

**IMPLEMENTASI KONSEP BIM 4D PADA PERENCANAAN TIME SCHEDULE DENGAN PRECEDENCE DIAGRAM METHOD (PDM) PADA PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG RUMAH SUSUN SEKOLAH TINGGI TEOLOGI ANUGRAH MISI NIAS BARAT**

**TUGAS AKHIR**

*Diajukan untuk melengkapi persyaratan memperoleh gelar Sarjana Strata Satu (S-1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen Medan*

Disusun oleh :

**OTNIEL SOLIDEO GEA**

20310092

Telah diuji di hadapan Tim Penguji Tugas Akhir pada tanggal 23 September 2024 dan dinyatakan telah lulus sidang sarjana

Disahkan oleh :

Pembimbing I

**Bartholomeus, ST., MT**

Pembanding I

**Ir. Partahi Lumbangaol, M. Eng. Sc**

Dekan Fakultas Teknik



**Dr. Ir. Tumbang Pangaribuan, MT**

Pembimbing II

**Ir. Yetty Riris Saragi, ST, MT, IPU, ACPE**

Pembanding II

**Luki Hariando Purba, ST, M. Eng**

Ketua Program Studi

**Ir. Yetty Riris Saragi, ST, MT, IPU, ACPE**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Revolusi Industri dibidang Konstruksi mendorong perubahan. Salah satu sektor yang telah mengalami transformasi adalah disektor industri *Architecture, Engineering and Construction* (AEC) dalam pemanfaatan teknologi informasi. Dimulai dengan sistem *Computer-Aided Design* (CAD) yang memungkinkan proses permulaan sampai tiga dimensi tanpa mengelola informasi non-grafis serta informasi lain tentang bangunan, muncul *Building Information Modeling* (BIM) yang dapat mengintegrasikan teknologi informasi ke dalam grafik dan model bangunan sebagai solusi yang tidak terelakkan (Kong et al., 2020). *Building Information Modeling* (BIM) memiliki istilah N-dimensi yang menunjukkan output atau informasi yang ada dalam hasil pemodelan konstruksi, diantaranya; (1) 3D berisi informasi tinggi, panjang, dan lebar; (2) 4D, yaitu hasil 3D ditambah informasi waktu; (3) 5D, yaitu hasil 4D ditambah informasi estimasi biaya; (4) 6D, yaitu hasil 5D ditambah focus keberlanjutan proyek; (5) 7D, yaitu hasil 6D dengan manajemen fasilitas selama siklus hidup dari proyek (Mieslenna & Wibowo, 2019).

Telaga (2018) dalam penelitiannya menemukan bahwa artikel pertama tentang BIM di Indonesia pada 2013 yang menjelaskan pengalaman implementasi BIM di beberapa proyek konstruksi di Indonesia, dan penggunaan BIM pertama yang didokumentasikan dalam industry konstruksi Indonesia adalah pada tahun 2012, hal ini menunjukkan bahwa negara maju telah menggunakan BIM jauh lebih dulu sebelum BIM di Indonesia di adopsi. *Building Information Modeling* (BIM) telah membantu para engineer dalam merancang dan melaksanakan pekerjaan konstruksi. Dengan banyaknya manfaat yang didapatkan dari penggunaan inovasi BIM diharapkan dapat menjadi solusi dari masalah-masalah yang terdapat didalam sektor industri *Architecture, Engineering and Construction* (AEC).

Ada lima tahapan pada proyek konstruksi, yaitu tahap studi kelayakan, tahap desain, tahap pelelangan, tahap pelaksanaan, dan tahap pemeliharaan. pada tahapan

perencanaan/desain, terdapat perhitungan volume pekerjaan, lama waktu pengerjaan, dan rencana anggaran biaya (RAB) yang akan dikeluarkan pada pekerjaan tersebut. Pada umumnya perhitungan-perhitungan tersebut masih menggunakan cara yang konvensional yaitu dengan perhitungan satu persatu dikarenakan menggunakan program yang berbeda-beda. Hal ini terkesan kurang efektif dengan visual yang masih berbentuk 2D, sehingga perhitungannya harus diulang untuk mendapatkan volume pekerjaan. Kemudian dihitung Kembali agar mendapatkan rencana anggaran biaya. Jika terdapat perubahan desain dapat mengakibatkan perubahan pada volume pekerjaannya, dan ketika volume pekerjaan berubah maka akan berdampak pula pada perubahan rencana anggaran biayanya. Di saat seperti itulah sering terjadi kesalahan seperti kesalahan pada desain pekerjaan, kesalahan pada perhitungan kebutuhan resources seperti material, tenaga kerja, alat dan juga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk mengestimasi ulang.

Dari lima tahapan pada proyek konstruksi, tahap pelaksanaan adalah tahapan yang paling lama dilakukan, tahap yang membutuhkan banyak orang yang terlibat, dan tahap yang paling membutuhkan ketelitian dalam melakukannya. Pada tahapan pelaksanaan sering terjadi perubahan yang mengakibatkan keterlambatan penyelesaian. Keterlambatan suatu pekerjaan merupakan efek kombinasi dari ketergantungan antar pekerjaan dengan material dalam setiap proses. Selain itu keterlambatan ini pasti akan berpengaruh dengan dana yang akan keluar, keterlambatan penyerahan proyek, dan perselisihan atau klaim. Maka untuk menyelesaikan masalah tersebut dibutuhkan perencanaan penjadwalan proyek yang tepat dan efisien,

Pada permodelan konstruksi dengan menggunakan metode *Building Information Modeling* (BIM) dengan level 4D salah satu software yang terintegritas dengan BIM yaitu *Naviswork Manage*, *Naviswork* Memiliki fungsi untuk mengontrol suatu proyek konstruksi. *Tools* dalam *Naviswork* dapat menghasilkan koordinasi, simulasi konstruksi, dan analisis keseluruhan proyek yang lebih baik dan terintegrasi. Penggunaan metode penjadwalan dengan bantuan aplikasi *Building Information Modeling* (BIM) akan sangat membantu dalam pembuatan

penjadwalan proyek konstruksi. Dalam penyusunan penjadwalan dengan BIM akan terlihat dengan jelas objek mana yang akan dikerjakan sehingga ketika terjadi perubahan desain yang otomatis akan merubah volume objek, maka penjadwalan akan berubah menyesuaikan dengan volume desain yang baru.

Penelitian ini akan membahas Implementasi *Building Information Modeling* (BIM) 4D terhadap perencanaan penjadwalan/*Time Schedule* Proyek dengan metode *Precedence Diagram Method* (PDM). Penelitian ini menggunakan *Software MS Project* dan *Naviswork Manage* dengan output yang dihasilkan dari *Naviswork* berbentuk 4D ataupun *Time Schedule* dan simulasi penerapan Pembangunan proyek. Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk membuat penjadwalan dengan memperhatikan konsep *Building Information Modeling* (BIM) 4D serta memperhatikan alokasi sumber daya pada proyek bangunan Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugrah Misi Nias Barat.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Bedasarkan dengan latar belakang diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapakah jumlah durasi *Time Schedule* serta *Scheduling Simulation* dengan konsep *Building Information Modeling* (BIM) ?
2. Bagaimana pengaruh dari penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) pada perencanaan *Time Schedule* ?
3. Bagaimana pengaruh lintasan kritis pada perencanaan *Time schedule* dengan metode PDM?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan total durasi waktu penjadwalan dengan memperhatikan konsep *Building Information Modeling* (BIM).
2. Mengetahui pengaruh dari penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) pada perencanaan *Time schedule*.

3. Mengidentifikasi lintasan kritis dari metode PDM yang digunakan pada proyek pembangunan Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat.

#### **1.4 Batasan Penelitian**

1. Data awal diambil dari Proyek Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat.
2. Hasil penelitian hanya berfokus pada Perencanaan *Time Schedule* dan *Scheduling Simulation*.
3. Permodelan yang dilakukan adalah pekerjaan struktur dan arsitektur Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

1. Memberikan referensi untuk pengembangan penggunaan program teknologi BIM di dalam lingkup manajemen konstruksi.
2. Mengetahui kegunaan dari penggunaan *software* berbasis BIM (*Building Information modeling*).

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Manajemen Proyek Konstruksi**

Chase, Aquilano, Jacobs (2001;58) menyatakan bahwa manajemen proyek dapat didefinisikan sebagai suatu perencanaan, pengarahan, dan pengaturan sumber daya (manusia, peralatan, bahan baku) untuk mempertemukan bagian teknik, biaya dan waktu suatu proyek. Manajemen proyek adalah merencanakan, mengorganisir, memimpin, dan mengendalikan sumber daya Perusahaan untuk mencapai sasaran jangka pendek yang telah di tentukan. Lebih jauh, manajemen proyek menggunakan pendekatan sistem dan hierarki (arus kegiatan) vertikal maupun horizontal (Soeharto, 1995).

Budi Santoso (2003) manajemen proyek adalah suatu kegiatan merencanakan, mengorganisir, mengarahkan, dan mengendalikan sumber daya organisasi perusahaan untuk mencapai tujuan tertentu dalam waktu tertentu dengan sumber daya tertentu. Manajemen proyek ini juga mempergunakan personel perusahaan untuk ditempatkan pada tugas tertentu dalam proyek.

Manajemen proyek konstruksi adalah ilmu yang mempelajari tentang proses pada perencanaan, pengorganisasian, pengelolaan, dan pengawasan/pengendalian seluruh aspek dari sebuah proyek konstruksi. Manajemen konstruksi memiliki fungsi-fungsi yang disebut sebagai P.O.A.C (*Planning, Organizing, Actuating, Controlling*) yang dalam penerapannya manajemen konstruksi memiliki tujuan untuk mengembangkan dan mengelola organisasi secara lebih optimal.

#### **2.2 Metode – metode Penjadwalan**

Metode penjadwalan proyek adalah sebuah metode yang merujuk pada teknik yang digunakan untuk merencanakan dan menyusun sebuah proyek dengan urutan kegiatan, alokasi sumber daya, dan waktu yang digunakan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam proyek tersebut. Ada berbagai metode penjadwalan yang digunakan pada dalam manajemen proyek, masing-masing memiliki kelebihan dan

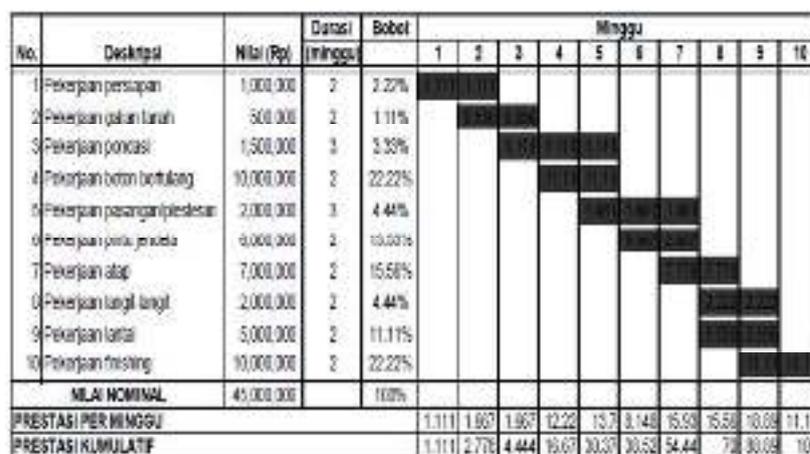
kekurangannya. Beberapa metode penjadwalan proyek yang umum digunakan adalah sebagai berikut :

### 2.2.1 Diagram Gantt (*Barchart*)

*Barchart* (Bagan Balok) metode penjadwalan yang paling umum digunakan dalam penjadwalan proyek konstruksi, *barchart* berupa grafik/chart yang membandingkan antara *work & time* yang ditampilkan dalam bentuk diagram batang, *barchart* pertama kali diperkenalkan oleh Herry L. Gantt sehingga sering kali disebut juga dengan *Gantt Chart*. Bagan balok terdiri atas sumbu *y* yang menyatakan kegiatan atau paket kerja dari lingkup proyek dan digambarkan sebagai balok, sedangkan sumbu *x* menyatakan satuan waktu dalam hari, minggu, atau bulan sebagai durasinya (Husen, 2008).

Kelebihan dari *Barchart* ini adalah sangat informatif, lebih sederhana dan secara umum lebih mudah untuk dimengerti bagi seluruh kalangan. Selain itu bagan balok ini juga dapat menentukan *milestone* sebagai bagian target yang perlu diperhatikan guna kelancaran produktifitas proyek secara keseluruhan.

Untuk proyek yang lebih dari 100 kegiatan akan sulit untuk membaca penjadwalan dengan *Barchart* dikarenakan pada penyajian informasinya yang kurang lengkap dan tidak mencakup hubungan antar pekerjaannya. Perencanaan *time schedule* sering kali tidak sesuai dengan jadwal pelaksanaan yang terjadi dilapangan, maka dengan metode *Barchart* ini tidak dapat mengetahui lintasan kritis kegiatan proyek dan akan menyulitkan untuk mengoreksi bila terjadi keterlambatan pekerjaan.



Gambar 2.1 Bar Chart atau Gantt Chart

(Sumber : Ervianto, 2005)

### 2.2.2 Metode Penjadwalan *Linier* (Diagram Vector)

Metode penjadwalan linier (*Diagram vector*) merupakan metode penjadwalan yang relatif lebih efektif untuk proyek yang memiliki kegiatan berulang. Menurut (Hegazy dan Wassef, 2001) penjadwalan linier dibagi menjadi dua kategori yaitu, proyek yang berulang karena pengulangan seragam dari unit kerja selama proyek berlangsung (seperti beberapa unit rumah yang serupa) dan proyek yang harus berulang-ulang karena factor geometris layout (seperti ruas-ruas jalan raya dan proyek pipa).

Menurut (Mawdesley et al., 1997) metode penjadwalan linier dibagi menjadi dua jenis umum yaitu LoB (*Line of Balance*) dan *Time Chainage Diagram*.

#### 1. *Line of balance* (LoB)

LoB adalah metode yang menggunakan keseimbangan operasi, yaitu tiap-tiap kegiatan adalah kinerja yang dilakukan secara terus menerus. Keuntungan dari metode LoB adalah tingkat produktifitas dan grafik informasi durasi yang lebih sederhana. Metode ini cocok digunakan untuk proyek-proyek yang terdiri dari kegiatan yang berulang, dan tidak cocok untuk proyek tidak berulang/*non-repetitive*.

#### 2. *Time Chainage Diagram*

*Time Chainage Diagram* merupakan salah satu dari metode penjadwalan linier. *Time Chainage Diagram* disebut juga dengan *Space Time Diagram*. Pada proyek yang bersifat linier seperti jalan raya dan proyek pipa, *Chainage (distance)* merupakan parameter yang penting. Dan untuk proyek yang bersifat berulang, jumlah pekerjaan yang berulang (*repetition number*) menjadi parameter yang sama pentingnya dalam perencanaan.

Dua parameter yang menjadi penting dalam metode *Time Chainage Diagram* adalah *distance* dan *repetition number* (Mawdasley et al., 1997). Sebagai alat perencanaan *time chainage diagram* dapat membantu untuk

mencegah perselisihan/penumpukan sumber daya dengan mengisolasi/memisahkan wilayah pekerjaan sumber daya selama waktu tertentu.

### 2.2.3 Metode PERT (Program Evolution and Review Technique)

Menurut Dinyati dan Nurjaman, (2014). Metode PERT (*Program Evolution and Review Technique*) adalah metode penjadwalan proyek yang berdasarkan jaringan yang memerlukan tiga dugaan waktu untuk setiap kegiatan. Dengan menggunakan tiga dugaan waktu ini, peluang penyelesaian proyek pada tanggal yang ditetapkan dapat dihitung, bersamaan dengan waktu mulai dan akhir standar untuk kegiatan atau kejadian. Dari pernyataan tersebut dapat disimpulkan bahwa metode ini menganggap bahwa waktu pelaksanaan kegiatan tergantung pada tiga faktor durasi, sehingga diberikan tiga angka estimasi yaitu ;

1. Durasi Optimis ( $T_o$ )

Perkiraan waktu tersingkat dalam penyelesaian kegiatan bila segala sesuatu berjalan dengan mulus

2. Durasi Perkiraan paling mungkin ( $T_m$ )

Durasi waktu penyelesaian proyek yang paling realistis dibandingkan dengan kegiatan yang lain

3. Durasi Pesimis ( $T_p$ )

Waktu yang diperkirakan paling lama untuk menyelesaikan kegiatan bila, yaitu segala sesuatunya berjalan dengan tidak baik.

Maka hasil dari durasi kegiatan didapatkan dengan perhitungan berikut.

$$\frac{T_o + 4T_m + T_p}{6}$$

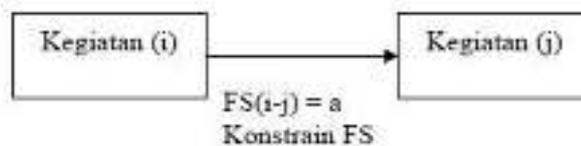
### 2.2.4 Metode PDM (Precedence Diagram Method)

Metode PDM pada awalnya adalah pengembangan dari metode CPM yang juga akan memecahkan penggunaan "Dummy" dependensi. PDM dikembangkan pada tahun 1960-an oleh Angkatan Laut AS dan kemudian mulai dikenal dengan istilah 'Precedence Diagramming' pada tahun 1964 di perusahaan IMB. Menurut Ervianto (2005) *Precedence Diagram Method* (PDM) memiliki kelebihan jika dibandingkan dengan CPM yaitu PDM tidak memerlukan kegiatan fiktif/dummy sehingga pembuatan jaringan menjadi lebih sederhana.

Pada metode PDM anak panah hanya sebagai petunjuk dari hubungan antar kegiatan yang bersangkutan sedangkan kegiatannya ditunjukkan dengan nodes. PDM menggunakan empat hubungan logis yang menghubungkan antar dua node. Setiap node memiliki dua ujung yaitu ujung awal atau mulai = (S) dan ujung akhir atau selesai = (F). jenis-jenis hubungan yaitu :

a. Akhir ke awal – *Finish to Start* (FS)

Hubungan antara mulainya suatu kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan dengan FS (i-j) = a yang berarti kegiatan (i) mulia a hari, setelah kegiatan yang mendahuluinya (i) selesai.

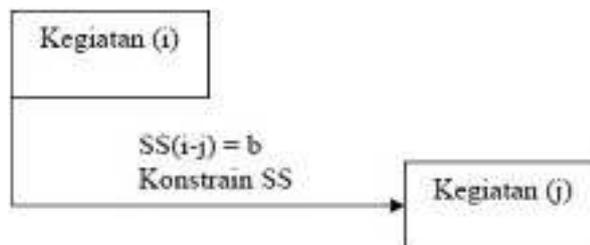


Gambar 2.2 Hubungan *Finish to Start*

(Sumber : Soeharto, 1999)

b. Mulai ke mulai – *Start to Start* (SS)

Hubungan yang suatu kegiatan dimulai dengan dimulainya kegiatan terdahulu. Dirumuskan dengan SS (i-j) = b yang berarti kegiatan (j) mulai setelah b hari kegiatan terdahulu (i) mulai. Salah satu contoh kegiatan *Start to Start* adalah pekerjaan pasangan pondasi menerus dapat segera dimulai setelah pekerjaan galian pondasi cukup, missal setelah satu hari.

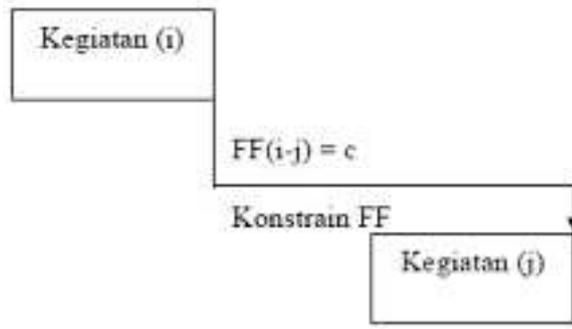


Gambar 2. 3 Hubungan *Start to Start*

(Sumber : Soeharto, 1999)

c. Akhir ke akhir – *Finish to Finish* (FF)

Penjelasan dari hubungan antara selesainya kegiatan dengan selesainya kegiatan terdahulu. Dituliskan dengan FF (i-j) = d, Hubungan *finish to finish* merupakan Ketika kegiatan A telah selesai maka kegiatan B juga dapat selesai.

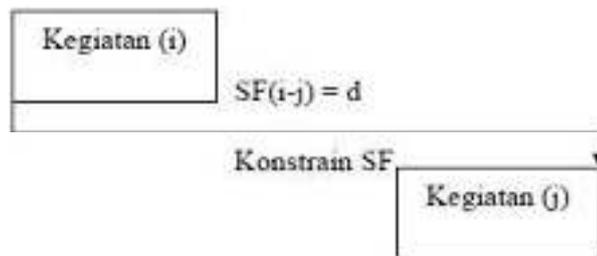


Gambar 2. 4 Hubungan *Finish to Finish*

(Sumber : Soeharto, 1999)

d. Awal ke Akhir – *Start to Finish* (SF)

Hubungan antara selesainya kegiatan dengan dimulainya kegiatan terdahulu. Dengan SF (i-j) = d, dalam hal ini sebagian kegiatan terdahulu harus selesai sebelum bagian akhir kegiatan awal boleh diselesaikan.



Gambar 2. 5 Hubungan *Start to Finish*

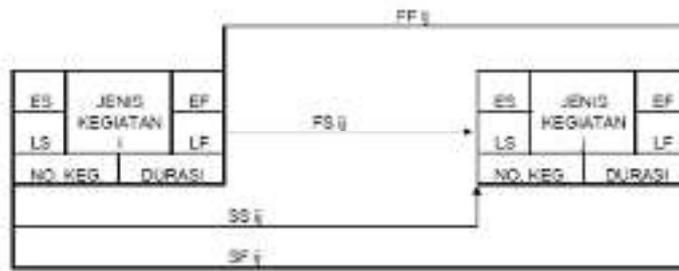
(Sumber : Soeharto, 1999)

Kegiatan pada metode PDM dituliskan dalam bentuk *node* yang umumnya berbentuk segi empat, dan anak panah hanya sebagai penunjuk hubungan antara kegiatan-kegiatan yang bersangkutan (Soeharto, 1999).

ES	JENIS	EF	Keterangan : ES : <i>Earliest Start</i> LS : <i>Latest Start</i> EF : <i>Earliest Finish</i> LF : <i>Latest Finish</i>
LS	KEGIATAN	LF	
NO. KEG		DURASI	

Gambar 2. 6 Lambang Kegiatan PDM

(Sumber : Ervianto, 2005)



Gambar 2. 7 Hubungan Kegiatan i dan j

(Sumber : Ervianto, 2005)

Pada metode penjadwalan PDM terdapat kegiatan kritis yang kegiatan-kegiatan tersebut saling berhubungan dalam sebuah jaringan kegiatan. Maslina, Pratiwi, Ridho (2023) lintasan kritis merupakan lintasan yang melalui kegiatan yang tidak memiliki waktu jeda atau *float* sama dengan nol. Lintasan kritis sangat berpengaruh pada penjadwalan durasi yang mana bila sebuah kegiatan yang berada pada lintasan kritis baik percepatan atau perlambatan, maka akan terjadi perubahan durasi proyek secara keseluruhan.

Lintasan dan kegiatan kritis pada PDM yaitu :

1. Waktu mulai paling awal dan akhir harus sama  $ES = LS$
2. Waktu selesai paling awal dan akhir harus sama  $EF = LF$
3. Kurun waktu kegiatan adalah sama dengan perbedaan waktu selesai paling akhir dengan waktu mulai paling awal  $LF - ES = D$
4. Bila hanya sebagian dari kegiatan bersifat kritis, maka kegiatan tersebut secara utuh dianggap kritis (Soeharto, 1995).

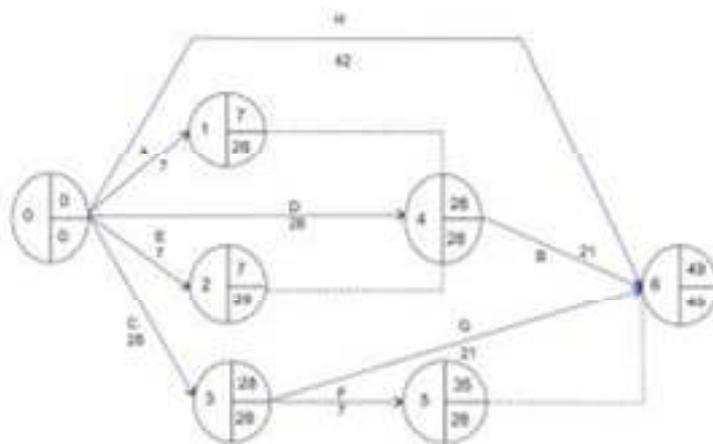
### 2.2.5 Metode CPM(Critical Path Method)

Menurut Husen (2008), metode CPM (*critical path method*) diperkenalkan pada tahun 50-an oleh tim perusahaan Du-Pont dan Rand Corporation untuk mengembangkan sistem kontrol manajemen. Metode ini dikembangkan untuk mengendalikan sejumlah besar kegiatan yang memiliki ketergantungan yang kompleks. Metode CPM (*critical path method*) adalah suatu metode dengan menggunakan diagram anak panah dalam menentukan lintasan kritis, sehingga disebut juga metode lintasan kritis (Pardede, 2014).

Jenis kegiatan	Simbol kegiatan	Kegiatan sebelumnya	Kegiatan sesudahnya	Waktu (hari)
Pak. Pemasangan instalasi	A	-	-	7
Pak. Finishing	B	D	-	21
Pak. Elektrikal	C	-	F, G	28
Bali Instalasi air	H	-	H	42
Pak. Sanitasi	E	-	-	7
Pak. Lantai-lantai	F	C	-	7
Gas Medik	G	C	-	21
Lift	H	-	-	42

Gambar 2.8 Tabel jaringan kerja CPM

(Sumber: Adde Currie Siregar, 2019)



Gambar 2.9 Jaringan CPM

(Sumber: Adde Currie Siregar, 2019)

Kegiatan	LET <sub>i</sub>	D <sub>i</sub>	EET <sub>i</sub>	TF	Keterangan
A	35	7	0	21	Non kritis
B	49	21	28	0	Kritis
C	28	28	0	0	Kritis
D	28	28	0	0	Kritis
E	28	7	0	21	Non kritis
F	49	7	28	14	Non kritis
G	49	21	28	0	Kritis
H	49	42	0	7	Non kritis

Gambar 2.10 Nilai Float Kegiatan

(Sumber: Adde Currie Siregar, 2019)

Keterangan :

EET : Earliest Start Time

LET : Latest Even Time

D : Durasi waktu kegiatan

TF : *Total Float*

Untuk menentukan jalur kritis penjadwalan proyek dapat menggunakan rumus dengan cara mengetahui nilai EET dan LET dari suatu kegiatan.

- a. Perhitungan ke depan untuk menghitung EET (*Earlist Event Time*)  $EET_j = EET_i + D_{ij}$
- b. Perhitungan mundur untuk menghitung LET (*Latest Even Time*)

$$LET_i = LET_j - D_{ij}$$

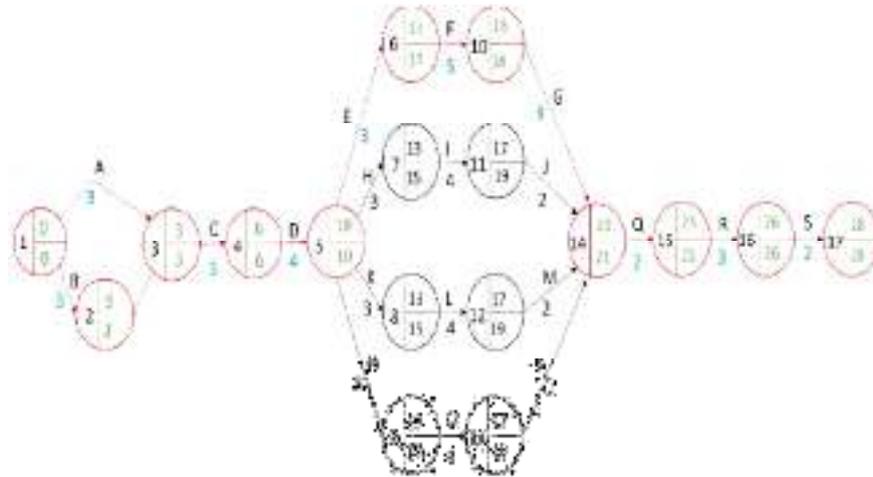
Nilai total float dari masing masing kegiatan dapat diketahui dari perhitungan diatas dengan persamaan berikut.

$$TF = LET_j - D_{ij} - EET_i$$

### **2.3 Network Planing**

*Network Planning* atau biasa dikenal dengan jaringan kerja merupakan sebuah perencanaan dan pengendalian proyek yang menggambarkan hubungan ketergantungan antara pekerjaan yang dipresentasikan melalui *network* diagram (Ahmadi, 2018). Alur kritis adalah serangkaian kegiatan dalam sebuah proyek yang harus dilaksanakan tepat waktu dan menunjukkan keterkaitan antara satu dengan yang lain. Semakin banyak jalur kritis dalam suatu proyek, semakin banyak pula kegiatan yang memerlukan pemantauan yang cermat.

Melalui *network* diagram, hubungan antar suatu kegiatan dengan kegiatan lainnya dapat teridentifikasi, sehingga jika terjadi keterlambatan pada suatu kegiatan seberapa besar pengaruhnya akan dapat segera terlihat. Selain itu, *network diagram* juga memungkinkan untuk menentukan lintasan kritis yang dapat digunakan sebagai panduan dalam menetapkan prioritas dalam penyelesaian masalah yang timbul selama pelaksanaan proyek.



Gambar 2. 11 Network diagram

(Sumber : Hidayanto, F., 2023)

Notasi yang digunakan dalam network diagram :

1. Simbol kejadian/ event/ peristiwa



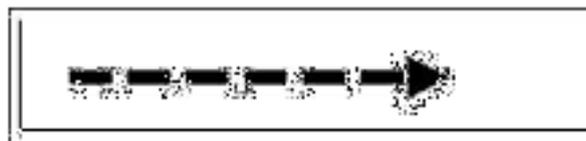
Gambar 2. 12 Simbol kejadian

2. Simbol kegiatan nyata (*activity*)



Gambar 2. 13 Simbol kegiatan nyata

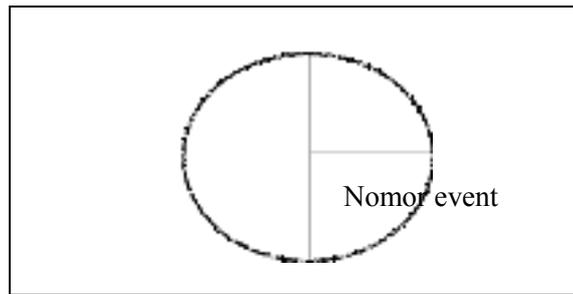
3. Simbol kegiatan semu (*dummy*)



Gambar 2. 14 *dummy*

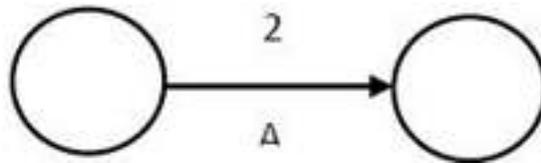
4. Nomor event yang paling awal adalah 0. Semakin kekanan, semakin besar.

0



Gambar 2. 15 Nomor event

- 5. Kode huruf kegiatan (misal, A) dan kode durasi (misal, 1)



Gambar 2. 16 Kode huruf kegiatan

### 2.4 Menghitung Durasi

Dalam proses estimasi durasi pekerjaan memerlukan memerlukan estimasi jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan bersamaan dengan jumlah sumber daya yang telah diestimasi atau yang tersedia. Salah satu cara untuk menghitung durasi pekerjaan yaitu dengan menggunakan pendekatan logika matematika, rumus persamaan sebagai berikut.

$$\frac{\text{Koefisien (OH)}}{1} = \frac{\text{Jumlah Tenaga Kerja (O) x Durasi (H)}}{\text{Volume Pekerjaan (V)}}$$

Maka, untuk menghitung durasi pekerjaan yang diperlukan yaitu menggunakan rumus :

$$\text{Durasi (H)} = \frac{\text{Koefisien(OH)} \times \text{Volume Pekerjaan (V)}}{\text{Jumlah Tenaga Kerja (O)}}$$

### 2.5 Building Information Modeling (BIM)

*Building Information Modeling* merupakan salah satu bentuk perkembangan digital dalam bidang AEC (*Architecture, Engineering & Construction*). BIM dikembangkan untuk menghasilkan, berkomunikasi dan menganalisis model bangunan. BIM merupakan suatu sistem alur kerja yang berbasis digital, yang tujuannya untuk menggabungkan suatu desain bangunan dengan menyertakan data

informasi Pembangunan kedalam suatu model tiga dimensi supaya Pembangunan dalam proyek dapat terlaksana dengan lebih efektif dan efisien.

BIM adalah pendekatan yang penerapannya jauh lebih kolaboratif untuk bidang desain, pengadaan, konstruksi, dan manajemen fasilitas. Dalam pendekatan ini para *Stakeholder* atau pemangku kepentingan dalam proyek, diantaranya *owner* proyek, Konsultan, kontraktor, dan manajemen ikut bergabung dalam proses desain secara aktif. Seluruh pihak saling berkolaborasi selama perencanaan hingga Pembangunan proyek, yang mana dapat dipermudah dengan inovasi dari perkembangan informasi dalam model pembangunan.

Dari pernyataan tersebut, penggunaan *Building Information Modeling* mempunyai manfaat sebagai media komunikasi dan koordinasi dalam proses kolaborasi antar *stakeholders* yang lebih efektif. Dengan penggunaan BIM juga dapat meminimalisir terjadinya kesalahpahaman dalam pendesainan yang umumnya masih sering terjadi didalam pendesainan dengan metode konvensional. Proses perencanaan, permodelan, dan analisis penjadwalan, mendeteksi terjadinya kesalahan dalam perancangan dan simulasi pelaksanaan, dapat menggunakan *software AutoCAD, Revit, MS Project, dan Naviswork*.

### **2.5.1 Kelebihan BIM**

BIM memiliki banyak kelebihan dibanding dengan metode konvensional, metode BIM dapat mendeteksi terjadinya *clash* diawal sehingga mengurangi perbaikan dan kesalahan pada saat pelaksanaan konstruksi. Kelebihan BIM diantaranya :

1. Integrasi perangkat lunak

Penggunaan metode BIM dalam industri konstruksi dapat mendorong integrasi penggunaan *software* diantaranya, *software* pendesainan, *software* analisis kekuatan structural, *software* perhitungan volume dan perencanaan penjadwalan.

2. *Clash Detection*

Pada konstruksi dan fabrikasi, BIM dapat mendeteksi terjadinya *clash* sebelum pekerjaan dimulai, diantaranya jika terdapat kesalahan dalam desain

arsitektur, struktur dan MEP. BIM dapat mengurangi kesalahan pada saat pelaksanaan proyek dimulai, salah satu *software* untuk mendeteksi terjadinya *clash* adalah *Naviswork Manage*.

### 3. Efisiensi proses pengerjaan

Dengan adanya sinkronisasi antara *software* akan sangat mempermudah dan mempercepat dalam segala proses baik perencanaan maupun pelaksanaan, BIM dapat mempercepat proses pengerjaan tanpa mengurangi kedetailan saat penggunaannya.

### 4. Penghematan sumber daya

Inovasi dari BIM dapat mempermudah pekerjaan dalam proyek konstruksi. Umumnya dalam pekerjaan proyek konstruksi dibutuhkan banyak sumber daya manusia didalamnya, dengan adanya BIM penghematan sumber daya manusia dapat diminimalisir dengan hanya memerlukan beberapa sumber daya manusia. Pada metode konvensional umumnya sering terjadi keborosan penggunaan sumber daya material saat pelaksanaannya. Sehingga dengan adanya BIM pemborosan dapat dimimalisir dikarenakan adanya deteksi *clash* sebelum pekerjaan dimulai.

### 5. Penghematan biaya

Penghematan biaya dengan menggunakan BIM sangat mungkin terjadi dikarenakan BIM dapat mengontrol waktu pekerjaan pembangunan dan kebutuhan *resources*. BIM memiliki istilah dimensi pada penggunaannya.

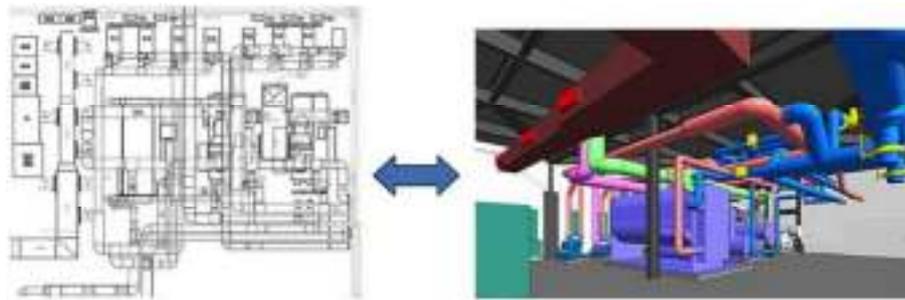
Dimensi BIM 4D adalah dimensi yang memvisualisasikan tahapan pekerjaan proyek konstruksi dan dapat membantu dalam mengontrol waktu serta kebutuhan *resources*.

## **2.5.2 N-Dimensi *Building Information Modeling***

Istilah N-dimensi dalam konteks *Building Information Modeling* (BIM) mengacu pada jumlah dimensi yang digunakan untuk menyusun model informasi bangunan. Secara umum pengetahuan pemodelan 3D, 4D, 5D, 6D, dan 7D terkait BIM mengacu pada topik pemodelannya. Dimensi dalam konteks BIM yaitu :

### 1. 3D (Model 3D)

Pada dimensi ini, penggunaan BIM menjadikan pemodelan dalam bentuk 3D dengan elemen panjang, lebar dan tinggi yang berbasis objek pemodelan parametrik.



Gambar 2. 17 Model 3D  
(Sumber : BIM PUPR, 2018)

### 2. 4D (Time Schedule)

Penjadwalan dalam BIM termuat dalam model 4D. BIM 4D menambahkan elemen waktu dari model 3D untuk penjadwalan.

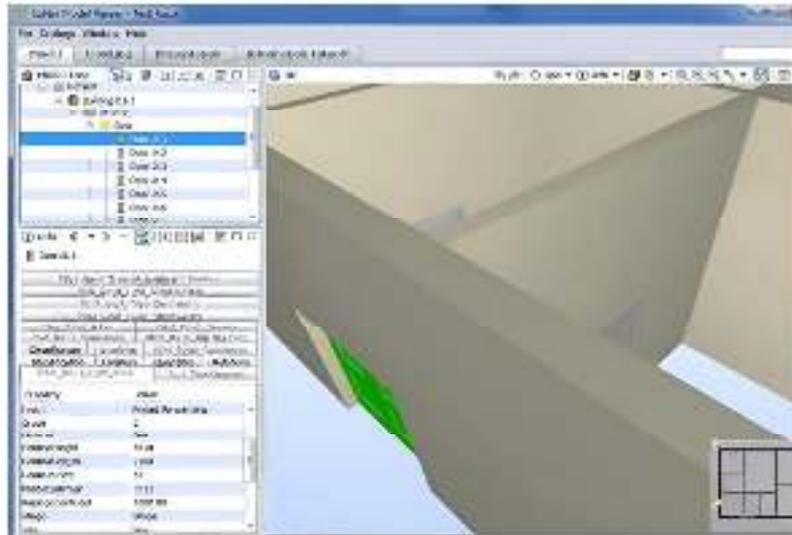


Gambar 2. 18 Time Schedule

(Sumber : BIM PUPR, 2018)

### 3. 5D (Cost Estimate)

BIM dapat menambahkan volume pekerjaan proyek konstruksi atau *take-off material* yang telah dimodelkan sebelumnya dalam bentuk 4D.

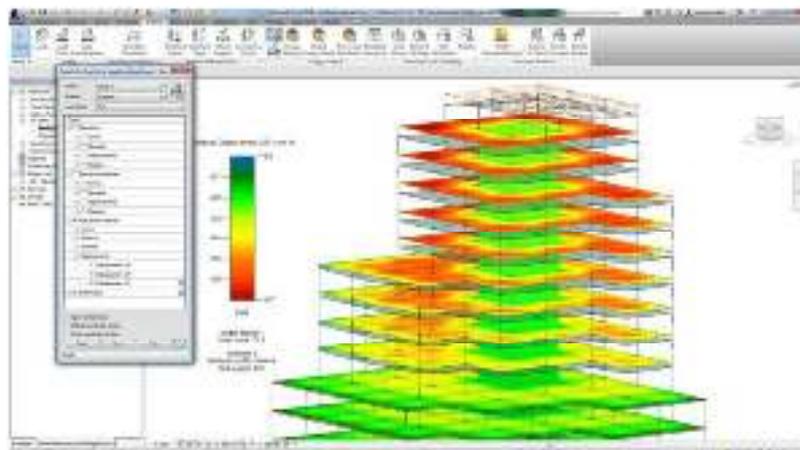


Gambar 2. 19 Cost Estimate

(Sumber : BIM PUPR, 2018)

#### 4. 6D (Sustainability, Energy Analysis)

BIM dapat memanfaatkan perancang kinerja bangunan sebagai analisis energi dan pertimbangan dampak lingkungan dengan menambahkan dari bentuk 5D.

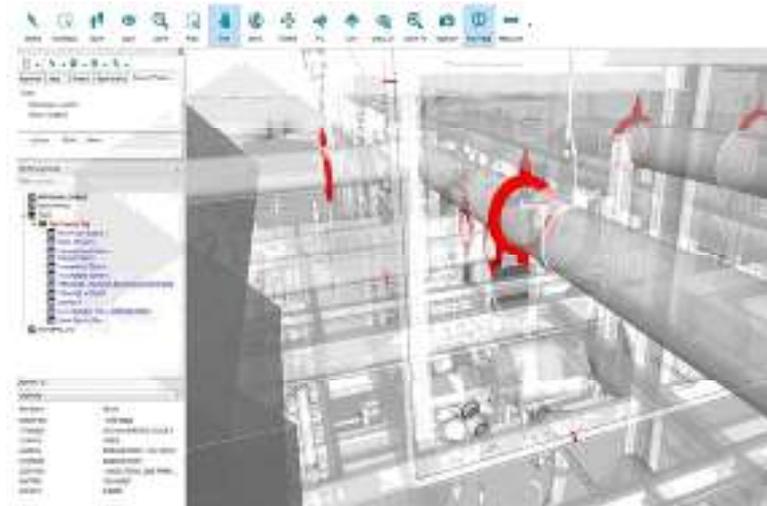


Gambar 2. 20 Sustainability, Energy Analysis

(Sumber : BIM PUPR, 2018)

#### 5. 7D (Facility Management Application)

BIM 7D merupakan informasi dari elemen-elemen dimensi sebelumnya. Pada dimensi ini informasi yang terkandung didalamnya digunakan oleh *owner* untuk manajemen fasilitas seperti perawatan dan operasional.



Gambar 2. 21 Facility Management

(Sumber : BIM PUPR, 2018)

### 2.5.3 BIM Maturity Level

Tingkatan kolaborasi dalam proses serta tingkat kecanggihan *tools* ‘alat bantu’ pada penerapan teknologi BIM ditentukan oleh tingkat *maturity* ‘kematangan’. Dalam pandangan ini BIM dilihat sebagai tahapan-tahapan perkembangan teknologi informasi yang dimulai dengan era kertas CAD 2D kemudian ke industri era digital. Berikut tingkatan *maturity* BIM dalam suatu organisasi proyek konstruksi :



Gambar 2.22 BIM Maturity Level

(Sumber : Pantiga, Soekiman, 2021)

1. BIM Level 0

Dalam level ini tidak terdapat kolaborasi antar disiplin atau *stakeholder* dan Teknik penyusunan menggunakan CAD 2D berbasis kertas.

## 2. BIM Level 1

BIM Level 1 melibatkan penggunaan konseptual CAD 3D dan penyusunan 2D. Pada tingkat ini, tidak atau sedikit kolaborasi antar *stakeholder*.

## 3. BIM Level 2

Tingkat ini berfokus bagaimana informasi dibagikan antar disiplin meskipun demikian semua anggota tim bekerja secara terkoordinasi untuk mendapatkan model gabungan dengan masih tetap mempertahankan karakteristik dari setiap ilmu disiplin. Untuk mencapai tujuan ini, setiap anggota harus mengeksport dalam format file umum seperti file IFC, COBie, dll.

## 4. BIM Level 3

Tujuan utama tingkatan ini adalah untuk memperoleh integrasi informasi penuh dalam lingkungan berbasis *cloud*. Dengan cara ini, seluruh siklus hidup sebuah bangunan, mulai dari perancangan hingga konstruksi dan pemeliharaannya dapat dikelola.

### **2.6 BIM 4D dengan *Naviswork***

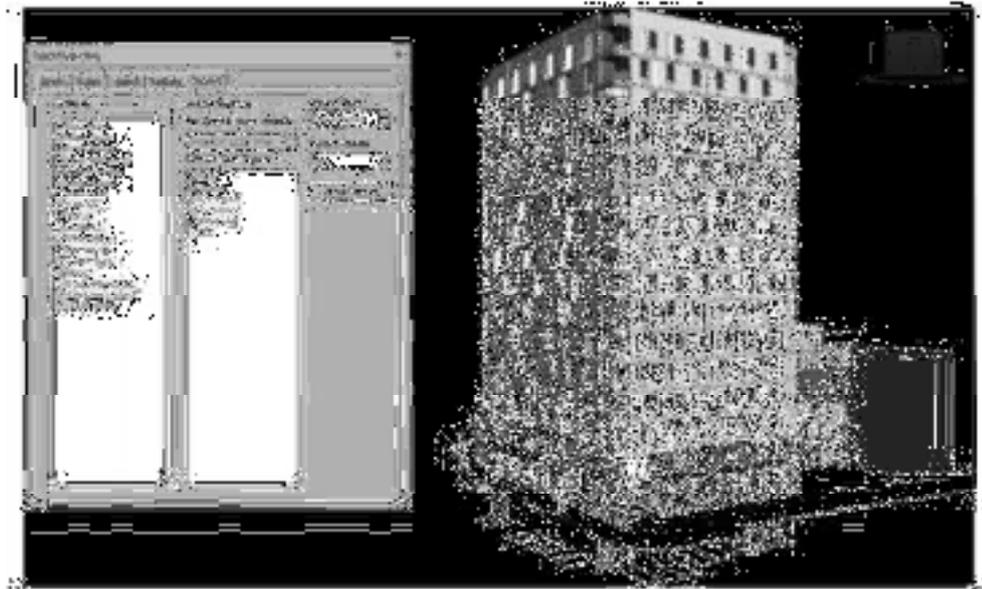
Eastman (2011) *Naviswork* membantu seorang arsitektur, teknik, dan tim konstruksi untuk berkembang lebih baik dengan hasil proyek yang diperoleh. Dengan *Naviswork* desain model dapat digabungkan dan di tinjau oleh pengelola kepentingan proyek secara 3D dengan visualisasi yang lebih baik.

Dengan *Naviswork* pemodelan BIM 4D dimodelkan dengan menggabungkan BIM 3D dengan *Time Schedule*, yang mana sebuah model 3D sangat dioptimalkan yang memungkinkan model proyek virtual ditinjau secara interaktif dan dianalisis dengan alat bantu yang terdapat pada *software Naviswork* yaitu *Clash detection*, *TimeLiner*, *animator*, *quantification warbook*, dll. Berikut ini adalah beberapa manfaat dari penggunaan *Naviswork*.

#### 1. Visualisasi

Dengan bantuan *Naviswork* menggabungkan model 3D antar disiplin dan jadwal konstruksi untuk membuat model 4D akan menyelesaikan permasalahan

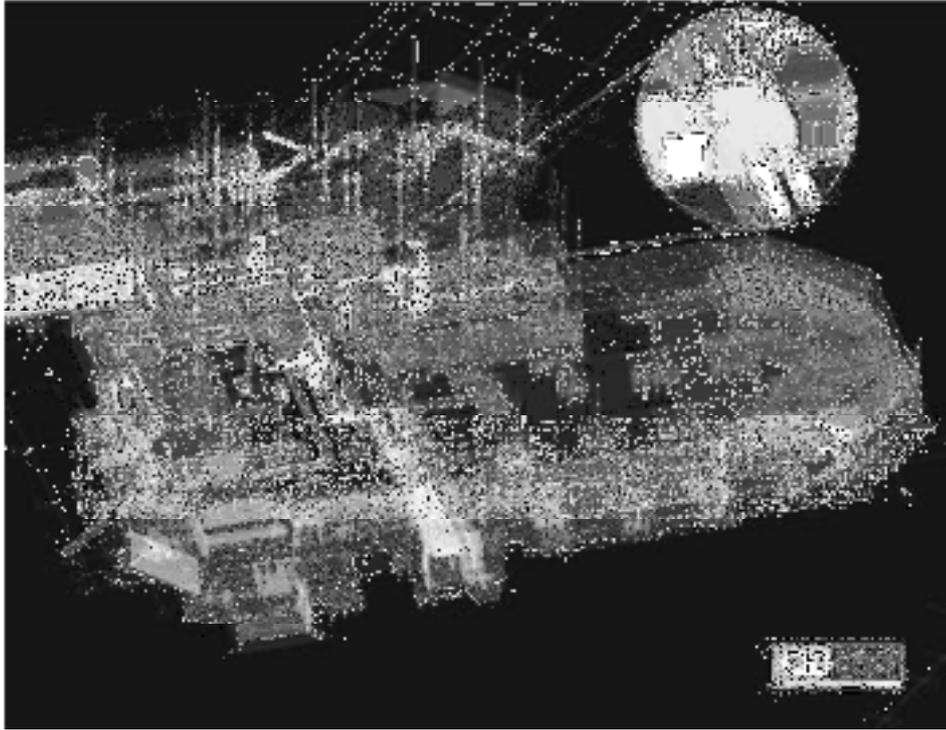
yang terjadi. BIM 4D memiliki kemampuan untuk menyelesaikan masalah pada proyek-proyek yang menggunakan metode konvensional dengan memberikan tampilan visualisasi yang lebih baik



Gambar 2.23 Pemodelan *Coordination and Scheduling* pada Naviswork  
(Sumber : Eastman dkk., 2011)

## 2. Analisis

Naviswork memudahkan dan menyederhanakan proses desain dan konstruksi proyek, membuatnya lebih terintegrasi. Selain itu, aplikasi ini menghasilkan kualitas proyek konstruksi yang lebih baik dengan biaya lebih rendah dan durasi proyek yang lebih singkat. Namun, elemen-elemen yang digunakan harus memungkinkan berbagi informasi dalam proyek agar dapat disesuaikan dengan kebutuhan detail data yang diperlukan.



Gambar 2.24 *Coordination Image All Architecture and Structure for Visibility of The MEP Systems*

(Sumber : Eastman dkk., 2011)

### 3. *Clash Detection*

Proses deteksi bentrokan antar arsitektur, struktur, dan sistem MEP mungkin untuk dilakukan dengan bantuan *Naviswork* yang mana dengan *clash detection* memungkinkan manajer proyek dan kontraktor untuk menyelesaikan masalah yang akan timbul selama fase konstruksi dengan lebih awal dan menghemat pengeluaran biaya dalam waktu pengerjaan.



Gambar 2.25 *Clash Detection*

(Sumber : Eastman dkk., 2011)

#### 4. *Simulation*

Proses simulasi bertujuan untuk menunjukkan pelaksanaan pekerjaan bangunan langkah demi langkah dengan waktu yang telah disesuaikan dari awal konstruksi sampai akhir konstruksi. Proses ini banyak digunakan pada proyek konstruksi untuk mengoptimalkan dan menyerderhanakan interpretasi kegiatan proyek.

### **2.7 Keaslian Penelitian**

Sebagai acuan dan bahan pertimbangan penelitian ini, maka berikut beberapa penelitian terdahulu yang sudah dilakukan. Berikut ini merupakan rangkuman tabel hasil dari penelitian sebelumnya yang berubungan dengan implementasi *Building Information Modeling (BIM) 4D* pada perencanaan *time schedule* dengan analisis hubungan pekerjaan dan lintasan kritis pada proyek pembangunan gedung.

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Kesimpulan Penelitian
1	Tombokan, B. F., dkk (2022)	Analisis Hubungan Pekerjaan Dan Lintasan Kritis Pada Penjadwalan Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Sam Ratulangi Tondano Menggunakan Metode Precedence Diagram Method	Memperoleh hasil analisis hubungan pekerjaan pada penjadwalan proyek menggunakan metode <i>precedence diagram method</i> dengan aplikasi <i>Microsoft Project</i> dan mengidentifikasi lintasan kritis pada proyek pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Sam Ratulangi Tondano.	Penjadwalan Proyek Pembangunan Rumah Sakit Umum Daerah Dr. Sam Ratulangi Tondano terdapat 20 aktivitas pekerjaan dengan hubungan pekerjaan sebanyak 19 konstrain. Lintasan kritis yang diperoleh dari <i>software MS Project</i> dilakukan kontrol secara manual dengan mendapatkan nilai yang sama, dimana lintasan kritis ini disusun berdasarkan kegiatan-kegiatan kritis yang saling terhubung dengan konstrain yang ada dan terdapat 2 lintasan kritis.
2	Septiana Rachmawati (2022)	Perencanaan Time Schedule dengan <i>Analisis Resource Leveling</i> Pada Proyek Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jendral Soedirman	Merencanakan <i>Time Schedule</i> dengan memperhatikan alokasi sumber daya dan ( <i>Resource Levelling</i> ) mengimplementasi Konsep BIM dengan Menggunakan <i>Software Naviswork</i>	Naviswork membantu melakukan simulasi pelaksanaan proyek serta mendeteksi jika adanya <i>clash</i> antar item pekerjaan. Hasil dari analisis penjadwalan mendapatkan jumlah durasi 273 hari pelaksanaan dikarenakan adanya perbedaan hubungan pekerjaan setelah melakukan

				<i>breakdown schedule</i> dan pembatasan jumlah sumber daya tenaga kerja.
3	Januar Pantiga, Anton Soekiman (2021)	Kajian Implementasi <i>Building Information Modeling</i> (BIM) di Dunia Konstruksi Indonesia	Mengkaji dan mengidentifikasi perkembangan adopsi serta tantangan dan manfaat implementasi BIM di Indonesia berdasarkan kajian literatur	Tantangan BIM di Indonesia paling banyak pada aspek proses, yaitu kurangnya tenaga ahli, budaya kerja, kurangnya pengetahuan dan ketidakcocokan <i>software</i> , dan manfaat BIM di Indonesia paling banyak ditemukan pada pemodelan 3D kolaboratif.
4	Amalia Farhana (2021)	Implementasi Konsep BIM 4D dan 5D dalam Perencanaan Arus Kas	Mengetahui estimasi biaya pada pekerjaan structural dengan mengimplematisasikan BIM 4D dan 5D yang menggunakan <i>Software Primus</i> . Mengetahui jumlah nilai <i>Cash Flow</i> dari alternatif perhitungan tanpa modal awal dengan modal awal.	Hasil menghitung biaya didapatkan perbedaan 7% lebih murah dari nilai konsultan. Dikarenakan volume yang berbeda hasil dari ekstrak model 3D dalam hitungan netto. Penjadwalkan didapatkan durasi selama 8 bulan 3 minggu atau 242 hari. Hasil perhitungan nilai cash flow terdapat perbedaan karena, cash flow dengan modal awal memiliki jumlah pinjaman yang lebih kecil dan umur pinjaman yang lebih pendek.
5	Mert Yacan (2020)	<i>Problems at 4D and 5D Modeling Process – Navisworks and CostX</i>	Mensimulasikan proses permodelan BIM 4D dan 5D dan untuk memecahkan masalah yang dihadapi dan mencari solusi bila memungkinkan	Permodelan 4D relatif lebih mudah akan tetapi terdapat masalah tekstur yang dihadapi. Format file juga menjadi masalah. Sedangkan permodelan 5D memiliki masalah pengaturan regional dan masalah dengan variable objek

## BAB III

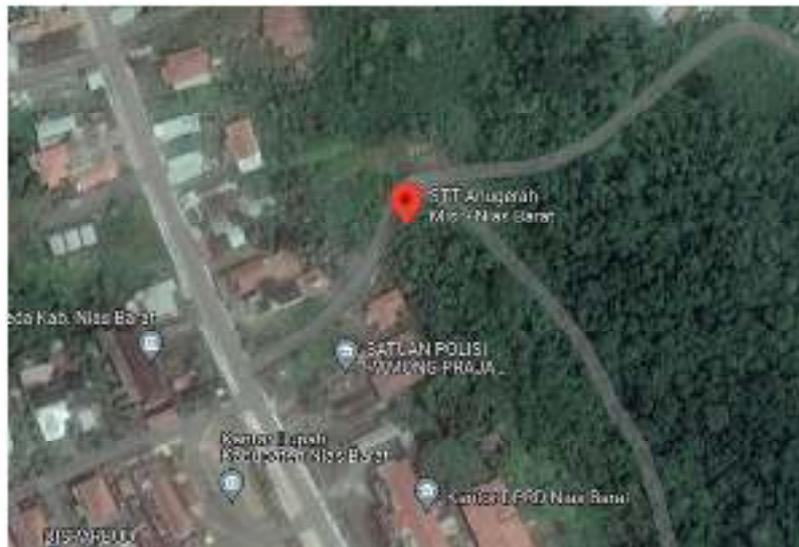
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Objek dan Subjek Penelitian

Objek penelitian adalah *Time Schedule* pekerjaan proyek pada Proyek Pembangunan Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Anugerah Misi Nias Barat. Penelitian ini dilakukan karena proses perhitungan volume pekerjaan dan rencana scheduling masih menerapkan metode konvensional. Subjek dari penelitian ini adalah jadwal perencanaan dari proyek tersebut.

#### 3.2 Lokasi Penelitian

Proyek pembangunan ini berlokasi di Desa Onolimbu, Kecamatan Lahomi, Kabupaten Nias Barat. Denah lokasi dan rincian dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Lokasi Pembangunan Proyek

(Sumber : Google Maps, 2024)

#### 3.3 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah data umum dan data sekunder, yang diperoleh dari Proyek pembangunan Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugerah Misi Nias Barat.

### 3.3.1 Data Umum

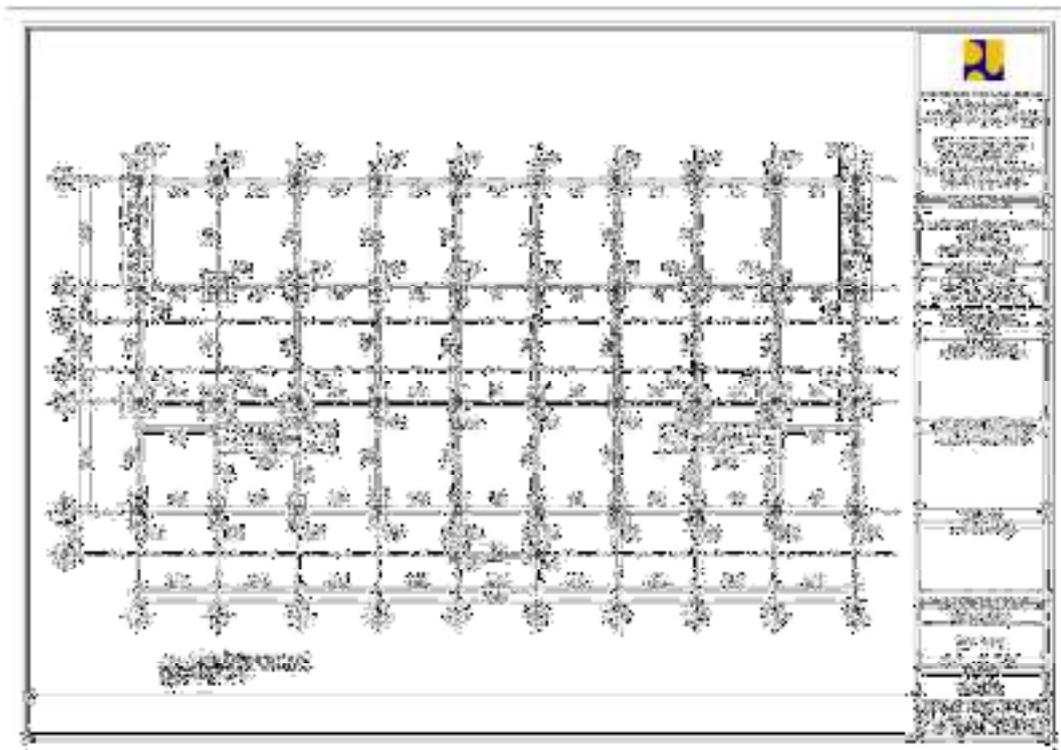
Data Umum yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Data umum proyek

Nama Proyek	Pembangunan Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugrah Misi Nias Barat
Alamat Proyek	R.A Kartini, Desa Siae'asi, Kecamatan Mandrehe Kabupaten Nias Barat, Sumatra Utara
Kategori	Pekerjaan Konstruksi
Satuan Kerja	SNVT Penyedia perumahan provinsi Sumatra Utara
Nilai HPS	Rp. 22.218.669.526,00

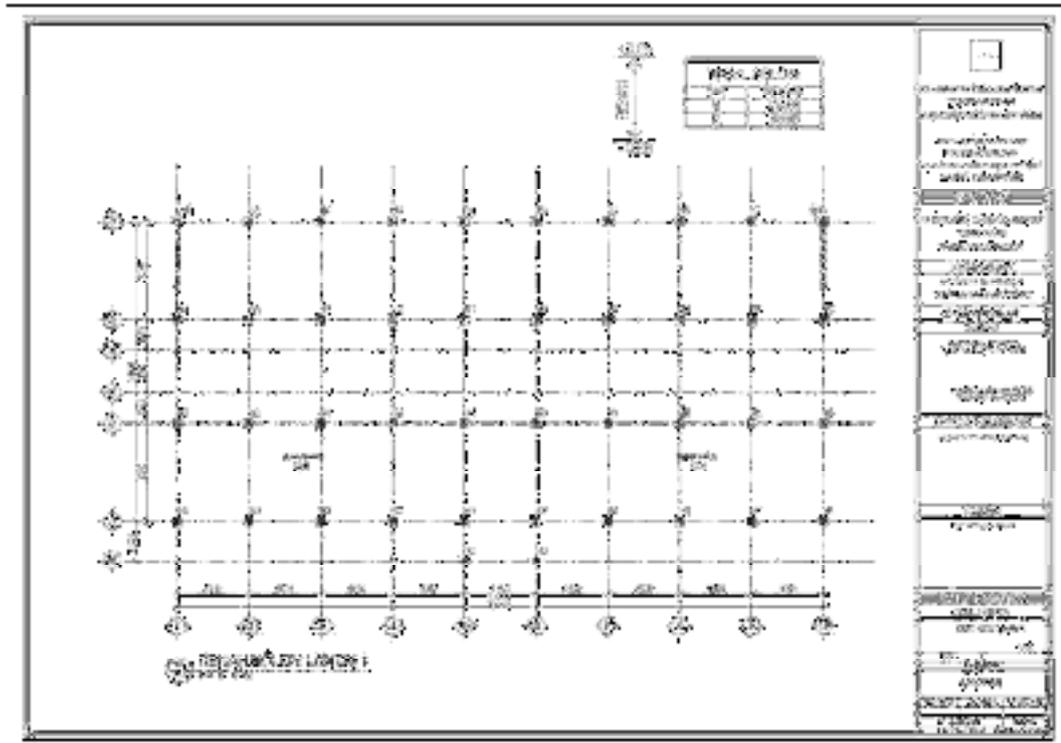
### 3.3.2 Gambar CAD Struktur dan Arsitektur

Gambar CAD pada penelitian ini berupa Gambar Kerja Struktur dan Arsitektural Proyek Pembangunan Rumah Susun Sekolah Tinggi Teologi Anugrah Misi Nias Barat dalam bentuk *CAD*. Gambar dapat dilihat pada gambar



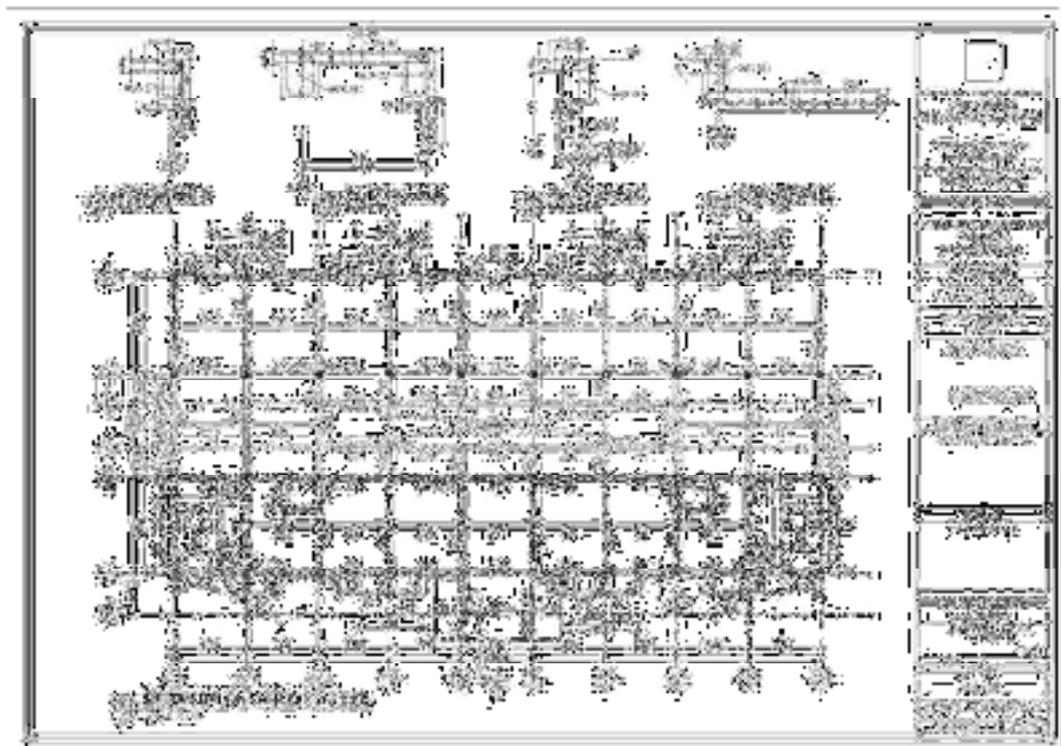
Gambar 3.2 Denah Pilecap

(Sumber: Dokumen Proyek)



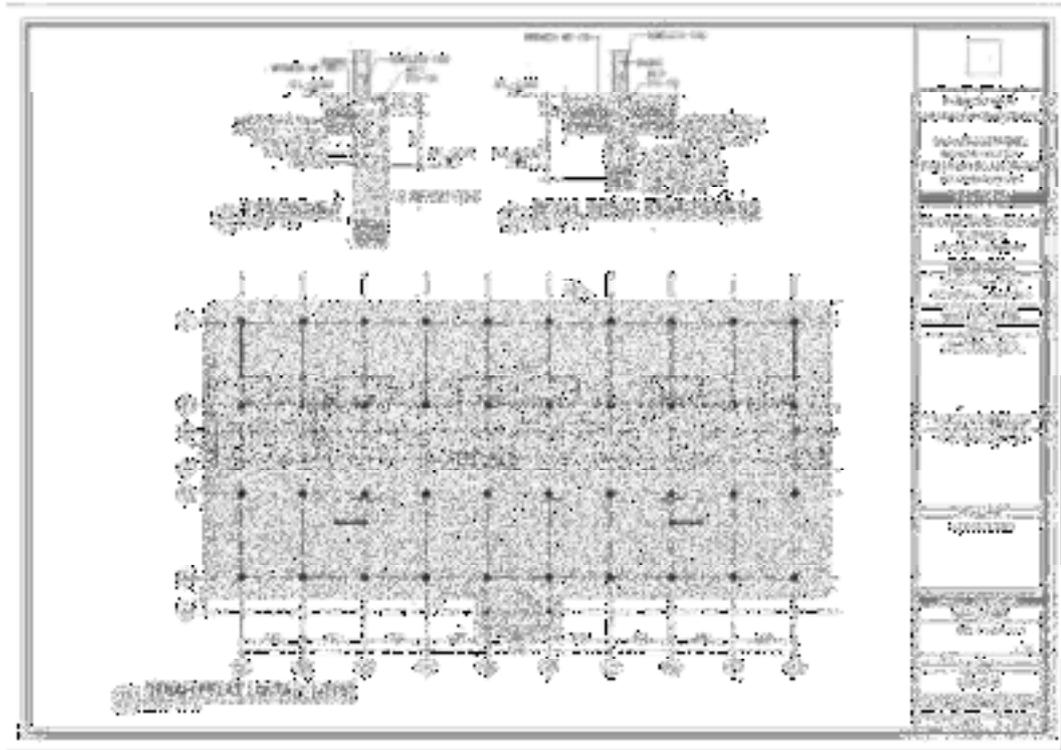
Gambar 3.3 Denah Kolom

(Sumber: Dokumen Proyek)



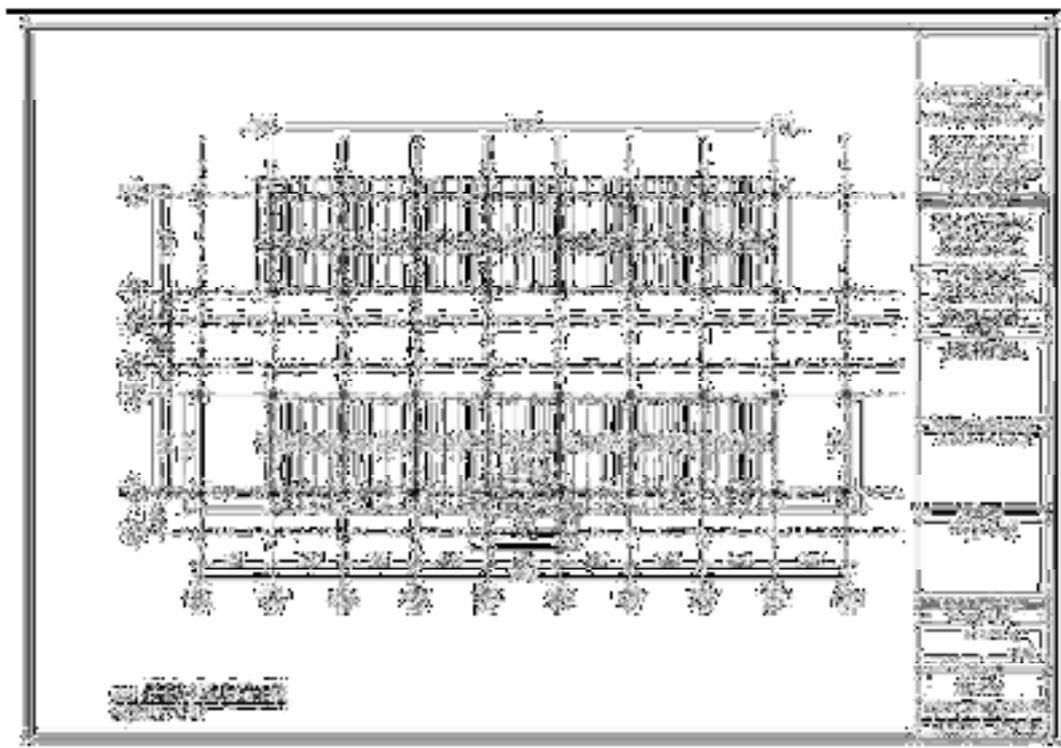
Gambar 3.4 Denah Balok

(Sumber: Dokumen Proyek)



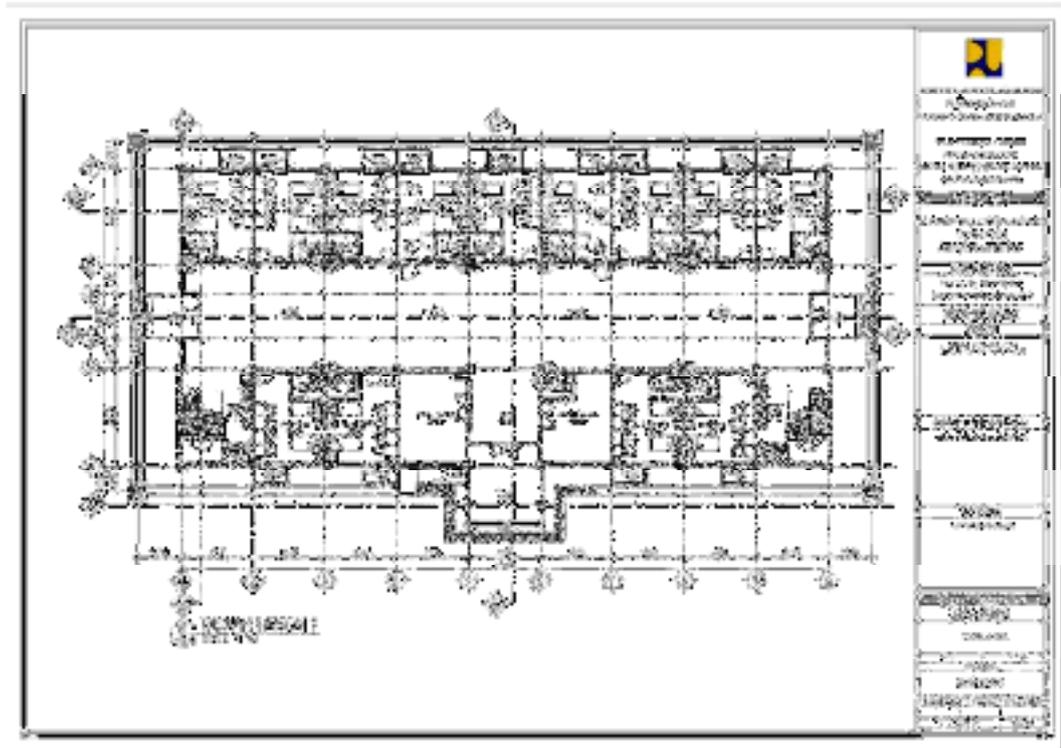
Gambar 3.5 Denah Pelat Lantai

(Sumber: Dokumen Proyek)



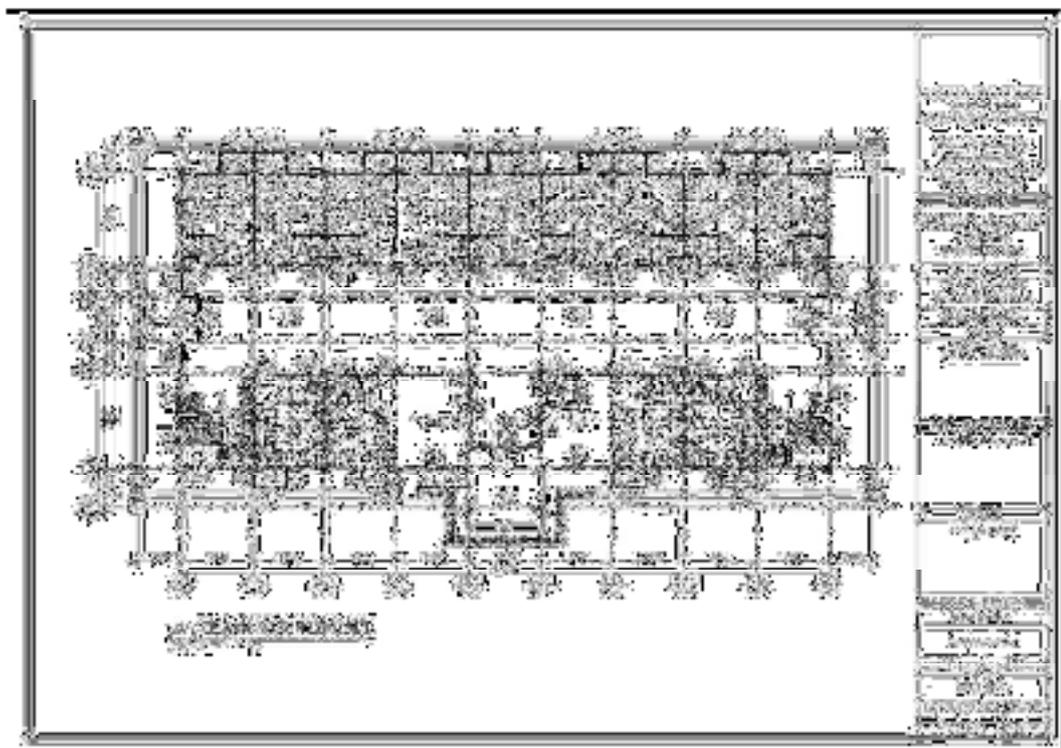
Gambar 3.6 Denah Atap

(Sumber: Dokumen Proyek)



Gambar 3.7 Denah Arsitektur

(Sumber: Dokumen Proyek)



Gambar 3.8 Denah Kusen

(Sumber: Dokumen Proyek)

### **3.3.3            *Time schedule, AHSP, Volume pekerjaan Proyek***

Dalam Penelitian ini Analisis harga satuan pekerjaan dibutuhkan untuk mendapatkan koefisien pada setiap pekerjaannya. Guna koefisien yaitu untuk menentukan durasi pekerjaan yang dibutuhkan sesuai dengan volume pekerjaannya.

NO.	URAIAN PEKERJAAN	Satuan	Kuantitas	Bobot pekerjaan (%)	MINGGU																																				
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35		
I.A.	PEKERJAAN PERSIAPAN	Lumpsum	1.00	1.036	0.213	0.566	0.174	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003				
I.B.	PEKERJAAN RK3K KONSTRUKSI	Lumpsum	1.00	0.552	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016				
II.A.	PEKERJAAN STRUKTUR STANDART	Lumpsum	1.00	43.945					0.851	2.762	3.387	2.910	3.268	4.004	2.877	2.901	2.632	4.071	2.807	1.673	2.047	1.320	0.506	0.924	0.936	0.638	0.828	0.481	0.481	0.745	0.385	0.512									
A.1.	PEKERJAAN LANTAI 1 ELV. +0.00	Lumpsum	1.00	10.517					0.851	2.762	3.387	2.910			0.607																										
A.2.	PEKERJAAN LANTAI 2 ELV. +3.55	Lumpsum	1.00	12.840									3.27	4.00	2.27	2.90					0.40																				
A.3.	PEKERJAAN LANTAI 3 ELV. +6.95	Lumpsum	1.00	11.050													2.63	4.07	2.41	1.67		0.27																			
A.4.	PEKERJAAN LANTAI DAK ELV. +10.35	Lumpsum	1.00	3.608																		2.05	1.06	0.51																	
A.5.	KOLOM DAN RING BALOK-1 ELV. +11.30	Lumpsum	1.00	2.497																			0.92	0.94	0.64																
A.6.	RING BALOK-2 DAN SOPI-SOPI ELV.+14.60	Lumpsum	1.00	0.828																						0.83															
A.7.	RANGKA ATAP BAJA	Lumpsum	1.00	2.604																							0.48	0.48	0.75	0.38	0.51										
II.B.	PEKERJAAN STRUKTUR NON STANDART	Lumpsum	1.00	14.202	0.28	1.14	2.77	3.09	3.93	2.49			0.05	0.44																											
B.1.	PEKERJAAN STRUKTUR BAWAH (SUB STRUCTURE)	Lumpsum	1.00	14.202	0.28	1.14	2.77	3.09	3.93	2.49			0.05	0.44																											
III.A.	PEKERJAAN ARSITEKTUR STANDART	Lumpsum	1.00	40.265																	2.14	2.51	1.54	1.54	1.75	2.81	1.78	2.65	2.45	1.74	3.18	2.84	1.82	2.76	2.60	2.25	2.02	1.18	0.35	0.35	
A.1.	PEKERJAAN LANTAI SATU	Lumpsum	1.00	11.808																	2.14	2.51	1.54	1.54	1.75	1.68	0.65														
A.2.	PEKERJAAN LANTAI DUA	Lumpsum	1.00	11.907																					1.13	1.13	2.65	2.45	1.74	2.15	0.65										
A.3.	PEKERJAAN LANTAI TIGA	Lumpsum	1.00	11.480																									1.03	2.19	1.82	1.90	1.74	2.15	0.65						
A.4.	PEKERJAAN LANTAI DAK DAN ATAP	Lumpsum	1.00	5.070																															0.86	0.86	0.10	1.37	1.18	0.35	0.35
<b>TOTAL RENCANA (I + II + III)</b>					100.000	0.51	1.72	2.96	3.11	3.95	3.36	2.78	3.46	3.37	3.29	4.02	2.90	2.92	2.65	4.09	4.97	4.20	3.61	2.88	2.27	3.76	2.73	3.30	3.30	2.24	3.68	3.61	2.23	3.29	2.62	2.27	2.04	1.20	0.36	0.36	
<b>TOTAL KUMULATIF (I + II + III)</b>						0.51	2.23	5.19	8.30	12.25	15.61	18.39	21.85	25.22	28.51	32.53	35.43	38.34	41.00	45.08	50.05	54.25	57.86	60.74	63.01	66.77	69.50	72.81	76.11	78.34	82.02	85.63	87.85	91.15	93.76	96.03	98.07	99.27	99.64	100.00	

Gambar 3.9 Time Scedule data awal

(Sumber : Dokumen Proyek)

A.4.1.1.10. Pembuatan 1 m3 Beton Mutu Fc = 26,4 Mpa (K300)

NO.	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
<b>A TENAGA</b>						
	Pekerja	L.01	OH	1.650 Rp	130,000.00Rp	214,500.00
	Tukang	L.02	OH	0.275 Rp	140,000.00Rp	38,500.00
	Kepala tukang	L.03	OH	0.028 Rp	150,000.00Rp	4,200.00
	Mandor	L.04	OH	0.083 Rp	165,000.00Rp	13,695.00
	<b>JUMLAH TENAGA KERJA</b>					<b>Rp 270,895.00</b>
<b>B BAHAN</b>						
	Portland Cement (PC)		Kg	439.000Rp	2,600.00Rp	1,141,400.00
	Pasir Beton (PB)		m3	681Rp	571.43Rp	389,142.86
	Batu Split Beton/Krikil (Kr)		m3	1021Rp	527.78Rp	538,861.11
	Air		Ltr	215Rp	350.00Rp	75,250.00
	<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>					<b>Rp 2,144,653.97</b>
<b>C PERALATAN</b>						
	Sewa Molen		Sewa/Hari	0.2380Rp	650,000.00Rp	154,700.00
	<b>JUMLAH HARGA ALAT</b>					<b>Rp 154,700.00</b>
	<b>D JUMLAH (A+B+C)</b>					<b>Rp 2,570,248.97</b>
	<b>E OVERHEAD AND PROFIT</b>					<b>Rp 257,024.90</b>
	<b>F HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)</b>					<b>Rp 2,827,273.00</b>

1 Kg PEMBESIAN BESI POLOS DAN BESI ULIR

NO.	URAIAN	KODE	SATUAN	KOEFISIEN	HARGA SATUAN (Rp.)	JUMLAH HARGA (Rp.)
<b>A TENAGA</b>						
	Pekerja	L.01.01	OH	0.0070Rp	130,000.00Rp	910.00
	Tukang	L.02.01	OH	0.0070Rp	140,000.00Rp	980.00
	Kepala tukang	L.03.01	OH	0.0007Rp	150,000.00Rp	105.00
	Mandor	L.04.01	OH	0.0004Rp	165,000.00Rp	66.00
	<b>JUMLAH TENAGA KERJA</b>					<b>Rp 2,061.00</b>
<b>B BAHAN</b>						
	Besi Beton (Polos/Ulir)		Kg	1.0500Rp	15,500.00Rp	16,275.00
	Kawat Beton		Kg	0.0150Rp	21,000.00Rp	315.00
	<b>JUMLAH HARGA BAHAN</b>					<b>Rp 16,590.00</b>
<b>C PERALATAN</b>						
	<b>JUMLAH HARGA ALAT</b>					
	<b>D JUMLAH (A+B+C)</b>					<b>Rp 18,651.00</b>
	<b>E OVERHEAD AND PROFIT</b>					<b>Rp 1,865.10</b>
	<b>F HARGA SATUAN PEKERJAAN (D+E)</b>					<b>Rp 20,516.00</b>

Gambar 3.10 AHSP Proyek

(Sumber: Dokumen Proyek)

II.A.	PEKERJAAN STRUKTUR STANDART	
A.1.	PEKERJAAN LANTAI 1 Eiv. +0.00	
1	Kolom K1	
	- Beton K-300	46.93 M <sup>3</sup>
	- Besi beton	7,256.03 Kg
	- Bekisting	373.86 M <sup>2</sup>
2	Kolom K2	
	- Beton K-300	0.75 M <sup>3</sup>
	- Besi beton	195.35 Kg
	- Bekisting	9.96 M <sup>2</sup>
3	Perkerjaan dalam bangunan	
	- Tanah urug peninggian lantai t=45 cm (dalam bangunan)	416.26 M <sup>3</sup>
	- Pasir urug diatas tanah urug t=10 cm (dalam bangunan)	75.28 M <sup>3</sup>
	- Cor beton lantai kerja t=5 cm (dalam bangunan)	47.64 M <sup>3</sup>
	- Galian tanah (dalam	
4	bangunan) Perkerjaan luar bangunan	
	- Tanah urug peninggian lantai t=45 cm (luar bangunan) + pematatan CBR 5%	78.53 M <sup>3</sup>
	- Pasir urug diatas tanah urug t=10 cm (luar bangunan)	20.51 M <sup>3</sup>
	- Cor beton lantai kerja t=5 cm (luar bangunan)	10.26 M <sup>3</sup>
	- Galian tanah (luar bangunan)	
5	Cor beton Lantai Dasar Fc '25 Mpa t=10 cm (dalam & luar bangunan)	
	- Beton K-300	109.48 M <sup>3</sup>
	- Besi Wiremesh M-8	987.28 M <sup>2</sup>
	- Besi beton	1,895.94 kg

Gambar 3.11 Volume Pekerjaan

(Sumber: Dokumen Proyek)

### **3.4 Instrumen Penelitian**

Alat bantu yang dipilih dan digunakan agar penelitian ini dapat lebih sistematis dan mudah yaitu *Autodesk Revit*, *Autodesk Naviswork*, dan *Microsoft Project*. Alasan dipilihnya *software* ini karena ketiga *software* ini merupakan *software* yang sudah terintegrasi dengan BIM. *Autodesk Revit* sebagai perangkat permodelan 3D, *Naviswork* sebagai analisis *clash detection* dan simulasi waktu 4D, sedangkan *Microsoft Project* digunakan untuk manajemen proyek dan analisa lintasan kritis.

### **3.5 Metode Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.5.1 Persiapan**

Tahapan awal dengan merumuskan masalah penelitian yang akan dibahas. Kemudian melakukan studi literatur mengenai BIM dan *software* pendukung penelitian yaitu *MS Project* dan *Naviswork Manage*.

#### **3.5.2 Pengumpulan Data**

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah data sekunder, yaitu Gambar kerja/*Shop Drawing*, Volume Pekerjaan, dan Analisis Harga Satuan Gedung Rumah Susun Sekolah Tinggi Anugerah Misi Nias Barat.

#### **3.5.3 Pemodelan 3D**

Tujuan dari pemodelan 3D bangunan ini agar implementasi konsep BIM 4D dapat diterapkan. Dengan menggunakan *software Autodesk Revit*, Masing-masing komponen struktur dimodelkan dengan *family revit* yang selanjutnya memasukan elemen struktur yang telah selesai dimodelkan ke dalam *project* sesuai titik dan elevasi dari gambar kerja. Terakhir dilanjutkan dengan pemodelan penulangan pada setiap elemen struktur yang disesuaikan dengan gambar kerja yang telah ditentukan.

#### **3.5.4 Clash Detection**

*Clash Detection* dilakukan pada *software Naviswork* yang bertujuan untuk mendeteksi terjadinya bentrokan pada permodelan 3D atau elemen-elemen desain

yang sudah dimodelkan dan juga mendeteksi jika ada urutan pekerjaan yang disesuaikan dengan yang diharapkan.

### 3.5.5 *Quantity Take Off*

Setelah pemodelan dilanjutkan dengan perhitungan volume setiap item pekerjaan baik struktur maupun arsitektur.

### 3.5.6 **Perhitungan Tenaga Kerja**

Analisis durasi pekerjaan menggunakan pendekatan logika matematika, dengan persamaan rumus sebagai berikut.

Jumlah Tenaga Kerja (0) - Koefisien<sub>(010-Volun-Pelaksanaan)</sub>  
Durasi (H)

---

### 3.5.7 **Membuat *Time Schedule* dengan Metode PDM dan CPM**

Dalam penelitian ini metode penjadwalan yang digunakan adalah *precedence Diagram Method* (PDM). Terdapat beberapa tahap dalam proses pembuatan *time schedule* dengan menggunakan *software Ms Project*. Tahapan awal mengidentifikasi urutan-urutan pekerjaan, kemudian berikan estimasi durasi setiap pekerjaan, kemudian susun setiap item pekerjaan menjadi urutan yang runut, menentukan kalender proyek pada *Ms Project*, selanjutnya input durasi pekerjaan ke dalam *Ms Project* dan tentukan *prodecessors* dari setiap item pekerjaan. Setelah setiap parameter dan durasi telah ditentukan, maka hasil akan ditampilkan dalam bentuk *chart* atau bagan *time schedule*.

### 3.5.8 **Membuat model 4D**

Pada tahap ini model 3D di *convert* kedalam format *NWC (Naviswork)* agar memudahkan meimport pekerjaan dan gambar 3D yang dihasilkan lebih jelas. Setelah data model 3D dan *time Schedule* selesai di impor, selanjutnya mensinkronkan antara model 3D dengan penjadwalan dalam *software Naviswork* sehingga menghasilkan permodelan 4D.

### **3.5.9 Simulasi**

Simulasi dengan bantuan *software Naviswork* ini dapat memvisualisasikan rencana konstruksi dengan memanfaatkan jadwal, kuantifikasi dan animasi. Tahap simulasi bertujuan untuk menjalankan simulasi konstruksi dan dapat mengidentifikasi masalah sejak dini dan menghindari segala bentuk penundaan atau biaya tidak terduga.

### **3.5.10 Pembahasan**

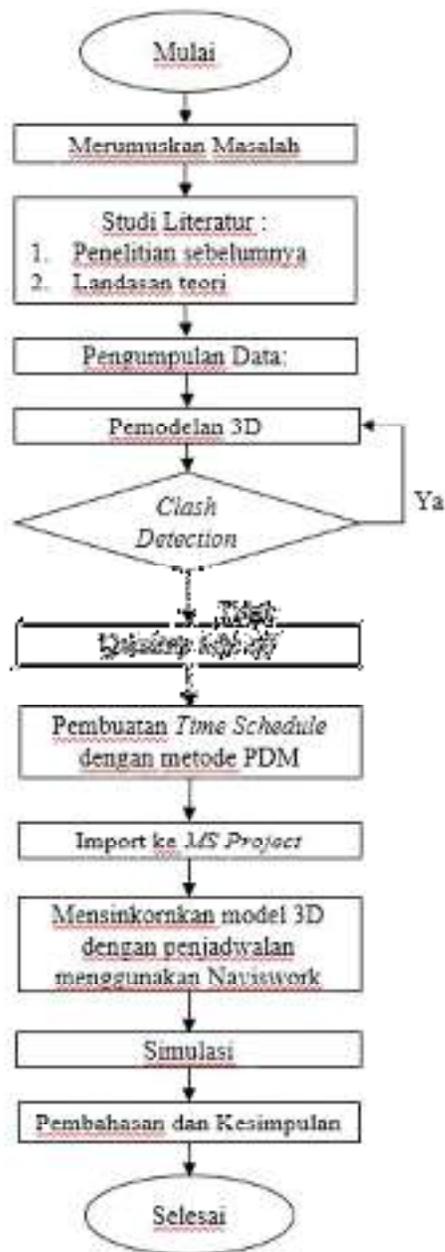
Dari hasil analisa yang didapatkan akan dikonsultasikan kembali dengan dosen pembimbing. Bila terjadi kendala maka akan dicari solusi lainnya untuk menyelesaikan.

### **3.5.11 Kesimpulan dan Saran**

Tahap terakhir dari penulisan tugas akhir ini merangkum temuan dari perencanaan dan analisis yang telah dilakukan, serta memberikan rekomendasi untuk penelitian berikutnya yang bertujuan untuk meningkatkan perkembangan penggunaan BIM dalam pelaksanaan perencanaan proyek konstruksi.

### **3.6 Diagram Alir**

Berikut ini adalah penjelasan secara singkat mengenai langkah dan metode yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar sebagai berikut.



Gambar 3.12 Diagram Alir