptakan suatu rencana proyek.

3. Melakukan pelacakan selama proyek berjalan untuk menentukan apakah proyek akan dapat diselesaikan tepat waktu dan sesuai anggaran yang direncanakan atau tidak.

## **II.6 Clash detection Berbasis BIM**

*Clash detection* dalam BIM adalah proses penting yang membantu peserta proyek mengidentifikasi dan menyelesaikan konflik atau *clash* multi-disiplin dalam model 3D. BIM adalah proses pemodelan digital yang mengintegrasikan semua disiplin ilmu proyek bangunan, termasuk sistem arsitektur, struktural, mekanikal, elektrikal, dan perpipaan, ke dalam satu model 3D yang terkoordinasi (Autodesk, 2023).

*Clash* merujuk pada kesalahan di mana dua atau lebih elemen dari disiplin atau sistem yang berbeda saling berpotongan atau menempati ruang yang sama dalam model 3D. *Clash* ini dapat menyebabkan kesalahan konstruksi, keterlambatan, peningkatan biaya, dan bahaya keselamatan. Oleh karena itu, penting untuk mendeteksi dan mengatasi *clash* sejak tahap desain atau perencanaan awal (ASC Technology Solutions LLC, 2023).

*Clash detection* melibatkan penggunaan perangkat lunak BIM khusus seperti Navisworks, Revit, BIM 360, dll., untuk menganalisis model 3D dan secara otomatis mengidentifikasi *clash* atau konflik. Komponen bangunan seperti balok struktural yang berpotongan dengan saluran udara, pipa yang melewati dinding, atau saluran listrik yang bertabrakan dengan fitur arsitektur (Autodesk, 2023).

Sebuah studi yang diterbitkan dalam IOP Conference Series: Earth and Environmental Science menyatakan bahwa:

"Jumlah *clash* untuk komponen Struktur vs. Pracetak adalah 289 *clash*, untuk komponen Struktur vs. MEP adalah 191 *clash*, dan untuk komponen Pracetak vs. MEP adalah 42 *clash*. Penyebab *clash* dengan persentase tertinggi disebabkan oleh kesalahan desain (52,36%), diikuti oleh ketidakkonsistenan desain (39,13%), dan yang terakhir adalah ketidaksesuaian desain (8,51%). Berdasarkan perhitungan perubahan biaya, penghematan potensial dapat dilakukan untuk material panel HCS dan untuk material pipa *ducting* sebesar 10% dari biaya awal."

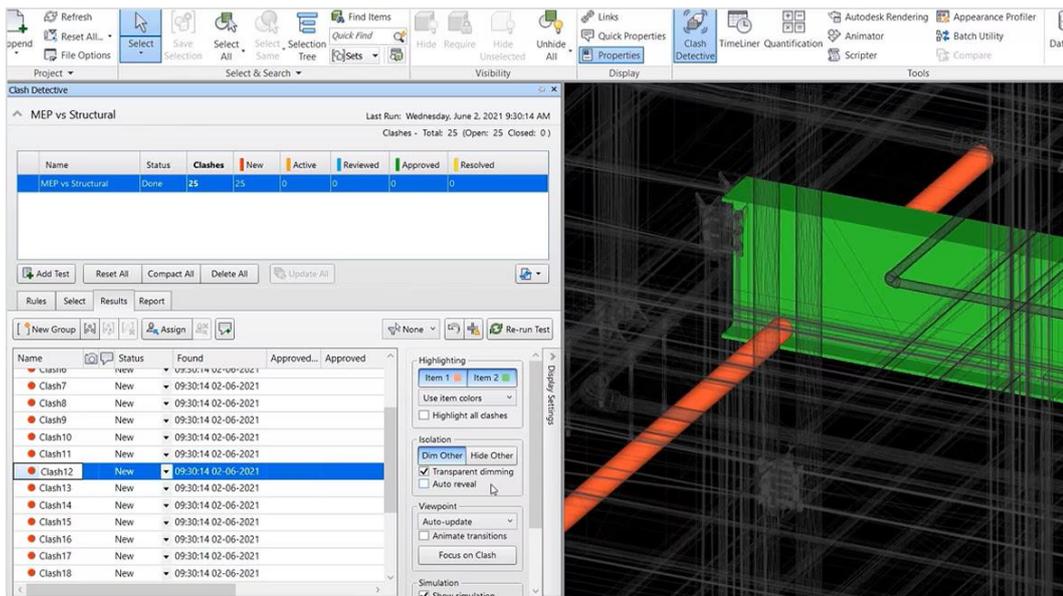
Berikut adalah manfaat besar dari mengintegrasikan *clash detection* ke dalam proyek AEC:

- 1) Pencegahan Kesalahan: *Clash detection* membantu mengidentifikasi masalah desain dan koordinasi pada tahap awal perancangan, mencegah kesalahan mahal dan pengerjaan ulang selama konstruksi.
- 2) Penghematan Biaya: Mengidentifikasi *clash* sebelum konstruksi dimulai membantu peserta proyek menghindari perubahan pesanan yang mahal, keterlambatan selama fase konstruksi, dan pemborosan material, yang secara signifikan menghemat biaya.
- 3) Efisiensi Waktu: Menyelesaikan *clash* sebelum konstruksi dimulai memastikan pelaksanaan proyek konstruksi yang lancar dan mengurangi risiko keterlambatan proyek.
- 4) Keamanan yang Ditingkatkan: Mengidentifikasi *clash* dan menghasilkan model BIM bebas *clash* mempromosikan lingkungan konstruksi yang lebih aman dengan menghilangkan potensi bahaya dan konflik yang dapat menimbulkan risiko bagi pekerja.
- 5) Kolaborasi yang Ditingkatkan: *Clash detection* dalam BIM mendorong komunikasi dan kolaborasi yang lebih baik antara arsitek, insinyur, kontraktor, dan subkontraktor.
- 6) Jaminan Kualitas: Deteksi dan koordinasi *clash* BIM memastikan bahwa semua komponen bangunan cocok dan berfungsi bersama dengan benar, menghasilkan konstruksi berkualitas tinggi dengan lebih sedikit cacat.
- 7) Manajemen Proyek yang Efisien: Alat *clash detection* sering kali mencakup fitur manajemen proyek yang membantu manajer proyek melacak dan mengelola *clash*, penugasan, dan kemajuan secara efisien.
- 8) Keberlanjutan: Dengan mengoptimalkan sistem bangunan dan mengurangi potensi kesalahan, *clash detection* dapat berkontribusi pada praktik konstruksi yang berkelanjutan dan mengurangi dampak lingkungan.
- 9) Kepuasan Klien: Deteksi dan penyelesaian *clash* BIM melalui koordinasi membantu mencapai kepuasan klien. Ini meningkatkan kemungkinan menerima proyek yang memenuhi harapan mereka dan memastikan pengiriman proyek yang dijadwalkan sesuai anggaran.

10) Mitigasi Risiko: Mendeteksi dan menyelesaikan *clash* dalam BIM mengurangi risiko keseluruhan yang terkait dengan proses konstruksi yang menghasilkan hasil proyek yang lebih dapat diprediksi dan dapat dikelola.

11) Manfaat Jangka Panjang: *Clash detection* memastikan bahwa sistem bangunan bekerja dengan efisien dan mengurangi kebutuhan retrofit atau perbaikan mahal setelah konstruksi selesai

Kelebihan dari *clash detection* berbasis BIM adalah prosesnya yang lebih cepat dan akurat (PUPR, 2018). *Clash detection* menggunakan BIM memungkinkan analisis terhadap tabrakan yang disebabkan oleh kurangnya koordinasi antara setiap disiplin dengan menggabungkan gambar dari setiap disiplin yang terlibat. Jika terjadi tabrakan selama proses peninjauan, tim yang bertanggung jawab atas elemen model tersebut dapat segera melakukan revisi dan perbaikan desain (Adira, 2023).



Gambar II. 12 Clash detection pada Autodesk Navisworks

(Sumber: Autodesk, 2022)

Software BIM yang menyediakan fitur untuk melakukan *clash detection* terhadap model diantaranya adalah Autodesk Navisworks, Tekla BIMsight, Autodesk Revit, ArchiCAD dan lainnya. Output dari dilakukannya *clash detection* berbasis BIM adalah *clash report* yang dapat berformat PDF, XML atau format lainnya yang telah disepakati. *Report* ini juga berisi lokasi *clash*, penanggung jawab (tergantung

dari disiplin apa model yang terlibat *clash*) serta tindakan yang diperlukan (Rahman, 2019).

## **II.7 Penjadwalan Proyek Berbasis BIM**

Teknologi empat dimensi (4D) sekarang digunakan oleh perencana, perancang, dan, insinyur untuk menganalisis dan memvisualisasikan banyak aspek proyek konstruksi, mulai dari desain tiga dimensi (3D) proyek hingga urutan konstruksi hingga hubungan antara jadwal, biaya, dan data ketersediaan sumber daya. Model 4-D cerdas ini mendukung analisis jadwal berbasis komputer sehubungan dengan biaya, interferensi, keselamatan, dll.,

Menurut Herjanto (2001), penjadwalan (*scheduling*) adalah pengaturan waktu dari suatu kegiatan operasi penjadwalan mencakup kegiatan mengalokasikan fasilitas, peralatan ataupun tenaga kerja bagi suatu kegiatan operasi dan menentukan urutan pelaksanaan kegiatan operasi. 4D BIM merupakan menambahkan elemen waktu ke model BIM 3D sebagai dimensi ke-4 menghasilkan simulasi visual dari pengurutan untuk proyek. Penerapan dari 4D BIM, dalam proyek konstruksi memiliki pengaruh yang signifikan peran dalam ekonomi berkembang negara dengan meningkatkan dan mempromosikan organisasi keuangan dan social. Awal mulai penerapan BIM dengan menguji pada proyek-proyek kecil, dimana untuk menguji produk dan melatih staf perusahaan dengan menggunakan *software* dan *hardware* yang baru berdasarkan studi penelitian yang ada. Manfaat yang akan didapat berupa memvisualisasikan, menganalisis, mendeteksi terjadinya kesalahan dan mensimulasikan proyek.

Adapun tantangan yang dihadapi pada pelaksanaan 4D BIM ini yaitu:

### **1. Tantangan terkait manusia**

Kurangnya perencana dan desainer yang mengerti dengan *software* yang digunakan. Selain itu pemikiran karyawan dengan penerapan BIM masih membingungkan dan menyusahkan karena data yang diinput lebih rinci.

### **2. Tantangan terkait teknologi**

Kurangnya *hardware* dalam pelaksanaan perancangan dan karyawan belum familiar dengan *software* yang digunakan sehingga membutuhkan pelatihan terlebih dahulu agar mudah dalam perancangan proyek.

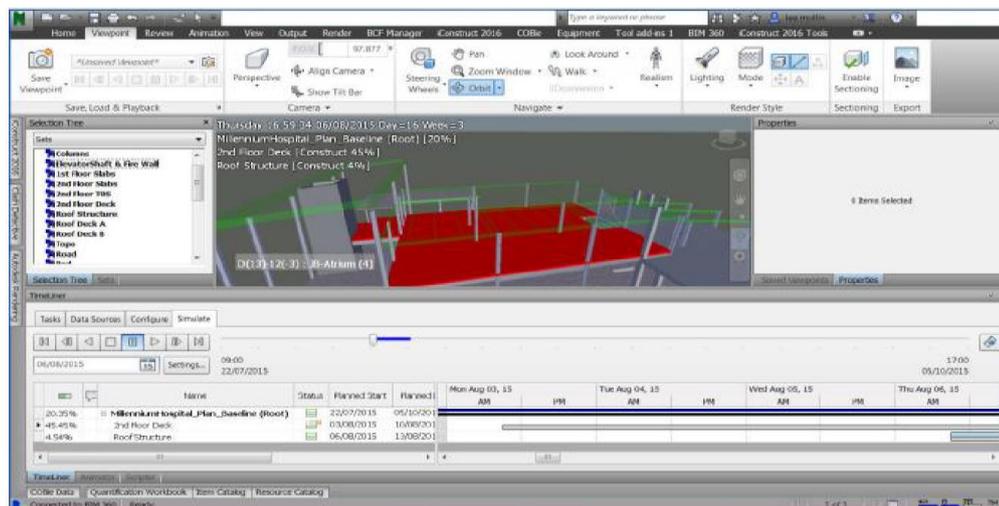
### 3. Tantangan terkait proses

Masalah hukum untuk penerapan dengan menggunakan metode BIM. Serta membutuhkan pekerja baru dan mendistribusikan kembali peran dan tanggung jawab.

### 4. Tantangan terkait manajemen

Membutuhkan dukungan finansial untuk membeli *software* dan *hardware* dan kurangnya keterampilan dan pengetahuan karyawan perusahaan.

Penjadwalan proyek secara konvensional umumnya melibatkan penggunaan perangkat lunak seperti *Microsoft Project*, *Primavera SureTrak*, atau *P6* untuk menciptakan, memperbarui, dan menyampaikan jadwal proyek. Pendekatan tradisional dalam penjadwalan proyek tidak secara langsung terhubung dengan desain dari model bangunan, atau dengan kata lain, kegiatan penjadwalan dilakukan secara terpisah dari pembangunan yang sudah dimodelkan (Zulfikri, 2023).



**Gambar II. 13 Integrasi Schedule Proyek dengan Model 3D BIM pada Navisworks Manage (Sumber: Autodesk, 2022)**

Menurut Eastman (2011) *Naviswork* membantu arsitektur, teknik dan tim konstruksi untuk berkembang lebih baik hasil proyek yang diperoleh. Dengan *Naviswork* desain model dapat digabungkan dan ditinjau oleh pengelola

kepentingan proyek, melayani pengguna untuk mendapatkan keuntungan dari keunggulan BIM.

*Naviswork* tidak menyediakan apapun kebutuhan untuk membuat elemen model 3D atau memodifikasi data dalam model desai tersebut. Begitu juga dengan elemen 2D. Pada alur kerja *Naviswork*, pembuatan data desain benar-benar terpisah dari tinjauan, analisis dan koordinasi data itu.

Penjadwalan proyek berbasis BIM 4D melibatkan penggabungan fase konstruksi proyek dan urutan pelaksanaannya ke dalam model 3D yang telah disiapkan sebelumnya. Hasil dari integrasi antara jadwal proyek dan model 3D memungkinkan visualisasi jadwal yang terintegrasi dalam bentuk animasi, mempermudah komunikasi antara berbagai pihak yang terlibat dalam proyek (Zarkasih, 2021). Penerapan BIM 4D dalam penjadwalan proyek juga memberikan kemampuan bagi penjadwal untuk membuat, meninjau, dan mengubah jadwal dengan lebih efisien, menghasilkan jadwal proyek yang lebih relevan dan dapat dipercaya (Khatimi & Pardosi, 2022).

## II.8 Penelitian Terdahulu

Tabel II. 1 Penelitian Terdahulu

No	Penulis dan Tahun	Judul	Lokasi Penelitian	Tujuan Penelitian	Metode Penelitian	Hasil Penelitian
1	Ferry & Indrastuti (2020)	Penerapan <i>Building Information Modelling</i> (BIM) pada Proyek Pembangunan Workshop	Proyek Pembangunan Workshop Kapal di Sekupang	Mengevaluasi efisiensi waktu dan biaya proyek dengan menggunakan pemodelan BIM 4D dan mengidentifikasi <i>clash</i> dalam desain.	BIM <i>software</i> yang digunakan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Autodesk Revit</i> untuk membuat model 3D</li> <li>• <i>Autodesk Navisworks</i> untuk menggabungkan desain analisis operasi waktu proyek dan <i>clash detection</i></li> <li>• <i>Ms project</i> untuk membuat jadwal</li> </ul>	Dengan menggunakan pemodelan 3D dan 4D proyek ini dapat diselesaikan tanpa adanya keterlambatan waktu. Proyek ini bahkan selesai lebih cepat dari jadwal yang telah ditentukan.
2	Ary Dwi Jatmiko, LMF. Poerwanto at all (2023)	Pemodelan <i>Building Information Modeling</i> Bangunan Rumah Sakit Untuk Pengecekan Volume Dan <i>Clash</i>	Rumah sakit di daerah Madura, Jawa Timur, Indonesia	Mengetahui perbedaan volume yang dihitung secara manual dan dengan menggunakan BIM, serta untuk menemukan jumlah ' <i>clash</i> ' menggunakan BIM	BIM <i>Software</i> digunakan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Autodesk Revit 2020</i> untuk pemodelan</li> <li>• <i>Autodesk Navisworks</i> untuk pengecekan <i>Clash detection</i></li> </ul>	Terdapat ketidaksesuaian volume antara Rencana Anggaran Biaya (RAB) dan hasil dari pemodelan BIM, sehingga diperlukan banyak perbaikan dan penyesuaian dan terdapat selisih yang cukup besar untuk volume dan <i>clash</i> yang cukup banyak dalam perencanaan rumah sakit di daerah Madura, Jawa Timur.

3	Ariani Agung Pradipta & Endah Kanti Pangestuti (2021)	Deteksi Konflik Pada Perencanaan Struktur Gedung Bertingkat Dengan <i>Software Revit</i> Dan <i>Navisworks Manage</i>	Gedung Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Semarang.	Mengidentifikasi konflik antar sistem struktur bangunan dan memberikan informasi detail mengenai konflik yang terjadi.	BIM <i>software</i> yang digunakan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Revit</i> untuk membuat pemodelan gedung</li> <li>• <i>Navisworks Manage</i> untuk melakukan pengecekan <i>clash detection</i></li> </ul>	Ditemukan empat <i>clashes</i> pada sistem struktur fondasi dan ditemukan dua <i>clashes</i> pada sistem struktur kolom
4	Septiana Rachmawati dan Vendie Abma (2022)	Implementasi Konsep Bim 4d dalam Perencanaan <i>Time Schedule</i> dengan Analisis Resources Levelling	Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto	mengimplementasikan konsep BIM 4D dalam perencanaan jadwal waktu dengan analisis pemerataan sumber daya dalam proyek konstruksi	metode PDM (Precedence Diagram Method) <i>software</i> yang digunakan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Naviswork</i> untuk BIM 4D</li> <li>• <i>Ms project</i> untuk pembuatan jadwal waktu dan analisis resource leveling</li> </ul>	Durasi pelaksanaan proyek yang didapatkan adalah 247 hari, satu hari lebih cepat dari penelitian sebelumnya karena perbedaan metode penjadwalan proyek yang digunakan
5	Sofian Arissaputra & Yaya (2023)	Pengaruh <i>Clash detection</i> pada Biaya Pembangunan Apartemen di Jakarta	Proyek apartemen di Jakarta	Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis adanya <i>clash</i> pada perencanaan struktur lantai atas.	BIM <i>software</i> yang digunakan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Revit</i> untuk pemodelan gedung 3D</li> <li>• <i>Navisworks Manage</i> untuk melakukan pengecekan <i>clash detection</i></li> </ul>	Ditemukan total 121 titik <i>clash</i> antara sistem struktur, arsitektur, dan plumbing. Melalui penerapan <i>Clash detection</i> , biaya yang dapat dihemat lebih dari 30 juta rupiah.

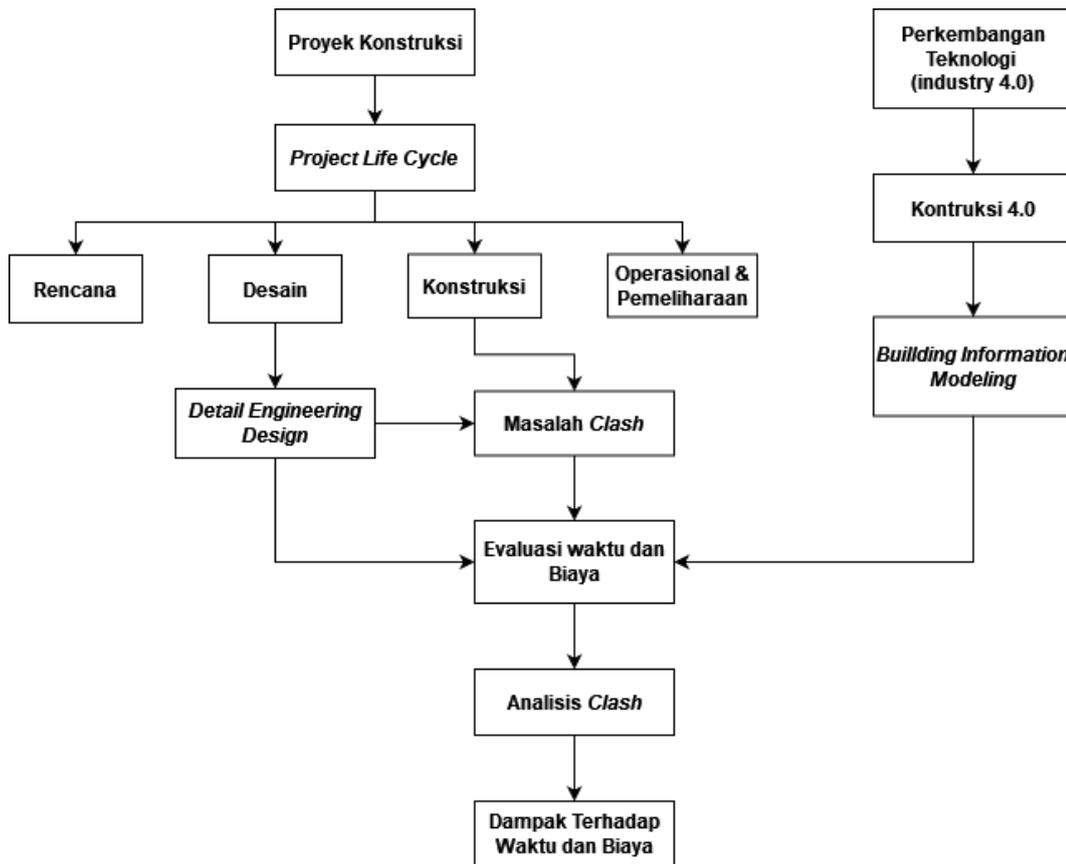
6	Vizqy Abid adira (2023)	Implementasi Konsep 5D <i>Building Information Modeling</i> (BIM) pada Proyek Gedung	SMP Islam Al-Azhar 55 Jatimakmur	Mengetahui estimasi biaya dan waktu dari implementasi 4D BIM pada elemen structural dan arsitektural proyek Gedung.	BIM <i>software</i> yang digunakan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Autodesk Revit</i> sebagai BIM authoring tools</li> <li>• <i>Autodesk Navisworks Manage</i> sebagai BIM integration tools.</li> </ul>	Hasil perbandingan cenderung sama dengan total waktu pelaksanaan yang juga sama, namun didapati biaya untuk tiap persentase pekerjaannya <i>Time Schedule</i> yang disusun berbasis BIM lebih murah dibanding <i>Time Schedule</i> berbasis <i>volume</i> dari data proyek yaitu dengan selisih sejumlah Rp505.178.293,94 atau sekitar 2,89%.
7	Wan Kasali Murphy & Syarifah Ismailiyah Al Athas (2020)	Penggunaan <i>Clash detection</i> Untuk Efisiensi Biaya Dan Waktu Pada Perencanaan Bangunan Industrial Berbasis IPD	Perencanaan Kantor dan Pengelolaan Aval PT. Sarihusada Generasi Mahardhika, Klaten	Mengevaluasi perbedaan dalam estimasi biaya antara metode <i>Traditional Project Delivery</i> dan metode <i>Integrated Project Delivery</i> yang menggunakan <i>software</i> berbasis BIM dengan fitur <i>Clash detection</i> .	<i>Software</i> BIM yang digunakan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Naviswork</i> sebagai pendeteksi <i>clash</i> yang kemudian hasilnya dikomparasikan dengan perhitungan estimasi biaya struktur baja berdasarkan model final dari proyek yang masih menggunakan metode <i>Traditional Project Delivery</i>.</li> </ul>	Penelitian tersebut menunjukkan bahwa penggunaan <i>Clash detection</i> dengan <i>software</i> berbasis BIM dapat menghasilkan efisiensi biaya dan waktu. Hasil penggunaan <i>Clash detection</i> dengan BIM menunjukkan adanya efisiensi biaya sebesar 1% dan efisiensi waktu sebesar 3,5 jam.

8	Guntur Saddam Saputra & Vendie Abm (2024)	Penerapan BIM 4D dalam perencanaan penjadwalan pada pekerjaan struktur jembatan	Proyek Pembangunan Jalan Baru Planjan-Baron-Tepus, Gunungkidul, Daerah Istimewa Yogyakarta	meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam perencanaan penjadwalan proyek konstruksi, khususnya pada pekerjaan struktur jembatan, dengan memanfaatkan teknologi BIM 4D	<i>Software</i> yang digunakan: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 3D model <i>base Tekla Structure</i> ke dalam <i>Vico Office</i> untuk menghasilkan volume pekerjaan dan durasi total.</li> <li>• <i>Vico Office</i> untuk mendapatkan hasil perencanaan penjadwalan berupa durasi total pekerjaan.</li> </ul>	didapatkan hasil berupa durasi total sebesar 284 hari kerja dengan penerapan BIM 4D pada pekerjaan struktur jembatan. Perbandingan durasi total ini menunjukkan perbedaan dengan durasi total 270 hari kerja yang didapatkan dari metode konvensional.
---	---	---	--	--	---	--

Sebagai bahan referensi untuk penelitian tugas akhir ini, beberapa penelitian yang telah dilakukan mengenai *clash detection* dan penjadwalan maka dijelaskan perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian ini. Pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ary Dwi Jatmiko et al (2023), Ariani Agung Pradiptha & Endah Kanti Pangestuti (2021), Sofian Arissaputra & Yaya (2023) dan Wan Kasali Murphy & Syarifah Ismailiyah Al Athas (2020) Perbedaan penelitian ini dengan studi sebelumnya terletak pada peningkatan ruang lingkup analisis, di mana studi sebelumnya hanya membatasi pada analisis *clash detection*, sementara penelitian ini menambahkan dimensi baru dengan mengintegrasikan penjadwalan menggunakan BIM. Sedangkan pada penelitian terdahulu yang dilakukan Ferry & Indrastuti (2020) Septiana Rachmawati dan Vendie Abma (2022) dan Vizqy Abid adira (2023) Perbedaan yang signifikan antara penelitian ini dengan studi studi sebelumnya, meskipun dilakukan analisis penjadwalan yang sama dengan menggunakan BIM. Namun, analisis *clash* hanya mencakup tahap pengecekan tanpa mempertimbangkan dampaknya terhadap jadwal proyek dan biaya. Sedangkan dalam penelitian ini, analisis *clash* tidak hanya dilakukan terhadap pengecekan *clash*, tetapi juga dievaluasi dalam konteks jadwal proyek dan estimasi biaya. Pada penelitian terdahulu yang dilakukan Guntur Saddam Saputra & Vendie Abm (2024) Perbedaan utama antara penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah penggunaan perangkat lunak yang berbeda. Jika pada penelitian sebelumnya menggunakan *Tekla Structure* dan *Vico Office* untuk penjadwalan dengan BIM, penelitian ini memilih pendekatan yang berbeda dengan menggunakan perangkat lunak seperti *Autodesk Navisworks*, *Autodesk Revit*, dan *Ms project*.

## **II.9 Kerangka Pikir penelitian**

Kerangka pikir penelitian ini disusun untuk memberikan struktur yang jelas dan sistematis bagi penelitian yang akan dilakukan. Dengan memperkenalkan kerangka pikir ini, kita akan menguraikan konsep-konsep kunci yang akan menjadi dasar analisis dan interpretasi data.



Gambar II. 14 Kerangka Pikir (Framework)

Sesuai dengan Gambar II. 14, Pada proyek konstruksi terdapat tahapan-tahapan atau lebih dikenal dengan *Project Life Cycle*. Salah satu tahap penting dalam PLC adalah tahap desain dan konstruksi, di mana sering kali muncul permasalahan desain yang dikenal sebagai *clash*. *Clash* terjadi ketika desain struktur, arsitektur dan MEP saling berpotongan atau menempati ruang yang sama dalam model desain. Dengan adanya perkembangan teknologi dalam industri konstruksi, salah satunya adalah Building Information Modeling (BIM), masalah bentrokan ini dapat dianalisis secara lebih efisien dan efektif. BIM memungkinkan deteksi dini dan resolusi bentrokan pada tahap perencanaan, sehingga dapat mengurangi risiko kesalahan dan biaya tambahan pada tahap konstruksi. Dalam konteks ini, BIM digunakan untuk menganalisis bentrokan yang terjadi dan selanjutnya mengevaluasi dampak bentrokan tersebut terhadap biaya dan penjadwalan proyek secara keseluruhan. Dengan demikian, penggunaan BIM dalam mengatasi masalah bentrokan tidak hanya meningkatkan efisiensi proses konstruksi, tetapi juga membantu dalam perencanaan anggaran dan waktu yang lebih akurat.