TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI KONSEP *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) 4D DALAM TAHAP PERENCANAAN PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN *(IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF 4D BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) IN BRIDGE PROJECT SCHEDULE PLANNING)*

(Studi Kasus: Penggantian Jembatan Perning Kloji Kabupaten Mojokerto)

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil

Axsyal Aditya Nugraha
20511198

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL PROGRAM SARJANA
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2024

TUGAS AKHIR

IMPLEMENTASI KONSEP *BUILDING INFORMATION MODELING* (BIM) 4D DALAM TAHAP PERENCANAAN PENJADWALAN PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN

(IMPLEMENTATION OF THE CONCEPT OF 4D BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) IN BRIDGE PROJECT SCHEDULE PLANNING)

(Studi Kasus: Penggantian Jembatan Perning Kloji Kabupaten Mojokerto)

Disusun oleh:

Axsyal Aditya Nugraha

20511198

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal

Senin, 19 Agustus 2024

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM.	Ir. Tri Nugroho Sulistiantoro, S.T., M.T.	Albani Musyafa',S.T., M.T.
NIK: 005110101	NIK: 195110502	NIK: 955110102

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

26/8/2024

Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM.
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya buat sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya diri saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah dalam penulisan laporan Tugas Akhir. Apabila di kemudian hari ditemukan bahwa laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau terdapat plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Axsyal Aditya Nugraha

20511198

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrohmatullahi Wabarokaatuh

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji syukur atas kehadirat Allah *Subhanahu Wa Ta'ala* atas segala rahmat dan karuniya-Nya, sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul "Implementasi Konsep *Building Information Modeling* (BIM) 4D dalam Tahap Perencanaan Penjadwalan Proyek Pembangunan Jembatan". Tugas Akhir ini diajukan dan disusun guna memenuhi salah satu syarat akademik untuk menyelesaikan studi pendidikan strata satu (S1) di Program Studi Teknik Sipil Program Sarjana, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdapat banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun dengan adanya bantuan, bimbingan, saran, kritik, dan dukungan semangat dari berbagai pihak, penyusunan Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik. Berkaitan dengan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang sebaik-baiknya kepada pihak-pihak terkait.

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D. (Eng)., IPM. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Program Sarjana, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta
2. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IPM. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir, terima kasih atas bimbingan, saran, kritik dan dukungan yang diberikan dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Ir.Tri Nugroho Sulistiantoro, S.T., M.T dan Bapak Albani Musyafa', S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir, terimakasih atas saran, kritik, dan masukkan yang diberikan dalam penyusunan Tugas Akhir.
4. Seluruh dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia yang telah membagikan ilmu kepada penulis selama menempuh studi program sarjana.
5. Bapak Kamsun, S.T. dan Ibu Siti Rubi'atun serta Keluarga Mas Fendy, Mba Dian, Adik Intan, Abidzar, Adiba, Daffa, terima kasih atas kasih sayang,

bimbingan, dorongan, nasihat, dan semua pengorbanan yang telah diberikan untuk penulis hingga selesainya masa studi dan Tugas Akhir.

6. Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur, khususnya Bidang Bina Teknik, terima kasih telah mengizinkan untuk melakukan kegiatan observasi dalam pengumpulan data untuk penelitian Tugas Akhir.
7. Unit Pelaksana Teknik Pengelolaan Jalan dan Jembatan (UPT PJJ) Mojokerto sebagai unit pelaksanaan teknis Proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Kabupaten Mojokerto.
8. Bapak Handi Rizkianto, S.T. selaku ahli dalam bidang *scheduler* yang telah membantu dalam memverifikasi hasil analisa data penelitian untuk penyelesaian Tugas Akhir ini.
9. Sahabat-sahabat penulis Ilyas, Maji', Azka, Nizam, Dewi dan Laziqoh, terima kasih telah menemani dan membantu penulis dari awal hingga akhir masa perkuliahan.
10. KKN Unit 269 sakaligus keluarga baru penulis Bagas, Astrid, Nindi, Farah, Nana dan Zaza yang selalu mendengarkan keluh kesah penulis, terima kasih selalu menghibur dan memberi dukungan serta semangat selama menyelesaikan Tugas Akhir.
11. Semua teman-teman dekat penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas semua bantuan yang telah diberikan kepada penulis dari awal hingga akhir perkuliahan.
12. Semua pihak terkait yang turut memberi bantuan dan dukungan penulis dalam penyusunanan Tugas Akhir ini

Yogyakarta, Agustus 2024

Penulis,

Axsyal Aditya Nugraha

20511198

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN i

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI ii

KATA PENGANTAR iii

DAFTAR ISI v

DAFTAR GAMBAR viii

DAFTAR TABEL xi

DAFTAR LAMPIRAN xii

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xiii

ABSTRAK xv

ABSTRACT xvi

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Rumusan Masalah 4

1.3. Tujuan Penelitian 4

1.4. Manfaat Penelitian 4

1.5. Batasan Penelitian 5

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7

2.1. Tinjauan Umum 7

2.2. Tinjauan Penelitian 7

2.2.1. Implementasi Konsep BIM 4D dalam Perencanaan *Time Schedule* dengan *Analisis Resources Levelling* (*Implementation of 4D BIM Concept in Time Schedule Planning with Resources Levelling Analysis*) 7

2.2.2. Implementasi Konsep BIM 4D dalam Perencanaan Penjadwalan Pekerjaan Elektrikal dan Plambing *(Implementation of 4D BIM Concept in Electrical and Plumbing Job Scheduling Plan)* 8

2.2.3. Implementasi Konsep *Building Information Modelling* (BIM) dalam Merencanakan Pengestimasian Biaya dan Penjadwalan Pekerjaan Struktural (*Implementation of The Concept of Building Information Modeling (BIM) in Planning Cost Estimation and Scheduling of Structural Work*). 9

2.2.4. Implementasi *Building Information Modeling* 4D (Studi Kasus: Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin) 10
2.2.5. Implementasi Konsep BIM 5D Pada Pekerjaan Struktur Proyek Gedung10
2.3. Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan 11
2.4. Keaslian Penelitian 24
BAB III LANDASAN TEORI 25
3.1. Tinjauan Umum 25
3.2. Proyek 25
3.3. Proyek Konstruksi 27
3.4. Struktur Bangunan Jembatan 28
3.4.1. Bentuk dan Jenis Jembatan 30
3.4.2. Metode Peluncuran Erection Balok PCI Girder 31
3.5. Manajemen 32
3.5.1. Manajemen Proyek 32
3.5.2. *Triple Constraint* 33
3.5.3. Penjadwalan 34
3.6. *Building Information Modeling* (BIM) 39
3.6.1. BIM dalam Proyek Konstruksi 40
3.6.2. *Level of Development* (LOD) 40
3.6.3. Dimensi Model BIM 43
3.7. Penjadwalan dalam BIM 45
3.8. Autodesk Revit 46
3.9. Microsoft Project 46
3.10. Autodesk Naviswork 48
BAB IV METODE PENELITIAN 52
4.1. Tinjauan Umum 52
4.2. Subjek dan Objek Penelitian 52
4.3. Data Penelitian 53
4.3.1. Data Primer 53
4.3.2. Data Sekunder 53

4.4. Metode Pengumpulan Data 54
4.5. Metode Pelaksanaan Penelitian 54
4.5.1. Perumusan Masalah dan Studi Pustaka 54
4.5.2. Menentukan subjek dan objek penelitian 54
4.5.3. Pengumpulan Data 55
4.5.4. Pengaplikasian perangkat lunak BIM Autodesk Revit dalam permodelan 3D 55
4.5.5. Pengaplikasian Perangkat Lunak BIM Microsoft Project dalam Analisis Penjadwalan 58
4.5.6. Pengaplikasian Perangkat Lunak BIM 4D Autodesk Naviswork untuk *scheduling simulation* 60
4.6. Diagram Alir Penelitian 61
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 64
5.1. Data Penelitian 64
5.1.1. Informasi Proyek 64
5.1.2. Lokasi Proyek 65
5.1.3. Gambar Proyek 66
5.1.4. Penjadwalan Proyek 66
5.2. Analisis Data untuk Permodelan dalam Bentuk 3 Dimensi (3D) 66
5.3. Analisis Data untuk Penjadwalan 93
5.4. Analisis Konektivitas Model 3D dengan Data Penjadwalan 104
5.5. Pembahasan 109
5.5.1. Simulasi Visual Pelaksanaan Proyek 109
5.5.2. Deteksi Konflik Penjadwalan (*Scheduling Conflicts*) 111
BAB VI KESIMPULAN 115
6.1. Kesimpulan 115
6.2. Saran 115
DAFTAR PUSTAKA 117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Kondisi Eksisting Jembatan Perning Kloji	2
Gambar 3.1	Bagian-bagian Struktur Jembatan	28
Gambar 3.2	Kurva Distribusi Waktu	36
Gambar 3.3	Diagram PDM	37
Gambar 3.4	*Level of Development* (LOD)	42
Gambar 3.5	*Clash Detection* Autodesk Naviswork	48
Gambar 4.1	Lokasi Penelitian	52
Gambar 4.2	Diagram Alir Pengaplikasian Autodesk Revit	56
Gambar 4.3	Diagram Alir Pengaplikasian Microsoft Project	58
Gambar 4.4	Diagram Alir Pengaplikasian Autodesk Naviswork	60
Gambar 4.5	Diagram Alir Penelitian	61
Gambar 5.1	Lokasi Proyek	64
Gambar 5.2	Kondisi Eksisting Jembatan	64
Gambar 5.3	Perangkat Lunak Autodesk Revit 2023	66
Gambar 5.4	Tampilan Awal Autodesk Revit 2023	67
Gambar 5.5	Tampilan untuk Memilih *Tamplate* File	67
Gambar 5.6	Mengatur Satuan (*Project Unit*)	68
Gambar 5.7	*Dimensi Pile Cap* dan Pondasi Tiang	69
Gambar 5.8	*Referance Line* Dimensi *Pile Cap* Pondasi Tiang	70
Gambar 5.9	Bentuk *Family* Pondasi Tiang Abutment (33 meter)	70
Gambar 5.10	Bentuk *Family* Pondasi Tiang DPT (11 meter)	71
Gambar 5.11	Hasil Permodelan *Family* Pondasi Tiang Abutment	71
Gambar 5.12	Hasil Permodelan *Family* Pondasi Tiang DPT	72
Gambar 5.13	Detail Abutment Jembatan	72
Gambar 5.14	Bentuk *Family* Abutment	73
Gambar 5.15	Hasil Permodelan *Family* Abutment	73
Gambar 5.16	Detail Potongan Balok PCI *Girder*	74
Gambar 5.17	*Referance Line* Dimensi Balok PCI *Girder*	74

Gambar 5.18 Bentuk *Family* Balok PCI *Girder* 75
Gambar 5.19 Hasil Permodelan *Family* Balok PCI *Girder* 75
Gambar 5.20 Detail Potongan *Deckslab* dan Plat Lantai Jembatan 76
Gambar 5.21 *Referance Line* Dimensi *Deckslab* dan Plat Lantai 76
Gambar 5.22 Hasil Permodelan *Family Deckslab* dan Plat Lantai 77
Gambar 5.23 Detail Dinding Penahan Tanah 77
Gambar 5.24 *Referance Line* Dimensi Dinding Penahan Tanah 78
Gambar 5.25 Hasil Permodelan *Family* Dinding Penahan Tanah 78
Gambar 5.26 Detail Penampang Pasangan Batu Kali 79
Gambar 5.27 Hasil Permodelan *Family* Pasangan Batu Kali 79
Gambar 5.28 Detail Dimensi Trotoar dan Railing Beton 80
Gambar 5.29 *Referance Line* Dimensi Trotoar dan *Railing* Beton 80
Gambar 5.30 Hasil Permodelan *Family* Trotoar dan *Railing* Beton 81
Gambar 5.31 Hasil Permodelan *Family Railing* Pipa Galvanis 81
Gambar 5.32 Detail Dimensi Penampang Saluran Drainase 82
Gambar 5.33 *Referance Line* Dimensi Saluran Drainase 82
Gambar 5.34 Hasil Permodelan *Family* Saluran Drainase 83
Gambar 5.35 *Referance Line* Dimensi Rel Pengaman Jalan 83
Gambar 5.36 Hasil Permodelan *Family* Rel Pengaman Jalan 84
Gambar 5.37 Detail Dimensi Pagar Leneng 84
Gambar 5.38 *Referance Line* Dimensi Pagar Leneng 85
Gambar 5.39 Membuat Bentuk Pagar Leneng 85
Gambar 5.40 Hasil Permodelan *Family* Pagar Leneng 85
Gambar 5.41 Menyimpan Hasil Komponen *Family* 86
Gambar 5.42 Membuat Garis Elevasi 86
Gambar 5.43 *Properties Level Placement Family* 88
Gambar 5.44 Permodelan Abutment, Balok PCI *Girder*, Pondasi Tiang 88
Gambar 5.45 Permodelan Dinding Penahan Tanah 89
Gambar 5.46 Permodelan *Deckslab* dan Plat Lantai Jembatan 89
Gambar 5.47 Permodelan Komponen Pendukung 90
Gambar 5.48 Permodelan Bangunan Jembatan 90

Gamber 5.49	*Export* File Autodesk Revit (.nwc)	91
Gambar 5.50	Mengatur *Project Option*	93
Gambar 5.51	Mengatur Hari Libur Nasional	94
Gambar 5.52	Mengatur Jam Kerja	95
Gambar 5.53	Mengatur Tanggal Awal Pelaksanaan	95
Gambar 5.54	Input Uraian Pekerjaan	97
Gambar 5.55	Input Durasi Pekerjaan	99
Gambar 5.56	Input Hubungan Antar Pekerjaan	102
Gambar 5.57	Tampilan Network Diagram	102
Gambar 5.58	Perangkat Lunak Aurodesk Revit 2023	103
Gambar 5.59	Input Data Permodelan 3D ke Autodesk Naviswork	104
Gambar 5.60	Input Data Penjadwalan ke Autodesk Naviswork	104
Gambar 5.61	Menghubungkan Data dengan *Auto-Attach*	105
Gambar 5.62	Konektivitas Data Model 3D dengan Penjadwalan	106
Gambar 5.63	Mengatur Hasil Visual Simulation	107
Gambar 6.64	Attached Data Penjadwalan	107
Gambar 5.65	Data Rencana Gambar 2D	108
Gambar 5.66	Hasil Permodelan 3D	109
Gambar 5.67	QR Code Hasil Scheduling Simulation	109
Gambar 5.68	Contoh Hasil Tes *Clash Detection*	111

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu	14
Tabel 5.1	Level Elevasi	87
Tabel 5.2	Hari Libur Nasional	93
Tabel 5.3	Uraian Pekerjaa	96
Tabel 5.4	Durasi Pekerjaan	98
Tabel 5.5	Hubungan Keterkaitan Pekerjaan	100

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 *Detailed Engineering Desain* (DED) Proyek Pengantian Jembatan Perning Kloji Mojokerto

Lampiran 2 Data *Time Schedule* dan Kurva-S Proyek Penggantian jembatan Perning Kloji Mojokerto

Lampiran 3 Hasil Permodelan 3D Autodesk Revit

Lampiran 4 Diagram Network Hasil Analisis Penjadwalan Microsoft Project

Lampiran 5 *Gantt Chart* Hasil Analisis Penjadwalan Microsoft Project

Lampiran 6 Contoh *Report* Hasil Simulasi *Clash Detection*

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

AHSP = Analisa Harga Satuan Pekerjaan
AOA = *Activity on Arrow*
APBD = Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah
a (PDM) = Waktu Optimis (dalam konteks *Precedence Diagram Method*)
BIM = *Building Information Modeling*
BoQ = *Bill of Quantity*
BPD = Bank Perwakilan Daerah
b (PDM) = Waktu Pesimis (dalam konteks *Precedence Diagram Method*)
CAD = *Computer-Aided Design*
CPM = *Critical Path Method*
D = Dimensi (dalam konteks bentuk)
DPPA = Daftar Pelaksanaan Perubahan Anggaran
DPU = Dinas Pekerjaan Umum
DPUPR = Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang
DPT = Dinding Penahan Tanah
DRC = *Disaster Recovery Center*
DS = Dimensi Standar
.dwg = Format File Drawing AutoCAD
.exe = Format File *Executable* (program komputer)
FF = *Finish-to-Finish*
Fps = *Frames per Second* (jumlah gambar per detik dalam video)
FS = *Finish-to-Start* (dalam konteks ketergantungan tugas)
IPAS = *Integrated Protected Area System*
Km = Kilometer
LOD = *Level of Development*
m (PDM) = Waktu Mungkin (dalam konteks *Precedence Diagram Method*)
MEP = *Mechanical, Electrical, and Plumbing*
6M = *Man, Money, Material, Machine, Method, and Market*

MS = Microsoft

.mpp = Format File Microsoft Project

.nwc = Format File Naviswork Cache

PCI = *Prestressed Concrete I*

PDM = *Precedence Diagram Method*

PERT = *Program Evaluation and Review Technique*

PJJ = Pembelajaran Jarak Jauh

PT = Perseroan Terbatas

RAB = Rincian Anggaran Biaya

.rfa = Format File Revit Family

RVT = Revit

SBY = Surabaya

SF = *Start-to-Finish*

SI = Satuan Internasional

SKPD = Satuan Kerja Perangkat Daerah

SS = *Start-to-Start*

UPT = Unit Pelaksana Teknis

WBS = *Work Breakdown Structure*

Wks = *Weeks* (minggu)

(s) = *Second* (detik)

.avi = Format File Video

.xlsx = Format File Microsoft Excel Spreadsheet

ABSTRAK

Kemajuan teknologi konstruksi saat ini terus mengalami kemajuan yang signifikan. Pemerintah Indonesia melalui Dinas PUPR telah mengeluarkan standar baru dalam perencanaan proyek konstruksi dengan menerapkan teknologi BIM. Dengan adanya standar baru dari pemerintah, perusahaan-perusahaan konstruksi mulai melakukan penerapan teknologi BIM ini dalam proses perencanaan hingga penelolaan proyek konstruksi bangunan dengan menggunakan berbagai perangkat lunak terintegrasi BIM.

Penelitian ini akan menerapkan konsep teknologi BIM 4D pada proses perencanaan penjadwalan pembangunan proyek jembatan. Penelitian akan menggunakan perangkat lunak berbasis BIM, Autodesk Revit digunakan untuk permodelan 3D, Microsoft Project untuk analisis penjadwalan, dan Autodesk Naviswork untuk konektivitas data yang akan menghasilkan scheduling simulation yang dapat digunakan sebagai instrumen pengelolaan manajemen proyek dari tahap perencanaan hingga pengelolaan proyek konstruksi.

Hasil penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa penerapan Building Inofation Modeling (BIM) 4D pada tahap perencanaan penjadwalan proyek pembangunan jembatan tidak hanya membantu dalam memvisualisasikan model 3D, namun dapat dijadikan sebagai instrumen pengelolaan manajemen proyek yang efisien. Dengan penerapan BIM 4D memungkinkan untuk membuat *scheduling simulation* untuk visualisasi pelaksanaan pekerjaan dan mendeteksi adanya *clash* atau bentrokan antar komponen pekerjaan. Teknologi BIM ini dapat bermanfaat pada efisiensi waktu dengan mengurangi potensi keterlambatan pelaksanaan proyek, efisiensi biaya dengan menghindari kesalahan dalam pelaksanaan, dan peningkatan mutu melalui perbaikan rencana desain untuk konstruksi yang lebih optimal berdasarkan simulasi *scheduling*.

Kata Kunci: BIM 4D, *Scheduling Simulation, Clash Detection*

ABSTRACT

The construction industry is witnessing rapid technological advancements. The Indonesian government, through the Ministry of Public Works and Public Housing (PUPR), has mandated the adoption of Building Information Modeling (BIM) technology in construction project planning. In response to this new standard, construction firms are actively integrating BIM software into their project lifecycles, from planning and design to construction and facility management.

This research aims to implement the concept of 4D BIM technology in the planning and scheduling process of a bridge construction project. The research will utilize BIM-based software, with Autodesk Revit for 3D modeling, Microsoft Project for scheduling analysis, and Autodesk Navisworks for data connectivity. This integration will generate a scheduling simulation that can serve as a project management tool, from the planning phase through the construction management phase.

This research concludes that the implementation of 4D Building Information Modeling (BIM) in the planning and scheduling phase of a bridge construction project not only aids in visualizing the 3D model but also serves as an efficient project management tool. The application of 4D BIM enables the creation of scheduling simulations for visualizing the construction process and detecting clashes or conflicts between work components. This BIM technology can contribute to time efficiency by reducing potential project delays, cost efficiency by preventing errors during execution, and quality improvement through design plan refinement for optimal construction based on scheduling simulations.

Keyword: BIM 4D, *Scheduling Simulation, Clash Detection*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seperti Kita ketahui bersama, Indonesia memiliki tingkat pertumbuhan masyarakat yang sangat tinggi. Hal ini ditunjukkan dari populasi Indonesia hingga mencapai 275 juta jiwa pada tahun 2022, dan menjadikan negara populasi terbesar keempat di dunia. Dengan adanya pertumbuhan penduduk sebesar 0,76% pada 2022, kebutuhan akan sarana infrastruktur menjadi semakin penting dan mendesak. Oleh karena itu, dibutuhkan pengembangan infrastruktur yang memadai untuk menunjang kebutuhan masyarakat yang terus meningkat, termasuk pada infrastruktur jalan dan jembatan.

Kondisi jalan dan jembatan yang baik menjadi kunci terselenggaranya transportasi darat yang lancar dan mampu menghubungkan antar daerah, guna menunjang kelancaran arus lalu lintas. Jembatan Perning Kloji di Mojokerto, Jawa Timur dinilai tidak layak pakai untuk jangka waktu dekat karena konstruksi pondasi dan dinding penahan tanah jembatan telah roboh, hal ini menjadi contoh kebutuhan mendesak pembangunan jembatan baru. Proses perencanaan pembangunan jalan dan jembatan sangat penting agar pembangunan menjadi efektif, efisien, dan berkelanjutan, termasuk aspek manajemen pemeliharaan jangka panjang.

Manajemen proyek yang efektif dan efisien sangat diperlukan dalam proses perencanaan pembangunan jalan dan jembatan apalagi melihat dari kondisinya jembatan memiliki intensitas mobilisasi yang cukup tinggi. Setelah ditinjau secara langsung, kondisi proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Mojokerto berada di ruas jalan provinsi dengan lokasi yang padat bangunan dengan mobilisasi kendaraan yang cukup tinggi, hal ini dapat dilihat pada Gambar 1.1. Oleh karena itu, dalam proses perencanaan proyek sangat penting untuk menghasilkan pelaksanaan yang efektif dan optimal dalam manajemen waktu sehingga arus lalu lintas jembatan dapat segera digunakan kembali sebagai penghubung antar daerah dalam kondisi yang lebih aman dan nyaman.



Gambar 1.1 Kondisi Eksisting Jembatan Perning Kloji

(Sumber: Dokumentasi Kontraktor Proyek, 2023)

Penjadwalan dalam manajemen konstruksi merupakan instrumen penting yang digunakan untuk menentukan durasi waktu diperlukan untuk setiap pekerjaan dapat dilaksanakan secara terstruktur. Dalam proses perencanaan penjadwalan meskipun teknologi konstruksi terus berkembang, metode penjadwalan proyek secara konvensional masih umum digunakan, di mana memiliki keterbatasan dalam efisiensi dan efektivitas. Keterbatasan ini dapat menyebabkan adanya masalah keterlambatan proyek dan masalah pengelolaan pelaksanaan proyek yang tidak optimal.

Teknologi dalam bidang konstruksi saat ini terus mengalami kemajuan yang signifikan, salah satunya adalah penggunaan konsep teknologi dari *Building Information Modeling* (BIM) sebagai standar baru dalam industri konstruksi. Atmawidjaja (2021) menyatakan "dengan adanya tugas yang semakin kompleks, dengan kuantitas yang tinggi, dan sumber daya yang terbatas, teknologi BIM dapat menjadi instrumen untuk menghasilkan produk infrastruktur yang lebih cepat, efisien, dan berkualitas". *Building Information Modeling* (BIM) adalah metode pengelolaan data informasi dari sebuah proyek konstruksi di mana setiap aspek dari konstruksi bangunan saling terintegrasi satu sama lain dalam satu permodelan 3 dimensi (3D). Permodelan 3D digunakan sebagai data dasar konektivitas integrasi untuk memvisualisasikan, menganalisis, dan mengelola data-data proyek, termasuk

desain, struktur, manajemen, dan pemeliharaan. Dengan BIM, seluruh elemen konstruksi dapat diintegrasikan dan disimulasikan secara digital sebelum implementasi fisik, memungkinkan identifikasi dan penyelesaian adanya potensi masalah sejak awal.

BIM 4D mengintegrasikan model 3D dengan data penjadwalan, memungkinkan simulasi visual proses pelaksanaan konstruksi. Crowther dan Ajayi (2019) dalam penelitian yang berjudul "*Impacts of 4D BIM on Construction Project Performance*" menyatakan "dampak penerapan teknologi BIM 4D dalam proyek konstruksi membuat perencana dapat memperoleh kualitas data konstruksi lebih banyak, *estimators* dan *quantity surveyors* dapat mengelola anggaran proyek sesuai progress yang direncanakan, dan *project manager* dipermudah dalam mengatur dan mengawasi progres pekerjaan sesuai waktu yang direncanakan". Oleh karena itu, penerapan BIM 4D dalam proses penjadwalan proyek konstruksi sangat membatu perencana dalam memanajemen proyek.

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, penelitian ini akan membahas mengenai implementasi konsep *Building Information Modeling* (BIM) 4D pada tahap perencanaan dalam melakukan penjadwalan. Studi kasus penelitian ini menggunakan proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Ruas Jalan Batas Gresik-Mlirip (Link 161) Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur, di mana metode yang digunakan pada proses perencanaan proyek masih menggunakan metode konvensional dengan *software* Microsoft Excel. Metode ini memiliki beberapa keterbatasan dalam hal efisiensi dan efektivitas dalam perencanaan, pelaksanaan, dan pengelolaan proyek. Penelitian ini akan menggunakan *software* Autodesk Revit, Microsoft Project, dan konektivitas dari Autodesk Naviswork menggunakan *scheduling simulation* dalam menerapkan konsep teknologi BIM 4D. Dengan menerapkan konsep BIM 4D pada tahap perencanaan untuk mensimulasikan proses pembangunan akan dapat mudah diketahui masalah yang akan terjadi sehingga dapat membuat solusi lebih awal sehingga meminimalisir terjadinya risiko keterlambatan dalam proses pembangunan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari latar belakang tersebut, didapatkan rumusan masalah dari penelitian implementasi konsep *Building Information Modeling* (BIM) 4D dalam tahap perencanaan penjadwalan proyek pembangunan jembatan sebagai berikut: Bagaimana efektivitas dari implementasi konsep teknologi *Building Information Modeling* (BIM) 4D dalam tahap perencanaan penjadwalan proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Mojokerto dengan memanfaatkan perangkat lunak BIM untuk menghasilkan *scheduling simulation*?.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian berdasarkan rumusan masalah tersebut adalah sebagai berikut: Mengetahui efektivitas pada proses perencanaan penjadwalan memanfaatkan perangkat lunak BIM dengan *scheduling simulation* dan *clash detection* dari hasil implementasi konsep teknologi *Building Information Modeling* (BIM) 4D pada proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Mojokerto.

1.4. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi semua pihak, yaitu sebagai berikut:

1. Bagi penulis dengan melakukan penelitian ini penulis dapat memperdalam pengetahuan mengenai pentingnya perkembangan teknologi *Building Information Modeling* (BIM) dalam proses perencanaan proyek konstruksi bangunan.
2. Bagi pembaca secara umum dan mahasiswa, dapat menjadi wawasan referensi penelitian serupa mengenai implementasi dari adanya perkembangan teknologi *Building Information Modeling* (BIM) dalam dunia proyek konstruksi bangunan.
3. Bagi perencana diharapkan dapat menjadi rekomendasi serta pertimbangan terhadap penerapan dari konsep teknologi *Building Information Modeling* (BIM) pada proses perencanaan proyek konstruksi bangunan.

1.5. Batasan Penelitian

1. Penelitian dilakukan pada proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Ruas Jalan Batas Gresik-Mlirip (Link 161) Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur.
2. Hasil penelitian berfokus pada keefektifan implementasi konsep *Building Information Modeling* (BIM) 4D dalam tahap perencanaan penjadwalan proyek pembangunan proyek jembatan melalui *scheduling simulation*.
3. Hasil penelitian tidak untuk dibandingkan secara *real* dengan hasil perencanaan proyek studi kasus.
4. Data gambar detail engineering desain (DED), durasi pelaksanaan pekerjaan, dan rancangan mutu bangunan dari proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Mojokerto tidak ada yang diubah.
5. Tidak meninjau dan memperhitungkan analisis struktur konstruksi dari proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Mojokerto.
6. Tidak memperhitungkan ulang volume pekerjaan, analisa harga satuan pekerjaan, dan produktivitas pekerja proyek.
7. Pembuatan *scheduling simulation* dengan penerapan konsep BIM 4D menggunakan perangkat lunak Autodesk Navisworks menggunakan hasil *data base* dari perangkat lunak permodelan 3D Autodesk Revit dan penjadwalan Microsoft Project.


UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum

Tinjauan pustaka merupakan tahap pengumpulan informasi dengan mengkaji penelitian atau literatur terdahulu untuk memahami konteks penelitian yang akan dilakukan dengan adanya pengembangan dalam aspek tertentu. Tinjauan pustaka digunakan sebagai acuan dalam melakukan penelitian dengan topik dan masalah yang serupa sehingga penelitian yang dilakukan dapat menyesuaikan metode analisis dan menghindari duplikasi.

Penelitian dengan topik implementasi konsep BIM 4D pada pelaksanaan proyek telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya dengan metode analisis dan hasil kesimpulan yang berbeda-beda. Pada bab ini akan membahas mengenai penelitian terdahulu yang relevan dengan topik penelitian ini, dan penjelasan mengenai perbedaan antara penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang mengenai implementasi konsep BIM 4D pada proses perencanaan penjadwalan proyek jembatan.

2.2. Tinjauan Penelitian

2.2.1. Implementasi Konsep BIM 4D dalam Perencanaan *Time Schedule* dengan *Analisis Resources Levelling* (*Implementation of 4D BIM Concept in Time Schedule Planning with Resources Levelling Analysis*)

Rachmawati dan Abma (2021) dalam penelitiannya yang berjudul "Implementasi Konsep *Building Information Modelling* (BIM) dalam Merencanakan Pengestimasian Biaya dan Penjadwalan Pekerjaan Struktural (*Implementation of The Concept of Building Information Modeling (BIM) in Planning Cost Estimation and Scheduling of Structural Work*)" di mana penelitian ini melanjutkan penelitian dari Farhana (2021) dengan menggunakan *software* Microsoft Project dan Autodesk Naviswork. Dalam penelitian sebelumnya/Farhana

(2021) penliti menggunakan *software* Primus dengan metode *barchart* untuk menghasilkan *Time Schedule*, sedangkan pada penelitian ini digunakan *software* Autodesk Navisworks dengan metode PDM untuk mendapatkan hasil *Time Schedule* dan simulasi penerapan pembangunan proyek. Berdasarkan penelitian tersebut didapatkan hasil bahwa penerapan konsep BIM menggunakan software Naviswork dan Microsoft Project membantu melakukan simulasi pelaksanaan proyek serta dapat mendeteksi adanya *clash* antar item pekerjaan. Setelah dilakukan analisis didapatkan jumlah durasi 273 hari pelaksanaan di mana hasil tersebut 31 hari lebih lama dari penelitian oleh Farhana (2021). Hal tersebut dikarenakan adanya perbedaan hubungan antar pekerjaan setelah dilakukan *breakdown schedule* dan pembatasan jumlah tenaga kerja.

2.2.2. Implementasi Konsep BIM 4D dalam Perencanaan Penjadwalan Pekerjaan Elektrikal dan Plambing *(Implementation of 4D BIM Concept in Electrical and Plumbing Job Scheduling Plan)*

Akbar (2021) dalam penelitiannya yang berjudul "Implementasi Konsep BIM 4D dalam Perencanaan Penjadwalan Pekerjaan Elektrikal dan Plambing dengan studi kasus proyek Pembangunan Rumah Kos 2 Lantai Sleman, Yogyakarta" bertujuan untuk mendapatkan hasil durasi dan *scheduling simulation* dari penerapan konsep 4D BIM dalam pekerjaan elektrikal dan plumbing. Pada penelitian ini digunakan metode BIM dalam proses mewujudkan 4D *scheduling simulation* dengan bantuan *software* Revit MEP diperoleh 3D *ModelBase* sebagai objek penelitian, *software* Microsoft Project diperoleh rencana *time schedule*, dan *software* Autodesk Naviswork diperoleh integrasi antara 3D *ModelBase* dengan *scheduling* dan menjadi media dalam memperoleh *BIM product 4D scheduling simulation*. Hasil penelitian ini menyebutkan adanya perbedaan durasi antara pekerjaan elektrikal dan plumbing dalam permodelan implementasi konsep BIM 4D dengan proyek yang sudah direalisasikan. Pada permodelan BIM didapatkan durasi total 30,64 hari kerja, sedangkan total durasi di proyek terrealisasi adalah 23 hari. Selain itu dari perencanaan jadwal, diperoleh hasil berbeda pada proyek berbentuk *Gantt Chart* sedangkan dalam penelitian ini didapatkan hasil

penjadwalan dalam bentuk 3D *ModelBase* yang dihubungkan dengan rencana *time schedule* di mana akan memperoleh 4D *scheduling simulation* termasuk *Gannt Chart* didalamnya.

2.2.3. Implementasi Konsep *Building Information Modelling* (BIM) dalam Merencanakan Pengestimasian Biaya dan Penjadwalan Pekerjaan Struktural (*Implementation of The Concept of Building Information Modeling (BIM) in Planning Cost Estimation and Scheduling of Structural Work*).

Subarto (2021) dalam penelitiannya yang berjudul "Implementasi Konsep BIM 4D dalam Perencanaan *Time Schedule* dengan Analisis *Resources Levelling* (*Implementation of 4D BIM Concept in Time Schedule Planning with Resources Levelling Analysis*) studi kasus Gedung *Disaster Recovery Center* (DRC) PT Bank BPD Wates DIY". Dalam penelitiannya ini, bertujuan untuk mengetahui perbedaan *Bill of Quantity* (BoQ) proyek antara sebelum dan sesudah dilakukan permodelan dengan perangkat lunak Autodesk Revit, mengetahui hasil penerapan konsep *Building Information Modelling* (BIM) dalam merencanakan estimasi biaya pekerjaan struktural dengan perangkat lunak Autodesk Revit, dan mengetahui hasil penerapan konsep BIM dalam merencanakan penjadwalan pekerjaan structural dengan perangkat lunak Autodesk Navisworks. Metode yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu penerapan konsep BIM dengan menggunakan bantuan *software* Autodesk Revit dalam melakukan estimasi biaya dan permodelan 3D bangunan serta *software* Autodesk Navisworks dan Microsoft Project untuk proses penjadwalan proyek. Berdasarkan penelitian, implementasi BIM pada pengestimasian biaya (BIM 5D) didapatkan hasil volume pekerjaan struktural dengan rincian volume pekerjaan pembesian 123,22 ton, pekerjaan bekisting 2927,898 m^2, dan pekerjaan pengecoran 662,301 m^3, dengan hasil tersebut didapatkan selisih antara volume *existing* dan permodelan menggunakan konsep BIM. Hasil analisis biaya pekerjaan struktural untuk volume *existing* sebesar Rp5.570.66,588 sedangkan biaya dengan volume permodelan sebesar Rp5.284.786,595 sehingga permodelan dengan Autodesk Revit mendapatkan hasil biaya lebih murah sebesar Rp385.279.993 atau 6,91% lebih hemat. Sementara itu,

untuk hasil implementasi BIM pada penjadwalan (BIM 4D) mendapatkan hasil selisih 13 minggu antara permodelan dan *existing* bahwa durasi total pekerjaan struktur menjadi 25 minggu dari sebelumnya penjadwalan *existing* hanya 12 minggu, hal ini dikarenakan adanya pertambahan volume ketika permodelan.

2.2.4. Implementasi *Building Information Modeling* 4D (Studi Kasus: Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin)

Khatimi dan Pardosi (2022) dalam penelitiannya yang berjudul "Implementasi *Building Information Modeling* 4D (Studi Kasus: Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin)" bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari penggunaan BIM terhadap perencanaan penjadwalan melalui data terrealisasi kontraktor. Metode yang digunakan dalam penelitian ini melalui pengkajian perangkat lunak yang digunakan, objek yang dilakukan permodelaan, penggunaan data *as build*, *time schedule*, dan rincian anggaran biaya. Sedangkan dalam pengelolaan data dilakukan metode permodelaan 3D menggunakan *software* Tekla Structures 2020, proses penjadawalan menggunakan *software* Tekla Task Manager, dan permodelan 4D menggunakan *object representation* dari *software* Tekla. Berdasarkan analisis penelitian yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa penggunaan *software* Tekla dalam memodelkan pekerjaan lanjutan proyek Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin dapat dilakukan, serta hasil perbandingan antara penjadwalan menggunakan software Tekla dan hasil data penjadwalan proyek tidak memiliki perbedaan antara keduanya.

2.2.5. Implementasi Konsep BIM 5D Pada Pekerjaan Struktur Proyek Gedung

Farhana dan Abma (2022) dalam penelitiannya yang berjudul "Implementasi Konsep BIM 5D Pada Pekerjaan Struktur Proyek Gedung", bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya dengan penerapan konsep BIM 5D. Pada Penelitian ini digunakan metode BIM 5D menggunakan bantuan *software* PriMus dalam pembuatan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) dan *software* PriMus IFC dalam memperoleh *quantity take-off*. Penelitian ini menghasilkan kesimpulan bahwa penerapan konsep BIM 5D dapat meningkatkan komunikasi, kolaborasi, dan

tanggung jawab berkelanjutan dalam proses perencanaan proyek. Dalam melakukan estimasi biaya, penerapan BIM 5D memperoleh hasil selisih 7% lebih kecil dari anggaran biaya pada perencanaan awal. Hal ini dikarenakan perencanaan modeling secara konvensional, elemen konstruksi tidak dimodelkan secara keseluruhan.

2.3. Perbandingan Penelitian Terdahulu dengan Penelitian yang Dilakukan

Pada Penelitian ini beberapa hal memiliki berbagai persamaan dan perbedaan dengan penelitian-penelitian terdahulu, mulai dari lokasi penelitian hingga metode yang digunakan dalam penelitiannya. Rachmawati dan Abma (2021), Akbar (2021), Subarto (2021), Khatimi dan Pardosi (2022), Farhana dan Abma (2022) melakukan penelitian dengan objek yang sama, yaitu bangunan gedung namun dengan lokasi yang berbeda. Rachmawati dan Abma (2021) berlokasi di Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman, Kabupaten Purwokerto, Jawa Tengah. Akbar (2021) berlokasi di proyek Pembangunan Rumah Kos 2 Lantai Sleman, Yogyakarta. Subarto (2021) berlokasi di proyek Pembangunan Gedung Disaster Recovery Center Bank BPD Wates, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta. Khatimi dan Pardosi (2022) berlokasi di proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin, Jalan Datu Suban, Tapin Utara, Provinsi Kalimantan Selatan. Farhana dan Abma (2022), berlokasi di proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Jawa Tengah.

Rachmawati dan Abma (2021), Akbar (2021), Subarto (2021), Khatimi dan Pardosi (2022), Farhana dan Abma (2022) melakukan penelitian dengan menggunakan metode yang sama, yaitu penerapan konsep *building information modeling* (BIM). Namun, penerapan konsep BIM dalam penelitian melalui beberapa *software* yang berbeda. Rachmawati dan Abma (2021) menggunakan *software* Autodesk Revit untuk permodelan 3D, Microsoft Project untuk pembuatan *Time Schedule*, dan Autodesk Naviswork untuk pembuatan *scheduling simulation* pada proyek. Akbar (2021) dalam proses mewujudkan 4D *scheduling simulation* dengan bantuan *software* Revit MEP diperoleh 3D ModelBase sebagai objek

penelitian, *software* Microsoft Project diperoleh rencana *time scheduling*, dan *software* Autodesk Naviswork diperoleh integrasi antara 3D ModelBase dengan *scheduling* dan menjadi media dalam memperoleh BIM *product* 4D *scheduling simulation*, Subarto (2021) dalam analisis penelitian untuk permodelan 3D, perhitungan volume, dan pengestimasian biaya (BIM 5D) menggunakan *software* Autodesk Revit. Sedangkan, untuk sistem penjadwalan (BIM 4D) menggunakan *software* Microsoft Project dan simulasi pelaksanaan proyek dengan Autodesk Navisworks. Khatimi dan Pardosi (2022) dalam permodelaan 3D menggunakan *software* Tekla Structures, penjadawalan menggunakan *software* Tekla Task Manager, dan integrasi model 3D dengan penjadwalan permodelan 4D menggunakan *object representation* dari *software* Tekla. Farhana dan Abma (2022) dalam analisis penelitian penerapan konsep BIM 5D menggunakan bantuan *software* PriMus dalam pembuatan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) dan *software* PriMus IFC dalam memperoleh *quantity take-off*.

Pada penelitian yang dilakukan Nugraha (2024) menggunakan objek penelitian bangunan jembatan dengan lokasi penelitian di proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Ruas Jalan Batas Gresik-Mlirip (Link 161) Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini menggunakan metode yang sama dengan beberapa penelitian terdahulu yaitu dengan melakukan penerapan konsep *building information building* (BIM) 4D dalam proses perencanaan penjadwalan. Metode analisis penelitian menggunakan *software* Autodesk Revit untuk melakukan permodelan 3D, *software* Microsoft Project untuk pembuatan perencanaan *time schedule*, dan Autodesk Naviswork sebagai tahap pembuatan konektivitas antara model 3D dengan data *time schedule* sehingga menghasilkan visualisasi animasi *scheduling simulation* yang dapat digunakan sebagai alat manajemen proyek.

Pada penelitian sebelumnya Dapat disimpulkan dari tinjauan penelitian terdahulu oleh Rachmawati dan Abma (2021), Akbar (2021), Subarto (2021), Khatimi dan Pardosi (2022), Farhana dan Abma (2022) diatas bahwa dalam penerapan konsep *building information modeling* (BIM) 4D sangat berpengaruh dan memiliki potensi besar dalam mendukung proses perencanaan proyek

konstruksi secara efektif. Namun, dari beberapa penelitian tersebut belum ada yang meneliti mengenai penerapan konsep BIM 4D pada perencanaan proyek jembatan.

Untuk memberikan perbandingan antara penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan telah dirangkum dalam bentuk tabel dengan konteks yang jelas tentang bagaimana penelitian ini melengkapi atau memperbaiki pendekatan dan temuan sebelumnya, dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Rachmawati dan Abma (2021)	**Akbar (2021)**	**Subarto (2021)**	**Khatimi dan Pardosi (2022)**	**Farhana dan Abma (2022)**	**Nugraha (2024)**
1.	Judul	Implementasi Konsep BIM 4D dalam Perencanaan *Time Schedule* dengan Analsis *Resources Levelling* (*Implementation of 4D BIM Concept in Time Schedule Planning with Resources*	Implementasi Konsep BIM 4D dalam Perencanaan Penjadwalan Pekerjaan Elektrikal dan Plambing (*Implementation of 4D BIM Concept in Electrical and Plumbing Job Scheduling Plan*)	Implementasi Konsep *Building Information Modelling* (BIM) dalam Merencanakan Pengestimasian Biaya dan Penjadwalan Pekerjaan Struktural (*Implementation of The Concept of Building*	Implementasi *Building Information Modeling* 4D (Studi Kasus: Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin)	Implementasi Konsep BIM 5D Pada Pekerjaan Struktur Proyek Gedung	Implementasi Konsep *Building Information Modelling* (BIM) 4D dalam Tahap Perencanaan Penjadwalan Proyek Pembangunan Jembatan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Rachmawati dan Abma (2021)	**Akbar (2021)**	**Subarto (2021)**	**Khatimi dan Pardosi (2022)**	**Farhana dan Abma (2022)**	**Nugraha (2024)**
		Levelling Analysis)		*Information Modeling (BIM) in Planning Cost Estimation and Scheduling of Structural Work*)			
2.	Lokasi	Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman, Kabupaten	Pembangunan Rumah Kos 2 Lantai Sleman, Yogyakarta.	Proyek Pembangunan Gedung Disaster Recovery Center Bank BPD Wates, Kabupaten Kulon Progo, D.I. Yogyakarta	Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten	Pembangunan Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jenderal Soedirman,	Proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Ruas Jalan Batas Gresik-Mlirip (Link 161)

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Rachmawati dan Abma (2021)	**Akbar (2021)**	**Subarto (2021)**	**Khatimi dan Pardosi (2022)**	**Farhana dan Abma (2022)**	**Nugraha (2024)**
		Purwokerto, Provinsi Jawa Tengah			Tapin, Jalan Datu Suban, Tapin Utara, Provinsi Kalimantan Selatan.	Purwokerto, Jawa Tengah.	Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur
3.	Tujuan	Mendapatkan total waktu penjadwalan dengan memperhatikan konsep Building Information Modeling (BIM)	Memperoleh hasil durasi dan *scheduling simulation* dari penerapan konsep 4D BIM dalam pekerjaan	Mengetahui perbedaan *Bill of Quantity* (BoQ) proyek antara sebelum dan sesudah dilakukan permodelan dengan *software*	Mengetahui pengaruh penggunaan *Building Information Modeling* (BIM) terhadap perencanaan	Mendapatkan perhitungan estimasi biaya dengan penerapan konsep *Building Information*	Mengetahui efektivitas pada proses perencanaan penjadwalan memanfaatkan perangkat

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Rachmawati dan Abma (2021)	**Akbar (2021)**	**Subarto (2021)**	**Khatimi dan Pardosi (2022)**	**Farhana dan Abma (2022)**	**Nugraha (2024)**
		dan memperhatikan alokasi sumber daya dipekerjaan structural pada proyek bangunan Gedung Fakultas Ilmu Kesehatan Universitas Jendral Soedirman.	elektrikal dan plumbing.	Autodesk Revit, mengetahui hasil penerapan konsep *Building Information Modelling* (BIM) dalam merencanakan estimasi biaya pekerjaan struktural dengan perangkat lunak Autodesk Revit, dan mengetahui	penjadwalan melalui data terrealisasi kontraktor.	*Modeling* (BIM) 5D.	lunak BIM dengan *scheduling simulation* dari hasil implementasi konsep teknologi *Building Information Modeling* (BIM) 4D

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Rachmawati dan Abma (2021)	**Akbar (2021)**	**Subarto (2021)**	**Khatimi dan Pardosi (2022)**	**Farhana dan Abma (2022)**	**Nugraha (2024)**
				hasil penerapan konsep BIM dalam merencanakan penjadwalan pekerjaan structural dengan perangkat lunak Autodesk Navisworks.			pada proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Mojokerto.
4.	Metode	Metode penelitian dengan menerapkan konsep *Building*	Penggunaan metode BIM dalam proses mewujudkan 4D	Penerapan konsep *Building Information Modeling* (BIM)	Penggunaan BIM *software* yaitu permodelaan	Penerapan konsep BIM 5D menggunakan	Implementasi konsep teknologi BIM 4D

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Rachmawati dan Abma (2021)	**Akbar (2021)**	**Subarto (2021)**	**Khatimi dan Pardosi (2022)**	**Farhana dan Abma (2022)**	**Nugraha (2024)**
		Information Modeling (BIM) menggunakan *software* Microsoft Project dan Autodesk Navisworks dalam proses Time Schedule dan membuat simulasi pelaksanaan proyek.	*scheduling simulation* dengan bantuan *software* Revit MEP diperoleh 3D *ModelBase* sebagai objek penelitian, *software* Microsoft *Project* diperoleh rencana *time schedule*, dan *software* Autodesk	dalam analisis penelitian untuk permodelan 3D, perhitungan volume, dan pengestimasian biaya (BIM 5D) menggunakan software Autodesk Revit. Sedangkan, untuk sistem penjadwalan (BIM 4D) menggunakan *software*	3D menggunakan *software* Tekla Structures, penjadawalan menggunakan *software* Tekla Task Manager, dan integrasi model 3D dengan penjadwalan permodelan 4D menggunakan	bantuan *software* PriMus dalam pembuatan Analisa Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) dan *software* PriMus IFC dalam memperoleh *quantity take-off*.	dalam proses perencanaan penjadwalan menggunakan *software* Autodesk Revit untuk permodelan 3D, Microsoft Project untuk pembuatan *Time Schedule*,

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Rachmawati dan Abma (2021)	**Akbar (2021)**	**Subarto (2021)**	**Khatimi dan Pardosi (2022)**	**Farhana dan Abma (2022)**	**Nugraha (2024)**
			Naviswork diperoleh integrasi antara 3D *ModelBase* dengan *scheduling* dan menjadi media dalam memperoleh BIM *product* 4D *scheduling simulation.*	Microsoft Project dan simulasi pelaksanaan proyek dengan Autodesk Navisworks.	*object representation* dari *software* Tekla.		dan Autodesk Naviswork untuk pembuatan konektivitas antara data model 3D dengan data penjadwalan untuk *scheduling simulation.*
5.	Hasil	Penggunaan konsep BIM 3D	Perbedaan hasil pada proyek	Implementasi BIM dalam bahwa	Pengaplikasian konsep BIM	Penerapan ini menghasilkan	Penerapan BIM 4D

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Rachmawati dan Abma (2021)	**Akbar (2021)**	**Subarto (2021)**	**Khatimi dan Pardosi (2022)**	**Farhana dan Abma (2022)**	**Nugraha (2024)**
		dengan bantuan software Naviswork dapat membantu melakukan simulasi pelaksanaan proyek serta mendeteksi adanya *clash* antar item pekerjaan, analisis dari Naviswork	terrealisasi berbentuk *Gannt Chart* sedangkan dalam penelitian ini didapatkan hasil penjadwalan dalam bentuk 3D *ModelBase* yang dihubungkan dengan rencana *time schedule* memperoleh 4D	pengestimasian biaya (BIM 5D) mendapatkan hasil bahwa biaya pekerjaan struktural dengan volume *existing* sebesar Rp5.570.066,588 sedangkan biaya dengan volume permodelan sebesar Rp5.284.786,595	dalam perencanaan proyek dalam penelitian ini *software* Tekla dalam memodelkan pekerjaan lanjutan proyek Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin dapat	kesimpulan bahwa penerapan konsep BIM 5D dapat meningkatkan komunikasi, kolaborasi, dan tanggung jawab berkelanjutan dalam proses perencanaan proyek. Dalam	Pada tahap perencanaan penjadwalan proyek pembangunan jembatan tidak hanya membanti dalam memvisualisasikan kedalam model 3D namun dapat dijadikan instrumen pengelolaan

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Rachmawati dan Abma (2021)	**Akbar (2021)**	**Subarto (2021)**	**Khatimi dan Pardosi (2022)**	**Farhana dan Abma (2022)**	**Nugraha (2024)**
		terhadap model serta *Time Schedule* dari Microsoft Project mendapatkan hasil penjadwalan dengan durasi 273 hari pelaksanaan di mana terjadi 31 hari lebih lama dari Farhana (2021) karena adanya perbedaan	*scheduling simulation* termasuk *Gannt Chart* didalamnya.	sehingga permodelan dengan Autodesk Revit mendapatkan hasil biaya lebih murah sebesar Rp385.279.993 atau 6,91% lebih hemat. Implementasi BIM 4D mendapatkan hasil selisih 13 minggu	dilakukan, serta hasil perbandingan antara penjadwalan menggunakan *software* Tekla dan hasil data penjadwalan proyek tidak memiliki perbedaan antara keduanya.	perencanaan estimasi biaya, penerapan BIM 5D memperoleh hasil selisih 7% lebih kecil dari anggaran biaya pada perencanaan awal.	Manajemen proyek yang efisien dengan menggunakan *scheduling simulation* dan memungkinkan untuk mendeteksi adanya bentrokan (*clash detection*) .

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu					Penelitian Sekarang
		Rachmawati dan Abma (2021)	**Akbar (2021)**	**Subarto (2021)**	**Khatimi dan Pardosi (2022)**	**Farhana dan Abma (2022)**	**Nugraha (2023)**
		hubungan pekerjaan setelah *breakdown schedule* dan pembatasan jumlah sumber tenaga kerja.		antara permodelan dan existing durasi total pekerjaan struktur menjadi 25 minggu dari sebelumnya penjadwalan existing hanya 12 minggu, hal ini dikarenakan pertambahan volume ketika permodelan.			

2.4. Keaslian Penelitian

Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya mengenai penerapan konsep teknologi BIM, penelitian yang dilakukan adalah Implementasi Konsep Building Information Modeling (BIM) 4D dalam Tahap Perencanaan Penjadwalan Proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Ruas Jalan Batas Gresik-Mlirip (Link 161) Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur belum pernah dilakukan. Penerapan konsep teknologi BIM dalam penelitian ini digunakan dalam proses perencanaan penjadwalan dengan menggunakan *scheduling simulation* di mana diharapkan dapat menjadi alat dalam manajemen proyek selama proses perencanaan hingga pemeliharaan bangunan selesai. Perangkat lunak yang digunakan dalam proses penelitian menggunakan kombinasi Autodesk Revit untuk permodelan 3D, Microsoft Project untuk analisis penjadwalan, dan Autodesk Naviswork untuk pembuatan konektifitas antara model 3D dengan data penjadwalan.

Pada penelitian ini memiliki keaslian yang membedakan dari penelitian-penelitian terdahulu, meskipun penelitian sebelumnya telah dilakukan implementasi BIM 4D dengan studi kasus proyek konstruksi bangunan. Studi kasus dari penelitian ini berfokus pada proyek bangunan jembatan yang memiliki karakteristik teknis dan konstruksi yang berbeda dan penggunaan *scheduling simulation* untuk mengevaluasi efektivitas perencanaan penjadwalan, hal ini yang membedakan dari penelitian sebelumnya. Penelitian ini memberikan tambahan dengan fokus pada studi kasus proyek bangunan jembatan yang menerapkan konsep BIM 4D secara efektif dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan jembatan. Dengan demikian, penelitian ini dapat memberikan gambaran umum terhadap penerapan pengembangan BIM 4D, serta memberikan pemahaman praktis dalam perencanaan proyek konstruksi jembatan.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1. Tinjauan Umum

Pada bab sebelumnya, telah dilakukan tinjauan terhadap beberapa penelitian sebelumnya dengan penelitian dilakukan. Pada bab ini akan membahas landasan teori yang menjadi dasar dari penelitian ini. Menurut Ismaun dalam Sari, dkk. (2022) menyatakan "landasan teori adalah kumpulan hasil pemikiran teoritis yang berhubungan dengan pengambilan teori dalam keperluan mengumpulkan, mengolah data, dan membantu jalannya analisis untuk mengetahui suatu hal yang akan diteliti". Berdasarkan pengertian tersebut, landasan teori merupakan elemen penting dalam sebuah penelitian untuk mempermudah proses penelitian, di mana landasan teori mencakup teori-teori dan hasil penelitian dari studi kepustakaan serta definisi dan referensi dari konsep-konsep relavan untuk penelitian.

Landasan pada bab ini dijelaskan mengenai beberapa teori para ahli sebagai dukungan untuk pelaksanaan penelitian. Landasan teori akan memperjelas variabel yang komprehensif akan menjadi fokus penelitian dan menjadi dasar yang kuat untuk melaksanakan penelitian. Penelitian ini akan menggunakan teori-teori terkait aspek proyek konstruksi, manajemen proyek, perencanaan penjadwalan, dan teknologi *Building Information Modeling* (BIM) 4D dalam tahap perencanaan proyek pembangunan jembatan.

3.2. Proyek

Arifin, Z. (2021) menyatakan "proyek merupakan tugas yang perlu dirumuskan untuk mencapai sasaran yang dinyatakan konkret dan diselesaikan dalam periode tertentu dengan menggunakan sumber tenaga manusia dan peralatan yang dilakukan secara terbatas". Sedangkan menurut D.I. Cleland dan Wr. King dalam Arifin, Z. (2021) menyatakan "proyek merupakan gabungan dari berbagai sumber daya yang dihimpun dalam organisasi yang bersifat sementara untuk mencapai suatu tujuan". Proyek mempunyai tiga karakteristik, bersifat unik,

dibutuhkan sumber daya, dan organisasi, di mana proyek merupakan rangkaian kegiatan yang unik dan sementara, menggunakan jadwal dan biaya telah ditentukan yang melibatkan berbagai sumber daya proyek seperti pekerja, uang, mesin, metode, dan bahan. Setiap organisasi memiliki tujuan yang beragam, dengan individu yang memiliki keahlian, minat, kepribadian, dan ketidakpastian yang berbeda-beda. Pengelolaan sumber daya dan tim yang efektif penting untuk mencapai tujuan proyek.

Berdasarkan pengertian tersebut, dapat disimpulkan bahwa proyek merupakan kegiatan yang direncanakan dan dilaksanakan dengan tujuan mencapai hasil tertentu dalam batasan waktu, anggaran, dan sumber daya (*triple constraint*) yang telah ditetapkan.

Dalam bukunya Soeharto (1999) menyebutkan bahwa menurut komponen kegiatan utamanya, jenis proyek dapat dikelompokkan sebagai berikut.

1. Proyek Konstruksi

   Kegiatan utama dalam proyek ini yaitu pengkajian kelayakan, rencana desain teknik, pengadaan, dan konstruksi. Contoh dari proyek ini seperti pembangunan bangunan gedung, jalan, jembatan, bendungan, dan fasilitas transportasi.

2. Proyek Manufaktur

   Kegiatan dalam proyek ini yaitu proses untuk menghasilkan produk baru, meliputi pengembangan produk, manufaktur, uji coba fungsi, operasi produk dihasilkan, dan peraKitan. Contoh dari proyek ini seperti peraKitan kendaraan, mesin pabrik, pengujian kereta cepat, pengembangan kendaraan listrik.

3. Proyek Penelitian dan Pengembangan

   Komponen utama dalam proyek ini yaitu melakukan penelitian dan pengembangan untuk dapat menghasilkan produk tertentu. Contoh kegiatan dari proyek ini yaitu pengembaangan teknologi, inovasi *artificial intelligence* dan *augmented reality*.

4. Proyek Pelayanan Manajemen

Kegiatan proyek ini bertujuan untuk membantu sistem untuk dapat dioperasikan lebih baik, seperti kegiatan merancang sistem informasi manajemen, penggabunagn dan pengendalian program untuk efisiensi dan penghematan. Proyek ini tidak menghasilkan produk fisik, tetapi dalam laporan akhir.

5. Proyek Kapital

   Komponen utama pada proyek kapital meliputi kegiatan penyiapan lahan, pembebasan lahan, pembelian peralatan/mesin, material, pabrikasi dan konstruksi untuk membangun fasilitas produksi. Hal ini berkaitan dengan kriteria dari badan usaha atau pemerintah dalam hal penggunaan dana.

6. Proyek Telekomunikasi

   Kegiatan dalam proyek ini dapat dimaksudkan seperti pembangunan jaringan telekomunikasi mencakup *site survey*, penentuan titik, *desain engineering system*, manufaktur, dan aspek logistik yang bertujuan agar dapat menjangkau wilayah yang lebih luas dan tetap mengacu pada biaya yang tidak terlalu mahal.

7. Proyek Konservasi

   Komponen utama dalam proyek ini berkaitan dengan usaha pelestarian lingkungan. Contoh kegiatan pada proyek ini yaitu adanya penerapan aplikasi sistem *Integrated Protected Area System* (IPAS).

3.3. Proyek Konstruksi

Soeharto (1999) dalam bukunya menyatakan “kegiatan proyek yang berlangsung dalam periode tertentu dengan sumber daya yang telah ditentukan, bertujuan untuk menciptakan produk atau hasil yang kualitasnya sudah didefinisikan dengan jelas. Kegiatan ini berupa pembangunan gedung, rumah tinggal, jembatan, pembuatan produk baru atau pelaksanaan penelitian dan pengembangan”. Menurut Kerzner dalam Lakoni dan Waty (2023) menyatakan “proyek konstruksi adalah serangkaian kegiatan yang bertujuan untuk mencapai hasil berupa bangunan atau konstruksi dengan memenuhi batasan waktu, biaya, dan mutu”. Berdasarkan dari pengertian para ahli tersebut, dapat disimpulkan bahwa

proyek konstruksi merupakan kegiatan untuk mencapai tujuan yang berkaitan dengan pembangunan konstruksi dan infrastruktur di mana dalam proses tersebut ada batasan yang harus dipenuhi yaitu anggaran, waktu dan mutu atau *triple constraint*. Secara umum, proyek konstruksi dapat dikelompokkan menjadi dua kategori berdasarkan jenisnya, sebagai berikut.

1. Proyek Konstruksi Sipil

   Kategori proyek konstruksi ini berkaitan dengan pembangunan infrastruktur fisik seperti pembangunan gedung transportasi, jalan raya, jembatan, bendungan, sistem irigasi, transportasi, dan proyek pembangunan yang berhubungan langsung dengan fasilitas umum.

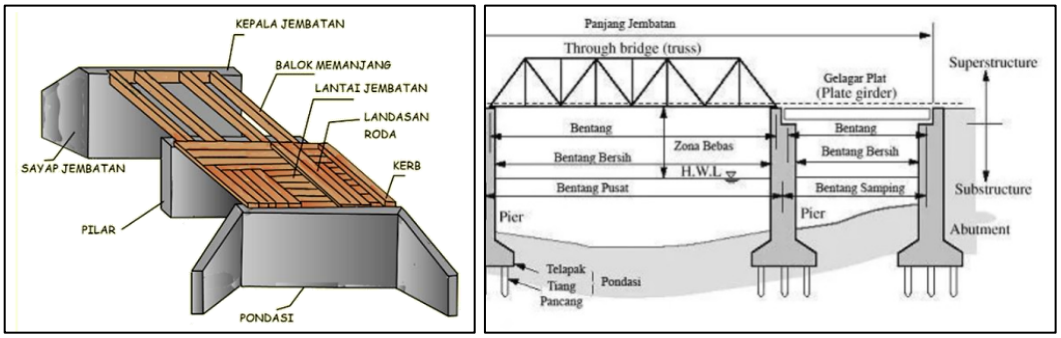
2. Proyek Konstruksi Bangunan

   kategori proyek konstruksi ini berkaitan dengan pembangunan gedung komersial dan perumahan, seperti bangunan rumah tinggal, gedung pasar, pusat perbelanjaan, kantor, apartemen, dan sejenisnya.

3.4. Struktur Bangunan Jembatan

Menurut Kementrian PUPR (2022) menjelaskan "jembatan merupakan sebuah struktur konstruksi yang berfungsi sebagai penghubung antara dua ruas jalan yang terbelah atau terputus oleh adanya rintangan yang memiliki permukaan lebih rendah. Rintangan tersebut dapat berupa lembah yang dalam, aliran sungai, danau, saluran irigasi, jalur rel kereta api, atau jalan raya yang melintang tidak sebidang dan lain-lain".

Konstruksi bangunan jembatan terbagi atas beberapa bagian struktur jembatan yang digambarkan pada Gambar 3.1, sebagai berikut.



Gambar 3.1 Bagian-bagian Struktur Jembatan
(Sumber: Kementrian PUPR 2022)

1. Bangunan Atas/*Upperstructures*

   Bangunan atas pada jembatan merupakan bagian dari struktur jembatan yang berfungsi menahan beban lalu lintas secara langsung dan mentrasfer ke bagian bawah jembatan melalui struktur pondasi. Bagian-bagian yang termasuk bangunan atas jembatan meliputi plat lantai jembatan, gelagar utama (balok, *girder*, box, dan rangka), gelagar memanjang, sandaran, dan *expansion joint*.

2. Bangunan Bawah/*Superstructures*

   Struktur bangunan bawah merupakan struktur jembatan yang berfungsi mengangkat beban dan menopang struktur bangunan atas jembatan serta seluruh beban yang terdapat pada bagian atas, kemudian menyalurkan beban tersebut ke pondasi dasar jembatan hingga tanah padat. Bagian dari struktur bangunan bawah jembatan meliputi pilar dan abutment. Abutment sendiri merupakan komponen bangunan yang terletak pada kedua pilar jembatan sebagai pemikul seluruh beban hidup serta dapat dijadikan sebagai tembok penahan tanah yang menahan tekanan tanah aktif.

3. Landasan dan Pondasi

   Landasan merupakan bagian pada ujung dari bangunan atas jembatan yang berfungsi dalam menyalurkan gaya-gaya reaksi dari bangunan atas ke struktur bangunan bawah, landasan juga memiliki fungsi sebagai tumpuan untuk bangunan atas pada bagian bawah jembatan. Sedangkan, pondasi merupakan bagian struktur pondasi yang berperan penting dalam menopang dan menahan bagian bawah jembatan dan mendistribusikan beban ke lapisan tanah keras pendukung dibawahnya.

4. Dinding Orpit

   Orpit jembatan merupakan timbunan atau urugan tanah di belakang abutment yang berfungsi untuk menghindari adanya penurunan tanah. Orpit dapat berupa timbunan tanah khusus dan timbunan biasa, untuk dapat memastikan tetap kokoh lapisan terluar diberikan dinding penahan tanah berupa pasangan

batu belah, dinding penahan tanah pada orpit dibangun untuk menjaga stabilias tanah dari lereng orpit.

5. Bangunan Pelengkap

   Bangunan pelengkap jembatan merupakan komponen tambahan yang diterapkan didalam atau seKitar jembatan untuk memenuhi kebutuhan khusus dan memberikan dukungan dalam pelaksanaan fungsi serta peningkatan keselamatan jembatan. Contoh dari bangunan pelengkap jembatan yaitu rel pengaman jalan, trotoar, railing jembatan, rambu-rambu lalu lintas, lampu penerangan, sistem drainase, dan komponen penunjang lainnya.

3.4.1. Bentuk dan Jenis Jembatan

Menurut Supriyadi dan Muntohar (2007) jembatan dapat diklasifikasikan dalam beberapa bentuk dan jenis menurut struktur konstruksinya, sebagai berikut.

1. Jembatan Lengkung Batu/*Stone Arch Bridge*

   Jembatan pelengkung batu merupakan jenis jembatan yang biasa dibangun menggunakan bahan utama batu. Jembatan ini memiliki struktur lengkung yang terdiri dari rangkaian batu-batu yang disusun rapi dan presisi sehingga menciptakan ikatan antar batu yang kuat dan indah.

2. Jembatan Rangka/*Truss Bridge*

   Jembatan rangka merupakan jenis jembatan dengan struktur truss atau rangkaian batang dan sambungan sebagai pendukung beban pada jembatan. Struktur jembatan truss dirancang secara geometris dan kuat untuk dapat mendistribusikan beban jembatan secara merata ke seluruh elemen dan mampu menahan gaya tekan dan tarik yang timbul dengan efisien.

3. Jembatan Gantung/*Cable Stayed Bridge*

   Jembatan gantung merupakan jenis jembatan yang menggunakan kabel gantung untuk mendukung beban pada jembatan. Biasanya pada jembatan gantung menghubungkan dua tiang penyangga besar yang dihubungkan dengan kabel-kabel yang menggantung, sehingga dapat menjangkau jarak yang panjang tanpa tiang penyangga di bawah jembatan.

4. Jembatan Beton/*Concrete Bridge*

Jembatan beton adalah jenis jembatan yang konstruksinya menggunakan beton sebagai bahan uatamanya. Struktur jembatan ini terdiri dari beton konvensional atau beton bertulang, sehingga jenis jembatan ini memiliki kemampuan baik dalam menahan gaya tekan dan tarik yang membuatnya cocok digunakan sebagai jembatan dengan rencana beban dan panjang yang lebih besar. Kelebihan lain dari jembatan beton ada pada ketahanan terhadap cuaca ekstrim dan korosi, sehingga jembatan memiliki masa pakai yang lama dan memerlukan sedikit perawatan. Seiring perkembangan zaman, beton yang digunakan dalam pembuatan jembatan mulai berkembang seperti adanya beton balok PCI girder, precast beton, ataupun beton komposit.

3.4.2. Metode Peluncuran Erection Balok PCI Girder

Proses erection girder menggunakan metode launcher merupakan sebuah rangkaian kegiatan yang terstruktur dan terkoordinasi untuk menempatkan girder-girder pada posisi yang tepat dalam konstruksi jembatan. Tahap awal dimulai di stockyard, di mana girder-girder individual disusun dan dirakit menjadi satu kesatuan balok girder yang utuh dan kokoh. Setelah proses perakitan selesai, crawler crane yang kuat dikerahkan untuk mengangkat girder yang sudah terhubung ini dan memindahkannya ke rel launcher.

Girder kemudian didorong secara hati-hati di sepanjang rel launcher hingga mencapai truss launcher, sebuah struktur khusus yang akan membantu dalam proses pengangkatan dan pemindahan girder ke posisi akhirnya. Pada tahap ini, hoist atau alat pengangkat dipasang pada kedua sisi girder dan dihubungkan dengan crane. Dengan koordinasi yang cermat, crane akan mengangkat girder secara vertikal, sementara truss launcher bergerak secara horizontal, membawa girder menuju posisi yang telah ditentukan di atas bearing pad. Bearing pad ini berfungsi sebagai tumpuan yang akan mendukung girder secara permanen.

Setelah girder berada tepat di atas bearing pad, hoist dilepas dan girder dianggap telah terpasang dengan benar. Proses ini kemudian diulangi untuk girder-girder berikutnya hingga seluruh bentang jembatan terpasang sempurna. Metode launcher ini memungkinkan pemasangan girder dengan efisien dan akurat, terutama

untuk jembatan dengan bentang yang panjang, di mana penggunaan crane konvensional mungkin menghadapi keterbatasan.

3.5. Manajemen

3.5.1. Manajemen Proyek

Rachmawati dan Abma (2021) menyatakan "manajemen proyek adalah upaya dalam melakukan serangkaian proses manajemen, termasuk perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian dari tahap awal hingga akhir proyek. Dengan tujuan mengatur dan mengalokasikan sumber daya secara efektif dan efisien guna mencapai hasil yang memuaskan sesuai dengan tujuan yang ditetapkan". Winardi (2016) menyatakan "manajemen adalah sebuah proses khusus yang terdiri dari tindakan pengorganisasian (*organizing*), perencanaan (*planning*), pergerakan (*directing*), dan pengawasan (*controlling*) yang dilakukan untuk mencapai sasaran yang telah ditetapkan dengan pemanfaatan sumber daya". Menurut krisnawati, dkk (2021) menyatakan bahwa fungsi manajemen terbagi atas perencanaan (*planning*), pengorganisasian (*organizing*), pengarahan (*actuating*), dan pengawasan (*controlling*) sebagai berikut.

1. Perencanaan/*Planning*

   Perencanaan merupakan suatu proses dalam menetapkan sasaran, strategi, dan kebijakan yang diperlukan untuk mencapai tujuan yang diinginkan. Dalam perencanaan, perlu dilakukan usaha untuk mengoptimasi pemanfaatan sumber daya untuk mencapai sasaran yang telah ditetapkan.

2. Pengorganisasian/*Organizing*

   Pengorganisasian merupakan proses yang dapat menjamin keseluruahn proses dapat berjalan sesuai tujuan. Dalam pengorganisasian akan dilakukan pembagian tugas, kewenangan, dan sumber daya untuk setiap anggota dalam suatu organisasi. Setiap organisasi akan memiliki sistem pengorganisasian yang berbeda yang telah disesuaikan dengan sasaran yang akan dicapai, dalam menentukan sistem akan melibatkan pembentukan struktur organisasi dan pembagian kerja yang efektif dan efisien untuk merealisasikan tujuan.

3. Pengarahan/*Actuating*

Pengarahan adalah suatu tindakan yang diperlukan untuk mendorong anggota kelompok untuk berusaha mencapai sasaran sesuai dengan rencana dalam manajemen dan organisasi.

4. Pengawasan/*Controlling*

   Pengawasan adalah serangkaian proses dalam pengendalian, pengawasan, dan evaluasi terhadap kesesuaian kegiatan sesuai sasaran yang telah ditetapkan. Dalam hal ini, pengawasan dilakukan dengan verifikasi, pemeriksaan, dan evaluasi terhadap seluruh aspek kegiatan yang telah dilakukan untuk memastikan bahwa perencanaan dapat dilaksanakan.

Menurut pelaksanaannya, dalam kegiatan manajemen terdapat unsur atau aspek sebagai sumber daya penunjang pelaksanaan manajemen. Unsur atau aspek manajemen terdiri atas 6M yaitu *Man* (manusia), *Money* (uang), *Material* (bahan), *Machine* (mesin), *Method* (metode), dan *Market* (pasar)sebagai berikut.

1. Manusia/*Man*
2. Uang*/Money*
3. Bahan/*Material*
4. Mesin/*Machine*
5. Metode/*Method*
6. Pasar*/Market*

3.5.2. *Triple Constraint*

Triple constraint adalah faktor yang menggambarkan adanya tiga batasan utama pada manajemen proyek. Ketiga batasan ini saling terkait, jika terdapat perubahan pada salah satu faktor maka akan dapat mempengaruhi faktor lainnya. Dalam proses pencapaian tujuan suatu manajemen proyek harus memenuhi batasan tersebut, sebagai berikut.

1. Biaya (*cost*), mengacu pada anggaran dan sumber daya finansial yang direncanakan pada suatu proyek. Manajemen keuangan yang baik diperlukan untuk dapat menjalankan pelaksanaan proyek tetap dalam batas anggaran yang telah ditentukan.

2. Waktu (*time*), merujuk pada durasi atau jangka waktu yang diperlukan pada pelaksanaan proyek konstruksi. Perencanaan penjadwalan dan pengelolaan waktu yang tepat dan efisien sangat penting dalam manajeman proyek untuk memastikan proyek dapat selesai sesuai dengan waktu yang ditetapkan.
3. Mutu, merupakan hasil atau produk dari proyek konstruksi harus memenuhi kriteria spesifikasi yang dipersyaratkan. Hal ini penting dalam manajemen proyek agar hasil sesuai dengan standar yang berlaku dan dapat mencapai tujuan proyek.

Komponen *triple constraint* menyatakan bila terdapat perubahan pada salah satu faktor akan berdampak pada faktor lainnya. Misalnya pelaksanaan proyek akan dilakukan percepatan waktu, maka dapat dipastikan faktor mutu dan biaya proyek juga akan meningkat. Oleh karena itu, manajemen proyek harus dapat merencanakan keseimbangan yang baik diantara ketiga *triple constrait* tersebut sebagai penyelenggaraan manajemen proyek yang diasosiasikan sebagai sasaran proyek.

3.5.3. Penjadwalan

Penjadwalan merupakan proses mengatur durasi waktu yang diperlukan dalam pelaksanaan pekerjaan suatu proyek untuk memperoleh waktu pelaksanaan dengan mempertimbangkan batasan waktu yang telah ditentukan. Soeharto (1999) mendefinisikan "penjadwalan sebagai urutan langkah-langkah pelaksanaan aktivitas pekerjaan dalam mencapai sasaran sesuai rencana waktu yang telah ditentukan". Dapat dibuat kesimpulan bahwa *Time schedule* atau penjadwalan merupakan sebuah rencana terstruktur yang menentukan jangka waktu untuk pelaksanaan kegiatan pekerjaan dalam suatu proyek dengan batasan waktu yang telah direncanakan sehingga memperoleh urutan pekerjaan dan durasi waktu penyelesaian proyek.

Dalam pembuatan *time schedule* atau penjadwalan proyek terdapat beberapa metode penjadwalan yang dapat digunakan sebagai berikut.

1. *Bar Chart* (diagram batang) dan *S Curve* (kurva S)

Metode penjadwalan dengan diagram batang atau juga dikenal sebagai *bar chart*, pertama kali diperkenalkan oleh Hendri Lawrence Gantt pada tahun 1917. Penggunaan metode ini adalah untuk mengidentifikasi unsur-unsur waktu dan urutan dalam perencanaan kegiatan, termasuk waktu mulai, waktu selesai, dan waktu pelaporan. Metode diagram batang memiliki keunggulan dalam hal pembuatannya yang mudah dan cara pemahamannya, sehingga menjadi alat komunikasi yang sangat berguna dalam pengelolaan proyek.

Metode *bar chart* sering digunakan bersama dengan penjadwalan metode kurva "S" untuk memantau anggaran yang ada. Kurva ini dinamakan "S" karena dalam pembuatannya menggunakan kurva garis yang menyerupai huruf S. Kurva S pertama kali dikembangkan oleh Warren T. Hannum berdasarkan pengamatan terhadap adanya proyek yang dilaksanakan dari awal pelaksanaan hingga selesai. Secara grafis, kurva S menggambarkan akumulasi kemajuan proyek dalam persentase bobot pada sumbu vertikal terhadap waktu pada sumbu horizontal.

2. *Line Balance Diagram*

Metode penjadwalan *line balance diagram* atau *line scheduling method* merupakan metode pendekatan yang digunakan dalam manajemen proyek untuk mengatur waktu pelaksanaan pekerjaan dalam sebuah proyek konstruksi. Dalam penggunaan metode ini memiliki kelebihan dalam mencapai efisiensi, menghindari penumpukan pekerjaan, dan mengurangi waktu tunggu, analisis dan perencanaan dilakukan mengatur pekerjaan atau kegiatan pekerjaan dalam suatu proyek sehingga proses berjalan dengan menggambarkan waktu pada sumbu horizontal dan jumlah unit pada sumbu vertikal dengan pemahaman mengenai bagaimana pelaksanaan pekerjaan harus diselesaikan sesuai dengan target penyelesaian dari batasan waktu yang telah direncanakan.

3. *Network Planning Diagram*

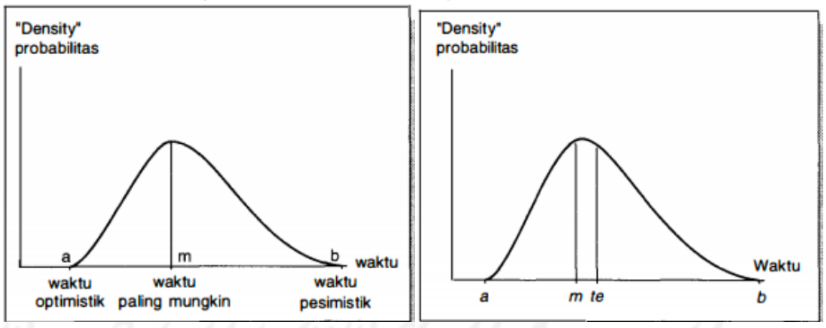
Natwork planning atau diagram jaringan kerja adalah metode yang digunakan dalam pengembangan sistem pengendalian manajemen. Metode

ini digunakan untuk merencanakan dan mengawasi sejumlah besar kegiatan yang memiliki ketergantungan yang rumit dalam konteks perancangan *desain-engineering*, konstruksi, dan pemeliharaan. Keunggulan metode ini terdapat pada kejelasan dalam hubungan antar kegiatan dan kemampuan untuk mengidentifikasi kegiatan yang kritis pelaksanaan proyek. Diagram jaringan kerja dianggap sebagai penyempurnaan dari metode *Bar Chart* karena metode ini memberi teknik dasar untuk menentukan urutan dan estimasi waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan.

a. *Program Evaluation and Review Tecnique* (PERT)

Program Evaluation and Review Technique (PERT) adalah suatu metode analisis dan perencanaan yang digunakan dalam pengelolaan proyek untuk memperkirakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan berbagai pekerjaan dalam suatu proyek. Metode PERT membantu mengidentifikasi jalur penting dalam proyek dan melakukan estimasi waktu selesai proyek dengan mempertimbangkan tingkat ketidakpastian dalam perkiraan waktu, tergantung pada faktor dan variasi pelaksanaan pekerjaan sehinga terdapat perkiraan range dengan menggunakan estimasi yaitu:

1) Waktu optimis, waktu paling singkat apabila kegiatan berjalan lancar. Dinyatakan dalam huruf a.
2) Waktu mungkin, merupakan waktu peling sering terjadi dan dilakukan berulang dengan kondisi yang sama. Dinyatakan dalam huruf m.
3) Waktu pesimis, di mana menjelaskan waktu yang paling lama dalam menyelesaikan pekerjaan, dengan adanya masalah terjadi sepanjang pelaksanaan. Dinyatakan dalam huruf b.



Gambar 3.2 Kurva Distribusi Waktu

(Sumber: Soeharto, 1999)

Pada Gambar 3.2 kurva distribusi waktu angka pada huruf m menunjukkan perkiraan waktu oleh estimator dan angka pada te adalah hasil dari perhitungan matematis. Jika dibuat garis tegak lurus melalui nilai te, maka garis akan membagi dua sama besar dari area kurva distribusi.

b. *Critical Path Method* (CPM)

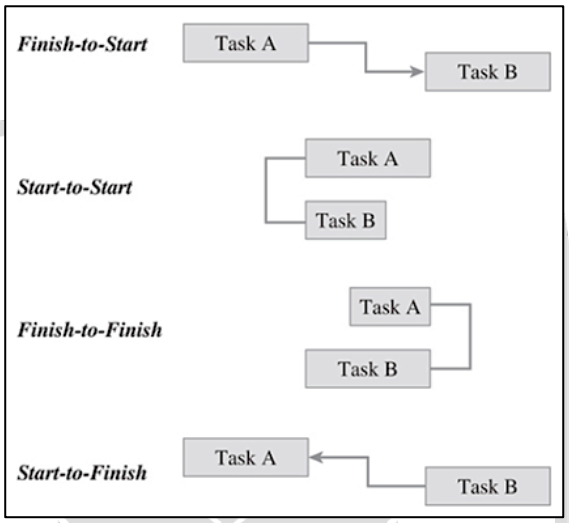
CPM (*Critical Path Method*) atau sering disebut juga sebagai *Activity on Arrow* (AOA), merupakan metode penjadwalan yang menggunakan simbol anak panah dan bentuk lingkaran atau segiempat. Anak panah digunakan untuk menggambarkan aktivitas atau kegiatan dari pelaksanaan pekerjaan, sementara lingkaran atau segiempat digunakan untuk menggambarkan peristiwa atau kejadian. Peristiwa atau kejadian di awal anak panah disebut "I," sedangkan peristiwa atau kejadain diakhir anak panah disebut "J".

c. *Precedence Diagram Method* (PDM)

Precedence Diagram Method (PDM) atau dapat direpresentasikan *activity on node* merupakan salah satu metode penjadwalan dalam manajemen proyek yang digunakan untuk menggambarkan dan mengatur hubungan keterkaitan antar pekerjaan atau aktivitas pelaksanaan dalam penjadwalan proyek. Metode penjadwalan PDM, merepresentasikan pekerjaan atau aktivitas dalam proyek sebagai simpul (*node*), dan hubungan ketergantungan antar pekerjaan dijelaskan dengan menggunakan panah atau garis yang menghubungkan simpul-simpul tersebut. Teknik ini membantu dalam menentukan urutan tugas dan mengidentifikasi jalur kritis dalam proyek. Dalam metode PDM terdapat empat jenis hubungan keterkaitan antar pekerjaan, yaitu.

1) *Finish-to-Start* (FS) pekerjaan harus selesai sebelum pekerjaan berikutnya dapat dimulai.
2) *Start-to-Start* (SS) pekerjaan berikutnya dapat dimulai segera setelah pekerjaan sebelumnya dimulai.

3) *Start-to-Finish* (SF) pekerjaan harus dimulai sebelum pekerjaan berikutnya selesai.
4) *Finish-to-Finish* (FF) pekerjaan selesai segera setelah pekerjaan sebelumnya selesai.



Gambar 3.3 Diagram PDM
(Sumber: Rachmawati dan Abma 2021)

Selain hubungan tersebut diatas, terdapat juga hubungan lag time dan lead time pada metode PDM. Lag time adalah jeda waktu antara dua aktivitas dalam jadwal proyek, digunakan untuk merefleksikan penundaan yang tidak dapat dihindari antara dua aktivitas pekerjaan. Sedangkan, lead time adalah waktu yang diperlukan untuk memulai sebuah aktivitas sebelum aktivitas pendahulunya selesai. Hal ini mengindikasikan percepatan atau pemajuan aktivitas. Predecessor adalah hubungan keterkaitan antar aktivitas kegiatan atau pekerjaan dengan pekerjaan sebelumnya dalam suatu penjadwalan proyek.

Adapun manfaat dalam pembuatan penjadwalan atau *time schedule* dalam proyek konstruksi sebagai berikut.

1. Memberikan pedoman urutan pekerjaan dan memberikan gambaran hubungan antar pekerjaan dan durasi dari pekerjaan masing-masing.

2. Mengetahui durasi keseluruhan waktu penyelesaian proyek.
3. Menjadi data acuan dalam pengendalian waktu dan anggaran proyek.
4. Menjadi sarana manajeman dalam koordinasi secara sistematis dan realistis.
5. Menjadi data acuan evaluasi dalam progres kemajuan suatu proyek.
6. Menjadi data acuan dalam perencanaan penyediaan tenaga kerja, material, dan peralatan proyek.

3.6. *Building Information Modeling* (BIM)

Rachmawati dan Abma (2021) menyatakan "*building information modeling* adalah suatu proses mendigitalkan perencanaan pekerjaan awal hingga pekerjaan akhir dengan menggunakan bantuan tools yang saling terintegrasi". Baskoro (2019) menyebutkan bahwa "BIM merupakan suatu konsep atau proses yang memiliki tujuan untuk menghasilkan dan mengelola data proyek secara *realtime* dalam bentuk 3D selama siklus proyeknya. Tujuan penggunaan BIM dapat meningkatkan produktivitaas dalam proses perencanaan dan konstruksi. Dalam proses ini meliputi perencanaan informasi geografis, geometri bangunan, hubungan spatial, karakteristik komponen, kebutuhan material, perkiraan biaya, dan penjadwalan. Dari beberapa pengertian BIM tersebut, dapat disimpulkan bahwa BIM atau *building information modeling* adalah suatu sistem atau proses teknologi dengan mengintegrasikan informasi digital dalam proses perencanaan desain, pelaksanaan konstruksi dan pemeliharaan pada permodelan 3D, sehingga menghasilkan proses yang lebih efektif dan efisien.

Penerapan teknologi BIM pada pelaksanaan proyek tergantung pada perusahaan atau individu dalam proses konstruksi, namun saat ini pemerintah melalui Dinas PUPR telah mengeluarkan standar baru dalam perencanaan proyek konstruksi dengan melakukan penerapan teknologi BIM. BIM memiliki keunggulan dalam manajemen proyek dari mulai perencanaan, pelaksanaan, hingga pemeliharan proyek konstruksi, salah satunya dapat mendeteksi lebih awal adanya masalah yang akan terjadi selama pelaksanaan proyek. Adanya identifikasi cepat ini memungkinkan perencana dan pelaksana untuk dapat mengambil langkah solusi untuk mengurangi adanya risiko selama pelaksanaan proyek berlangsung.

3.6.1. BIM dalam Proyek Konstruksi

Dalam proyek konstruksi, Building Information Modeling (BIM) adalah sebuah metodologi yang mengintegrasikan proses desain, pelaksanaan konstruksi, dan manajemen pengelolaan bangunan menggunakan model digital yang saling terintegrasi. Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) (2020) dalam informasi berbasis website menjelaskan bahwa penggunaan BIM memiliki beberapa manfaat dalam proses perencanaan proyek bangunan konstruksi, sebagai berikut.

1. BIM memiliki visual 3D, sehingga dapat memudahkan pemahaman mengenai perencanaan gambar bangunan, memberikan detail untuk model pekerjaan yang rumit seperti pembesian pada struktur jembatan, serta mempermudah dalam perhitungan volume tiap pekerjaan dengan cepat dan akurat untuk perhitungan biaya atau RAB setiap komponen pekerjaan.
2. BIM dapat digunakan untuk pengambilan informasi proyek seperti *clash detection* di awal pekerjaan untuk memeriksa adanya benturan antar perencanaan jadwal pekerjaan yang dapat disesuaikan secara langsung dengan kondisi lapangan. Hal ini dapat dilakukan pada perencanaan struktur, aritektur, ataupun MEP.
3. Penggunaan BIM dalam proses perencanaan bangunan juga bermanfaat dalam koordinasi antara kontraktor, konsultan, dan pemilik proyek dengan mudah kapanpun secara online maupun offline. Perencanaan pada BIM dapat diunggah pada layanan *cloud* sehingga dapat diakses secara langsung oleh owner/konsultan dalam proses pemeriksaan apabila perlu dilakukan evaluasi perbaikan.

3.6.2. *Level of Development* (LOD)

Level of Development (LOD) menurut BIM Forum, dalam Subarto (2021) menyatakan “LOD adalah suatu alat yang digunakan oleh pengguna sistem BIM untuk meningkatkan kualitas komunikasi terkait karakteristik elemen dalam sebuah model”. *Level of Development* (LOD) merupakan sistem yang digunakan dalam BIM untuk menentukan tingkat detail dan akurasi informasi sebuah model

bangunan. Dalam LOD merepresentasikan elemen-elemen bangunan yang terkait dalam tahap perencanaan desain proyek konstruksi. LOD terbagi atas beberapa *level*, sebagai berikut.

1. LOD 100

   Menggambarkan elemen-elemen bangunan secara konseptual, informasi terbatas yang digunakan untuk konsep awal dalam melakukan permodelan dan direpresentasikan secara grafis dalam permodelan degan menggunakan representasi umum atau simbol.

   a. Tingkat detail : Representasi konseptual.
   b. Deskripsi : Menyediakan bentuk dan ukuran dasar bangunan atau elemen, namun tidak menunjukkan detail spesifik.
   c. Penggunaan ; Studi awal bangunan dan analisis awal proyek, seperti adanya volume sederhana yang menunjukkan lokasi dan bentuk kasar dari bangunan.

2. LOD 200

   Mencakup representasi geometris dasar dari elemen-elemen bangunan dengan informasi lebih rinci. Elemen model secara grafis dalam permodelan diwakili sistem generik, objek, atau peaKitan dengan ukuran, bentuk, jumlah, lokasi dan orientasi yang lebih rinci yang lebih akurat. Hal ini mencakup dimensi aktual dan relatif dan memberikan gambaran lebih jelas tentang hubungan antar elemen.

   a. Tingkat detail : Representasi generik dengan informasi dasar
   b. Deskripsi : Menyediakan ukuran, bentuk, jumlah, lokasi, dan orientasi lebih akurat.
   c. Penggunaan ; Pengembangan desain awal, seperti model dengan dimensi relatif dan informasi hubungan antar elemen yang lebih jelas.

3. LOD 300

Menggambarkan representasi geometris yang lebih detail dan akurat dari elemen-elemen bangunan, cukup untuk menghasilkan dokumen konstruksi dan perencanaan yang tepat. Pada *level* ini, elemen model diwakili secara grafis sebagai sistem tertentu, objek, atau peraKitan dengan ukuran, bentuk, jumlah, lokasi, dan orientasi yang lebih presisi, sehingga memberikan gambaran yang sangat jelas tentang kondisi akhir dari elemen-elemen dalam konteks ruang fisik.

a. Tingkat detail : Representasi detail dan akurat.
b. Deskripsi : Menyediakan detail elemen dari ukuran, bentuk, jumlah, lokasi, dan orientasi yang lebih akurat.
c. Penggunaan ; Dokumen konstruksi dan perencanaan yang tepat, seperti model dengan semua elemen struktural dan arsitektural yang lengkap dan presisi.

4. LOD 400

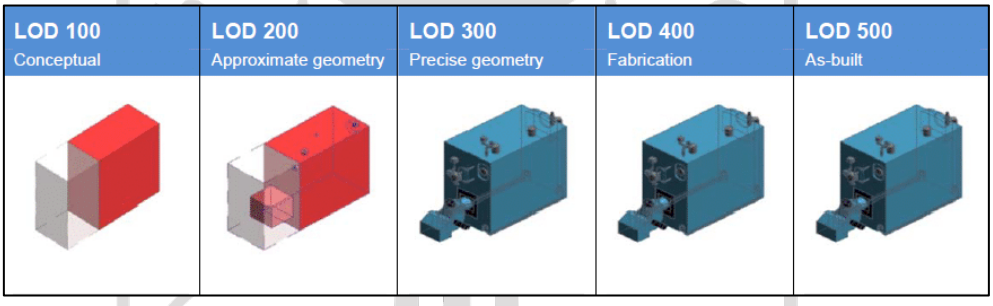
Mencakup representasi geometris yang sangat rinci dan akurat dari elemen-elemen model bangunan. Informasi pada tingkat ini dapat digunakan untuk menghasilkan model tiga dimensi (3D) yang sesuai untuk konstruksi dan instalasi. Elemen model diwakili secara grafis sebagai sistem tertentu, objek, atau peraKitan dengan ukuran, bentuk, jumlah, lokasi, dan orientasi yang sangat detail, serta mencakup informasi tentang peraKitan, fabrikasi, dan pemasangan.

a. Tingkat detail : Representasi sangat rinci dan akurat.
b. Deskripsi : Menyediakan informasi untuk konstruksi dan instalasi. Detail elemen dari peraKitan, fabrikasi, dan informasi pemasangan.
c. Penggunaan ; Konstruksi dan fabrikasi, seperti model tiga dimensi (3D) dengan informasi detail untuk fabrikasi dan instalasi elemen-elemen bangunan.

5. LOD 500

Merupakan *level* di mana informasi operasional dan pemeliharaan, termasuk penggantian komponen dan siklus hidup bangunan ditambahkan ke dalam model bangunan. Elemen model pada LOD 500 merupakan representasi yang sudah diverifikasi di lapangan dalam hal ukuran, bentuk, jumlah, lokasi, dan orientasi.

a. Tingkat detail : Representasi final dengan informasi operasional.
b. Deskripsi : Menyediakan informasi untuk operasional dan pemeliharaan bangunan, termasuk penggantian komponen siklus bangunan yang diverifikasi.
c. Penggunaan ; Manajemen dan pemeliharaan bangunan, seperti model final mencakup semua detail konstruksi informasi operasional dan pemeliharaan.



Gambar 3.4 *Level of Development* (LOD)
(Sumber: *Specifying* BIM *Level of Development* (LOD))

3.6.3. Dimensi Model BIM

Proses perencanaan menggunakan BIM terdapat beberapa dimensi yang merujuk pada kemampuan dari BIM untuk dapat merealisasikan dan mempermudah pemahaman dalam mentransfer informasi yang dihasilkan. Terdapat beberapa dimensi/model dalam BIM, yaitu model 3D/*building data and information*, 4D/*schedule*, 5D/*work breakdown structures*, 6D/*energy analysis*, dan 7D/*building life cycles*, sebagai berikut.

1. Model 2D

Bentuk model dimensi 2D merupakan model konstruksi paling dasar, yang terdiri dari penggambaran sumbu X dan sumbu Y. model ini dapat dibuat secara manual atau dengan penggunaan perangkat lunak AutoCAD.

2. Model 3D

   Model BIM 3D adalah salah satu bentuk dimensi BIM yang paling banyak digunakan, dan sering dijadikan sebagai dasar penggunaan BIM untuk perencanaan proyek setiap perusahaan konstruksi. BIM 3D merepresentasikan bangunan dalam tiga dimensi, sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z. Pemanfaatan penggunaan model 3D pada BIM dapat memberikan informasi lebih seperti dalam visualisasi struktur konstruksi, sehingga membantu transparansi secara rinci selama keseluruhan proyek.

3. Model 4D

   Model BIM 4D merupakan dimensi yang memberikan informasi tambahan dari bentuk 3D yaitu dimensi data penjadwalan atau waktu. Model BIM 4D menggunakan data awal BIM 3D yang ditingkatkan dengan dimensi 4D yang menggambarkan penggabungan antara model 3D dengan penjadwalan pada suatu proyek. Sehingga, dengan model BIM 4D memungkinkan pelaksana mendapat informasi yang mudah dipahami dalam perkembangan proyek secara komprehensif serta dapat mengoptimalkan perencanaan dan pengawasan selama proyek konstruksi berlangsung.

4. Model 5D

   Permodelan BIM 5D merupakan perluasan dari model BIM 4D di mana memberikan informasi lebih mengenai estimasi atau biaya proyek. Dalam penggabungan biaya, jadwal, dan model 3D ini dapat memproyeksikan dan memprediksi estimasi keuangan suatu proyek dan memvisualisasikan pelaksanaan yang telah dicapai dalam proyek tersebut. Adanya model BIM 5D memungkinkan perencanaan estimasi biaya dapat diperbaruhi secara tepat waktu bila terdapat perubahan desain ataupun modifikasi lainnya pada proyek, sehingga mempermudah dalam manajemen keuangan secara efektif dan efisien.

5. Model 6D

Permodelan BIM 6D atau iBIM merupakan model BIM terintegrasi yang memberikan informasi tambahan untuk mendukung pengelolaan dan pengoperasian fasilitas suatu proyek konstruksi. Pada model BIM 6D melibatkan pembaruan atau modifikasi yang mempertimbangkan aspek lingkungan termasuk pada perkiraan adanya dampak oleh pelaksanaan proyek terhadap lingkungan.

6. Model 7D

Model BIM 7D merupakan tingkatan integrasi yang mencakup model 3D, *time schedule*, estimasi biaya, serta pemeliharaan dan pengoperasian secara berkelanjutan, sehingga dapat membatu mengoptimalkan manajemen proyek dari setiap eleman proyek konstruksi. Dalam permodelan BIM 7D, informasi mengenai masa pemeliharaan, spesifikasi teknis, dan pengoperasian bangunan diintegrasikan secara real sehingga dapat dimanfaatkan untuk pengelolaan bangunan atau proyek konstruksi secara lebih efisien dan berkelanjutan.

3.7. Penjadwalan dalam BIM

Penjadwalan dalam Building Information Modeling (BIM) 4D merupakan proses mengintegrasikan waktu pelaksanaan atau penjadwalan sebuah proyek ke dalam model tiga dimensi (3D). Konektivitas atau integrasi BIM dalam penjadwalan menghasilkan visualisasi proses konstruksi secara 4D dengan menggunakan animasi visual atau scheduling simulation. Dengan adanya penjadwalan dalam BIM dapat memungkinkan perencana untuk mengidentifikasi lebih awal adanya clash detection selama proses pelaksanaan konstruksi, sehingga proses pelaksanaan konstruksi dapat lebih lancar karena sudah direduksi lebih awal.

Untuk membuat penjadwalan dalam BIM atau integrasi antara data penjadwalan dengan model 3D dapat menggunakan data analisis hasil dari berbagai perangkat lunak yang mendukung integrasi BIM. Untuk data model 3D dapat menggunakan Autodesk Revit, Allplan, atau ArchiCAD. Untuk data analisis penjadwalan dapat menggunakan hasil dari Microsoft Project atau Primafera. Sedangkan sebagai hasil konektivitas antara data model 3D dengan penjadwalan

dapat menggunakan Autodesk Naviswork untuk menghasilkan data penjadwalan menggunakan integritas BIM.

3.8. Autodesk Revit

Autodesk Revit merupakan perangkat lunak terintegrasi *Building Infrmation Modeling* (BIM) yang digunakan untuk merancang, memvisualisasikan, dan mengelola perencanaan model 3D untuk proses perencanaan bangunan dari awal pelaksanaan konstruksi hingga siklus pemeliharaan oleh arsitek, perencana, dan kontraktor. Autodesk Revit dirancang untuk mendukung integritas BIM, di mana Autodesk Revit menggabungkan data gambar 2D yang membentuk model dasar dari gambar dan dokumen yang dihasilkan model 3D. Melalui konektivitas BIM, platform ini menyediakan informasi yang diperlukan sebagai dasar dalam penjadwalan, perencanaan biaya, simulasi pelaksanaan hingga pemeliharaan proyek. Berikut keunggulan dari penggunaan perangkat lunak BIM Autodesk Revit.

1. Permodelan 3D

   Autodesk Revit memiliki fungsi utama dalam membuat permodelan 3D dengan visualisasi bangunan yang realistis dan mendetail. Permodelan dalam Revit berbasis objek dan memungkinkan dalam setiap komponen memiliki informasi mendukung kolaborasi antar komponen, sehingga memudahkan dalam mendesain bangunan dengan detail dan terpusat.

2. Perencanaan Kuantitas Volume dan Estimasi Biaya

   Dalam perencanaan kuantitas volume pekerjaan melalui Revit dapat dilakukan dengan menggunakan perhitungan otomatis berdasarkan permodelan 3D. Dalam perencanaan kuantitas volume Revit mampu mengelola detail material yang digunakan sehingga memungkinkan estimasi biaya yang akurat.

3.9. Microsoft Project

Microsoft Project merupakan perangkat lunak majanemen proyek yang digunakan dalam proses perencanaan, pengawasan, pengelolaan, dan pelaporan data penjadwalan pelaksanaan proyek. MS Project juga temasuk dalam perangkat

lunak terintegrasi oleh BIM sehingga hasil data dapat digunakan sebagai konektivitas dengan data dari *software* BIM lainnya.

Microsoft project memiliki berbagai *tools* yang dapat digunakan untuk mendukung pelaksanaan manajemen proyek. Menurut siklus proyek keunggulan dari Microsoft Project dibanding penggunaan software penjadwalan lainnya, diantaranya sebagai berikut.

1. Perencanaan Penjadwalan

   Perencanaan penjadwalan proyek menggunakan Microsoft Project dapat dengan mudah dilakukan terdapat berbagai fitur yang mendukung proses perencanaan penjadwalan mulai dari waktu kerja, alokasi sumber daya, perencanaan anggaran, durasi pekerjaan, hingga keterkaitan antar pekerjaan dan lainnya. Hasil perencanaan dari analisis penjadwalan menggunakan MS Project dapat dieksport ke berbagai bentuk metode penjadwalan seperti *gantt chart*, *network diagram*, *work breakdown structure*, *resource allocation and manajement* hal ini memudahkan untuk perencana ketika akan melakukan konektivitas dengan data lain dalam BIM sesuai metode dan format file yang diperlukan.

2. Pengawasan Progres

   Dengan penggunaan MS Project memungkinkan perencana dan pengawas melakukan pengawasan proyek secara *real-time* dengan *tools update progres* pada penjadwalan proyek. Penggunaan *tools eksport to diagram* dapat dengan mudah memvisualisasikan jadwal proyek sesuai kebutuhan dan melakukan perbandingan korelatif antara rencana awal dan kemajuan progres aktual.

3. Pelaporan

   Microsoft Project memiliki *tools eksport* file ke berbagai jenis laporan, seperti laporan kemajuan progres, penggunaan sumber daya, dan data analisis biaya, dengan laporan ini dapat disesuaikan kebutuhan spesifik dari proyek sehingga dalam pelaporan dan pemaparan progres penjadwalan adri proyek akan sangat membantu dalam memfasilitasi komunikasi dan pengambilan keputusan secara efektif.

3.10. Autodesk Naviswork

Naviswork adalah sebuah perangkat lunak BIM yang dapat membantu dalam proses perencanaan desain sekaligus proses *scheduling* dari pekerjaan arsitektural, struktur, dan MEP. Perencanaan data menggunakan Naviswork dapat menggabungkan model 3D yang telah dioptimalkan secara interaktif, dianalisis, dan divisualisasikan dengan data perencanaan *time schedule* proyek. Dengan Naviswork juga memiliki fitur dalam pembuatan visual animasi dari hasil konektivitas model 3D dengan data penjadwalan, untuk lebih jelas berikut keunggulan dari penggunaan *software* Autodesk Revit dalam proses perencanaan dengan menerapkan konsep BIM.

1. Konektivitas

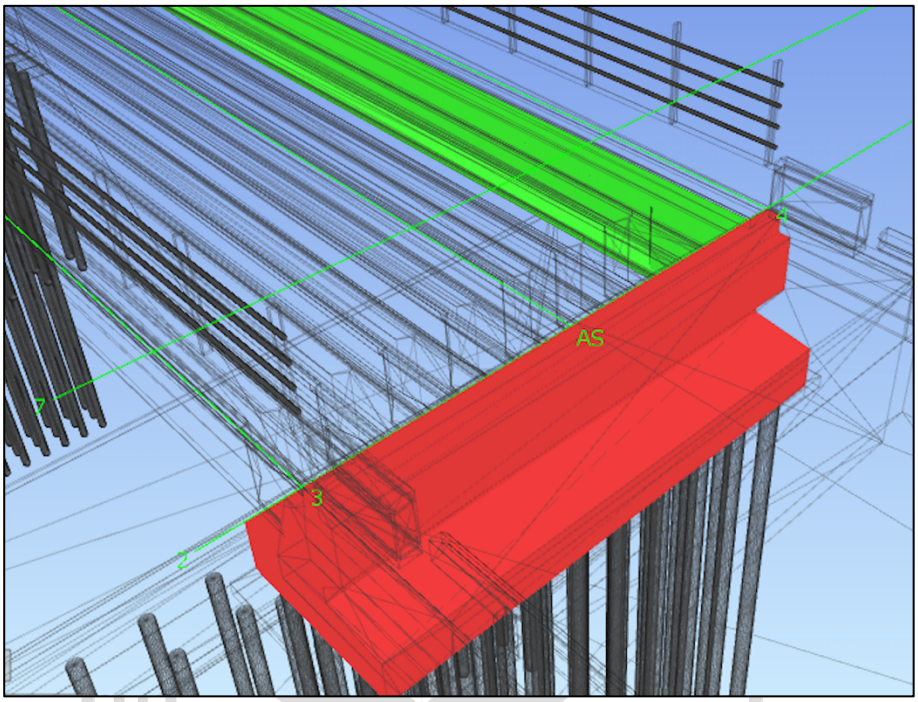
   Melakukan konektivitas atau integrasi antar data merupakan salah satu fitur utama dari penggunaan Autodesk Naviswork. Pada perangkat lunak ini dapat menerima data model 3D dari berbagai format file desain seperti Autodesk Revit, Allplan, ArchiCAD, Tekla dan lainnya, sehingga membuat proses penggelolaan dapat dilakukan dengan mudah fleksibel. Sedangkan untuk data penjadwalan, dapat menerima data dengan format MS Project ataupun Primavera di mana data berupa gantt chart yang terintegrasi antar pekerjaan.

2. Clash Detection

   Clash detection merupakan proses identifikasi dan visualisasi dari adanya konfilk atau bentrokan antar komponen desain dalam proyek konstruksi. Bentrokan dapat terjadi antar komponen dalam bidang struktur, arsitektur, MEP, ataupun lingkungan. Dengan adanya clash detection sangat membantu dalam proses pelaksanaan proyek konstruksi berjalan lancar, menghindari keterlambatan dan menghemat biaya, karena dapat menghindari adanya masalah selama proses pembangunan dengan menyelesaikan masalah bentrokan sebelum pelaksanaan dilakukan.

   Autodesk Naviswork memiliki kemampuan dalam mendeteksi adanya bentrokan (*clash detection*) antar komponen secara otomatis dan membuat hasil *report test clash detection* dengan jelas. Dalam hal ini akan mempermudah perencana dalam proses perencanaan proyek konstruksi. Hasil

contoh identifikasi *clash detection* pada Naviswork dengan tipe tes balok PCI girder dengan abutment dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut.



Gambar 3.5 *Clash Detection* Autodesk Naviswork

3. Analisis Evaluasi

   Melakukan analisis evaluasi terhadap komponen yang tidak sesuai dengan hasil desain rencana untuk menghasilkan data yang lebih baik. Autodesk Naviswork memiliki *tools* untuk menyederhanakan desain dan membuat lebih terintegrasi dengan data lain dengan mudah, sehingga data yang dihasilkan dapat lebih optimal.

4. *Scheduling Simulation*

   Scheduling simulation merupakan proses visualisasi analisis dari hasil penjadwalan menggunakan model 3D. Penggunaan *scheduling simulation* memungkinkan melihat bagaimana proyek akan dilaksanakan sebelum proyek dilaksanakan (dalam proses perencanaan), dengan begitu perencana akan memiliki gambaran dan membantu dalam mengidentifikasi adanya

potensi masalah dan mengoptimalkan urutan pekerjaan yang akan dilaksanakan.

pada dasarnya, penggunaan Naviswork sering dilakukan untuk dapat menghasilkan *scheduling simulation* atau *visual scheduling* yang dihasilkan dari konektivitas model 3D dengan data *time schedule* proyek. Naviswork memiliki fitur dalam mengatur bagaimana *visual scheduling* akan dihasilkan seperti pengaturan animasi, durasi, hingga camera viewpoint.

Secara keseluruhan, penggunaan Autodesk Naviswork menawarkan keunggulan dalam meningkatkan kolaborasi dan efisiensi data perencanaan proyek konstruksi. Data yang dihasilkan Naviswork membantu dalam proses perencanaan desain konstruksi dengan adanya konektivitas data, *clash detection*, dan *visual scheduling* yang memungkinkan perencanaan untuk dapat mereduksi risiko dan mengidentifikasi lebih awal adanya masalah akan timbul selama pelaksanaan konstruksi. Dengan begitu proses pelaksanaan konstruksi akan dapat berjalan sesuai rencana.


UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

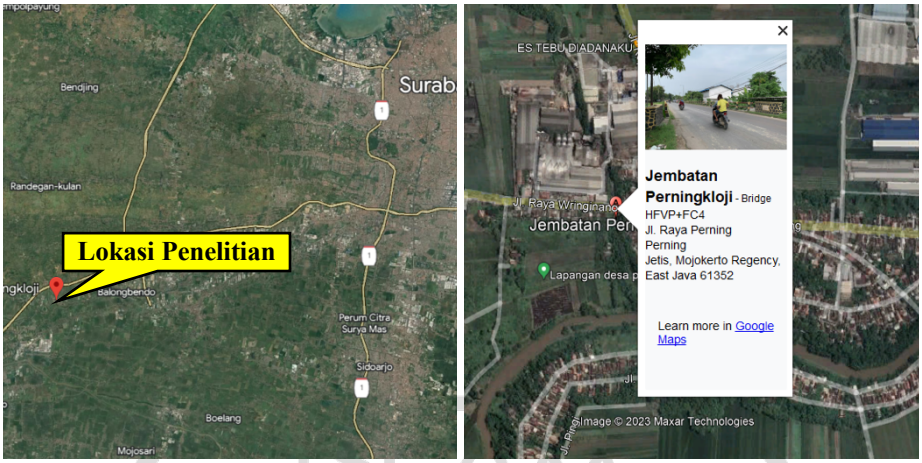
BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1. Tinjauan Umum

Secara umum pada penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana penerapan konsep *building infromation modeling* (BIM) 4D berguna pada proses perencanaan dan manajemen proyek pembangunan jembatan. Penelitian ini dilakukan dengan studi kasus proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji di Mojokerto Jawa Timur. Secara khusus, bab ini akan menjelaskan mengenai metode penelitian yang akan digunakan dalam pengumpulan data dari objek penelitian serta tahapan pelaksanaan penelitian hingga dapat memperoleh hasil kesimpulan.

4.2. Subjek dan Objek Penelitian

Subjek dari penelitian ini adalah Proyek Penggantian Jembatan Pening Kloji Mojokerto. Proyek ini berlokasi di ruas jalan Gresik Mlirip Kabupaten Mojokerto (km SBY. 39+312) Provinsi Jawa Timur dapat dilihat pada Gambar 4.1. Di mana subjek tersebut masuk dalam kategori rumusan masalah yang telah ditentukan yaitu proyek bangunan jembatan. Sementara itu, objek yang diamati dalam penelitian ini yaitu implementasi konsep teknologi *Building Information Modeling* (BIM) 4D dalam tahap perencanaan pada proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Mojokerto.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian
(Sumber: Google Earth, 2023)

4.3. Data Penelitian

Data penelitian dapat diartikan sebagai informasi dasar berupa fakta yang menggambarkan suatu objek penelitian yang digunakan sebagai bahan untuk pengolahan informasi. Menurut cara memperolehnya, data dalam penelitian dikelompokkan menjadi dua yaitu data primer dan data sekunder sebagai berikut.

4.3.1. Data Primer

Data primer merupakan informasi yang dikumpulkan secara langsung dari lokasi objek penelitian dilakukan. Pada penelitian ini data primer yang digunakan yaitu sebagai berikut.

1. Catatan hasil wawancara dengan narasumber perencana maupun narasumber di lokasi proyek.
2. Hasil dokumentasi pelaksanaan proyek berupa foto yang didapatkan ketika pengamatan berlangsung.

4.3.2. Data Sekunder

Data sekunder adalah informasi yang tidak dikumpulkan secara langsung atau telah dilakukan analisis sebelumnya melalui orang lain. Pada penelitian ini data sekunder berupa dokumen perencanaan pada lokasi objek proyek penelitan, sebagai berikut.

1. Dokumen *detail engineering design* (DED) dalam bentuk file Autocad (.dwg)
2. Dokumen *time schedule* dan kurva-s perencanaan proyek dalam bentuk file Microsoft Excel (.xlsx)

4.4. Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian merupakan hal penting yang harus dilakukan untuk memperolah informasi yang valid dengan reliabilitas terjaga. Metode pengumpulan data yang dilakukan yaitu dengan melakukan observasi, wawancara, dan dokumentasi secara langsung dengan responden di lokasi proyek penelitian. Dari metode pengumpulan data tersebut, akan didapatkan informasi berupa data primer yang akan digunakan sebagai acuan dalam penelitian, serta mencari referensi berupa dokumen dari instansi pemerintah atau didapatkan dari responden di lokasi penelitian untuk memperoleh data sekunder.

4.5. Metode Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian untuk memperoleh hasil dari implementasi konsep *Building Information Modeling* (BIM) 4D dalam tahap perencanaan pada proyek pembangunan jembatan melalui beberapa tahapan, sistematika dari penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

4.5.1. Perumusan Masalah dan Studi Pustaka

Tahapan awal dalam penelitian dengan membuat rumusan masalah penelitian dari adanya latar belakang yang akan dianalisis. Selanjutnya melakukan studi pustaka dengan mencari literasi jurnal, penelitian terdahulu, dan referensi yang berhubungan dengan topik hasil rumusan masalah untuk memperdalam pemahaman mengenai topik yang akan dibahas. Dalam studi pustaka ini dilakukan literasi jurnal dan/atau referensi yang berhubungan dengan topik penelitian berupa manajemen proyek bangunan jembatan serta pemahaman mengenai perangkat lunak dari pengaplikasian BIM menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit, Microsoft Project, dan Autodesk Naviswork.

4.5.2. Menentukan subjek dan objek penelitian

Dalam menentukan subjek dan objek untuk melakukan penelitian diperlukan tindakan wawancara, observasi lapangan, dan pengumpulan data dari lokasi penelitian. Dalam hal ini apakah kondisi di lapangan telah sesuai dengan identifikasi permasalahaan dari topik penelitian. Subjek dalam penelitian ini adalah proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Mojokerto, sedangkan objek dari penelitian merupakan implementasi konsep *Building Information Modeling* (BIM) 4D dalam tahap perencanaan.

4.5.3. Pengumpulan Data

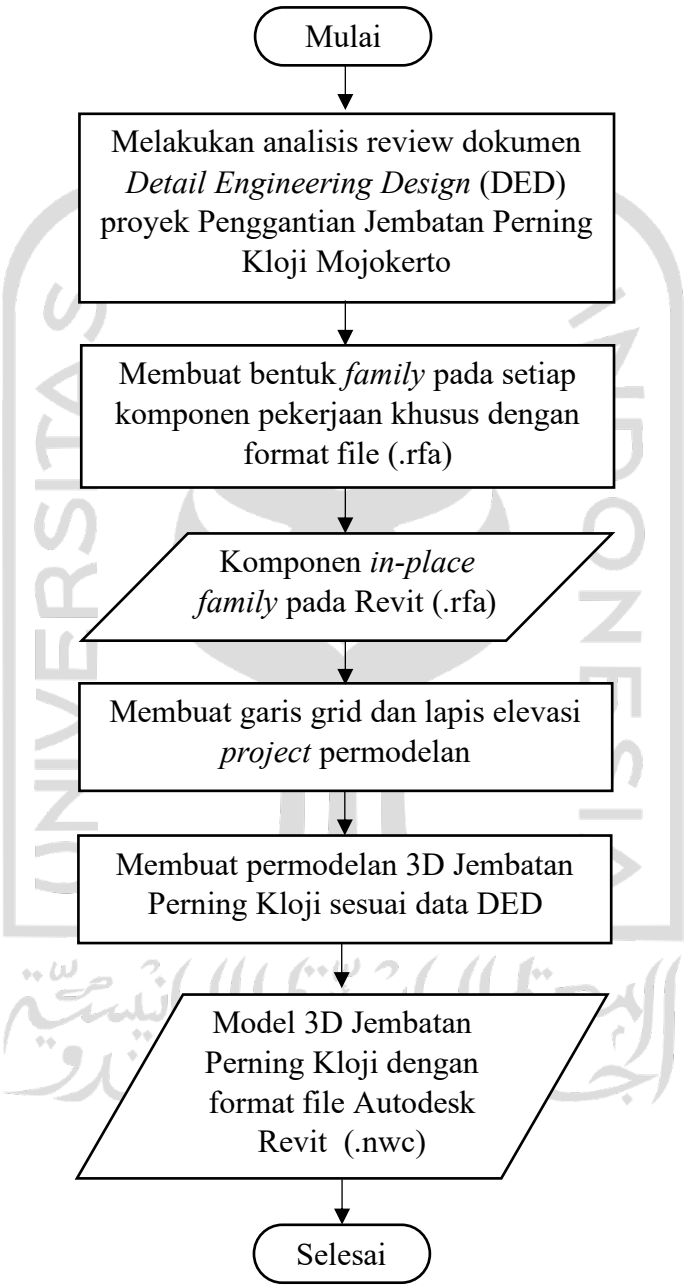
Tahap pengumpulan data dilakukan atas data primer yang dapat diperoleh dengan melakukan observasi lapangan, wawancara, dan melakukan dokumentasi langsung di lokasi penelitian. Adapun pengumpulan data sekunder dilakukan dengan mencari data-data pendukung dari responden perencana, dalam penelitian ini digunakan data sekunder yaitu dokumen *detail engineering design* (DED), *time schedule* dan kurva-s dan referensi literasi jurnal terkait dengan topik penelitian.

4.5.4. Pengaplikasian perangkat lunak BIM Autodesk Revit dalam permodelan 3D

1. Melakukan review dokumen *detail engineering design* (DED) dari proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Mojokerto. Review dilakukan untuk dapat memahami komponen dari uraian pekerjaan yang akan dilakukan permodelan 3D.
2. Membuat bentuk *family* pada komponen uraian pekerjaan khusus. Pembuatan komponen *family* digunakan untuk permodelan pada setiap pekerjaan khusus atau secara spesifik yang tidak tersedia secara langsung dalam perangkat lunak Autodesk Revit. Hasil dari pembuatan komponen *family* akan disimpan dalam format file Revit *Family* (.rfa).
3. Membuat garis grid dan lapisan elevasi. Garis grid digunakan sebagai garis panduan agar dapat mempermudah dalam penempatan permodelan untuk setiap komponen bangunan. Sedangkan garis elevasi digunakan sebagai garis panduan dari ketinggian atau elevasi titik permukaan tanah dan ketinggan setiap komponen bangunan.

4. Membuat permodelan 3D dari Jembatan Perning Kloji. Permodelan 3D bangunan dilakukan dengan menggabungkan setiap komponen *family* yang telah dibuat dan ditempatkan sesuai pada garis grid dan elevasi dengan mengacu data dokumen *detail engineering design* (DED) dari proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji. Selanjutnya, melakukan pendetailan dari hasil permodelan untuk setiap komponen *family* sesuai gambar detail perencanaan.
5. Menyimpan hasil permodelan 3D. hasil dari permodelan disimpan dalam format file Autodesk Revit (.nwc) yang akan dibuat konektivitas pada Autodesk Naviswork.

Diagram alir atau *flowchart* untuk tahapan proses pengaplikasian perangkat lunak BIM Autodesk Revit dalam permodelan 3D dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut.

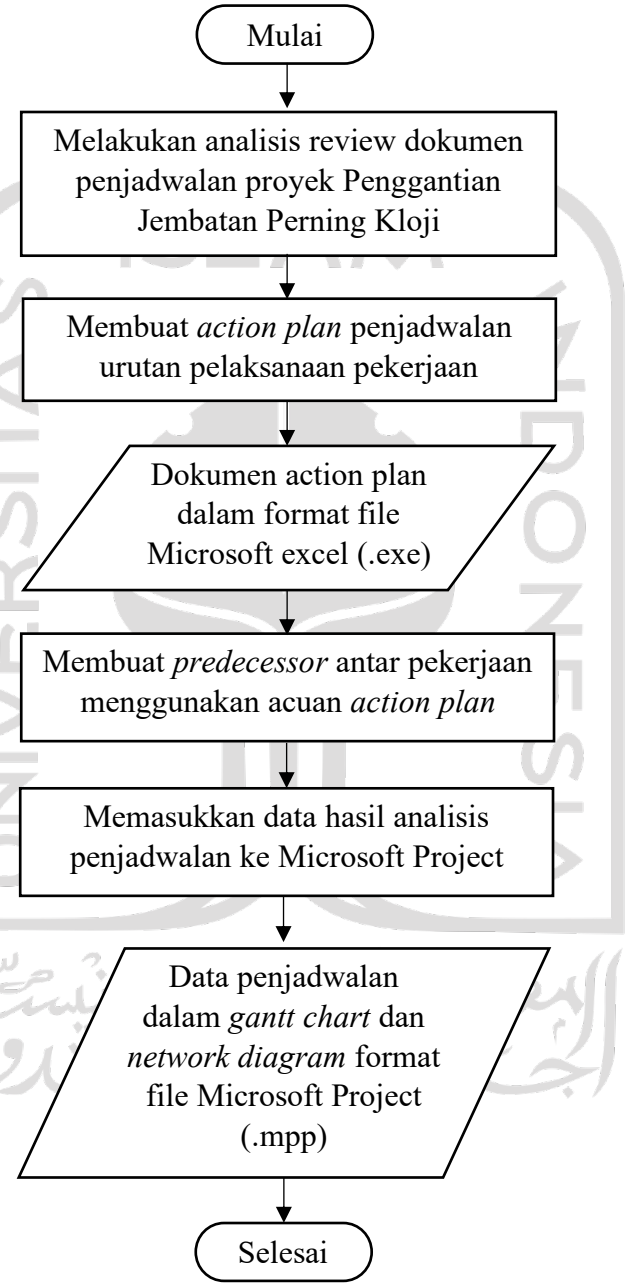


Gambar 4.2 Diagram Alir Pengaplikasian Autodesk Revit

4.5.5. Pengaplikasian Perangkat Lunak BIM Microsoft Project dalam Analisis Penjadwalan

1. Melakukan review data dokumen penjawalan proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji. Review dilakukan sebagai langkah memahami, mengevaluasi dan mengoreksi waktu durasi dan urutan setiap pekerjaan pada proyek yang memungkinkan perbaikan. Sehingga penjadwalan proyek dapat mencapai tingkat keefisiensian yang lebih baik, dan mengurangi risiko terhadap kesalahan serta masalah yang dapat muncul selama pelaksanaan proyek.
2. Membuat rancangan *action plan* penjadwalan urutan pelaksanaan pekerjaan. *Action plan* dapat digunakan sebagai panduan pembuatan *predecessor* dan *tracking* progres dari pelaksanaan proyek, di mana hasil dari *rancangan action plan* dilakukan verifikasi terhadap responden yang telah berpengalaman.
3. Membuat *predecessor* atau hubungan keterkaitan antar pekerjaan. Hubungan keterkaitan memberikan pedoman dalam pelaksanaan pekerjaan, di mana ada pekerjaan yang harus menunggu dari hasil pekerjaan lain atau dapat dikerjakan secara bersamaan. Hasil *predecessor* dapat digunakan dari hasil rancangan data *action plan* karena data sudah diverifikasi oleh responden.
4. Memasukkan data hasil analisis penjadwalan ke dalam Microsoft Project. Hasil analisis berupa uraian pekerjaan, durasi pekerjaan, tanggal awal pelaksanaan proyek dilakuka , dan *predecessor* yang telah dibuat dimasukkan dalam Microsoft Project untuk mendapatkan data penjadwalan dalam bentuk *gantt chart* dan *network diagram*.
5. Menyimpan hasil analisis penjadwalan menggunakan perangkat lunak BIM Microsoft Project disimpan dalam format file (.mpp) yang akan digunakan untuk konektivitas pada Autodesk Naviswork.

Diagram alir atau *flowchart* untuk tahapan proses pengaplikasian perangkat lunak BIM Microsoft Project dalam analisis data penjadwalan dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



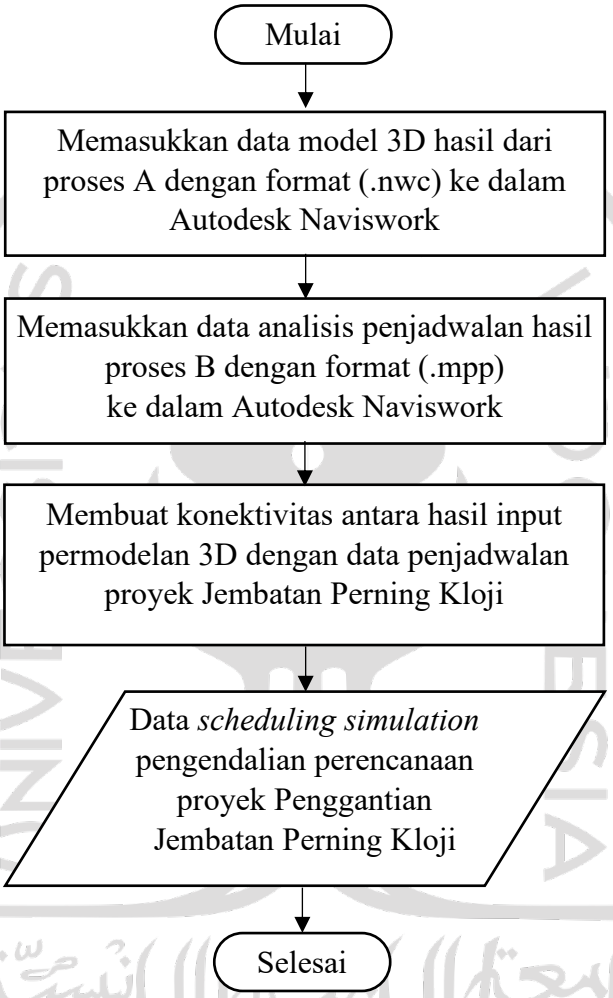
Gambar 4.3 Diagram Alir Pengaplikasian Microsoft Project

4.5.6. Pengaplikasian Perangkat Lunak BIM 4D Autodesk Naviswork untuk *scheduling simulation*

Secara umum, dalam penerapan konsep *building information modeling* (BIM) 4D untuk memperoleh *scheduling simulation* yaitu dengan membuat konektivitas antara model 3D bangunan dengan data penjadwalan pekerjaan sebagai peningkatan teknik perencanaan. Andiyan (2020) menyatakan "permodelan BIM 4D dihasilkan dengan memvisualisasikan sistematika konstruksi yaitu proses integrasi antar fase konstruksi proyek dan urutan dalam model tiga dimensi". Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan konektivitas antara elemen model 3D dengan penjadwalan proyek di mana dalam penerapan BIM menggunakan bantuan *software* Autodesk Naviswork sebagai langkah untuk mengintegrasikan permodelan 4D *scheduling simulation* dilokasi penelitian.

Hasil penerapan BIM 4D menggunakan *software* Autodesk Naviswork akan memperoleh *scheduling simulation*. Hasil tersebut akan dilakukan analisis perbandingan dalam proses perencanaan penjadwalan sebelumnya oleh proyek, untuk memperoleh kesimpulan keefektifan dari penerapan konsep BIM 4D *scheduling simulation* dalam perencanaan proyek bangunan jembatan.

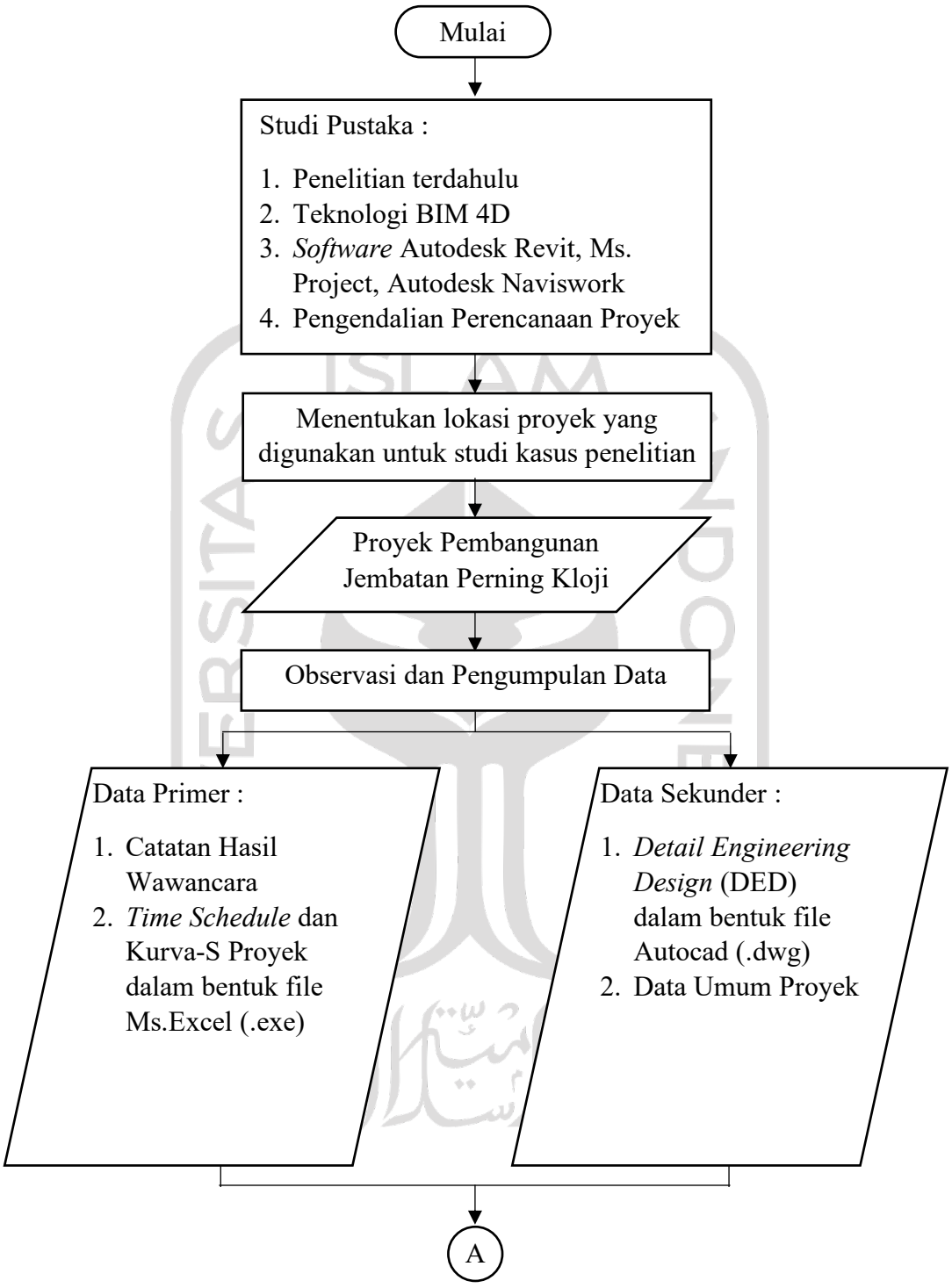
Diagram alir atau *flowchart* untuk tahapan proses pengaplikasian perangkat lunak BIM 4D menggunakan Autodesk Naviswork dalam membuat *scheduling simulation* dapat dilihat pada Gambar 4.4.



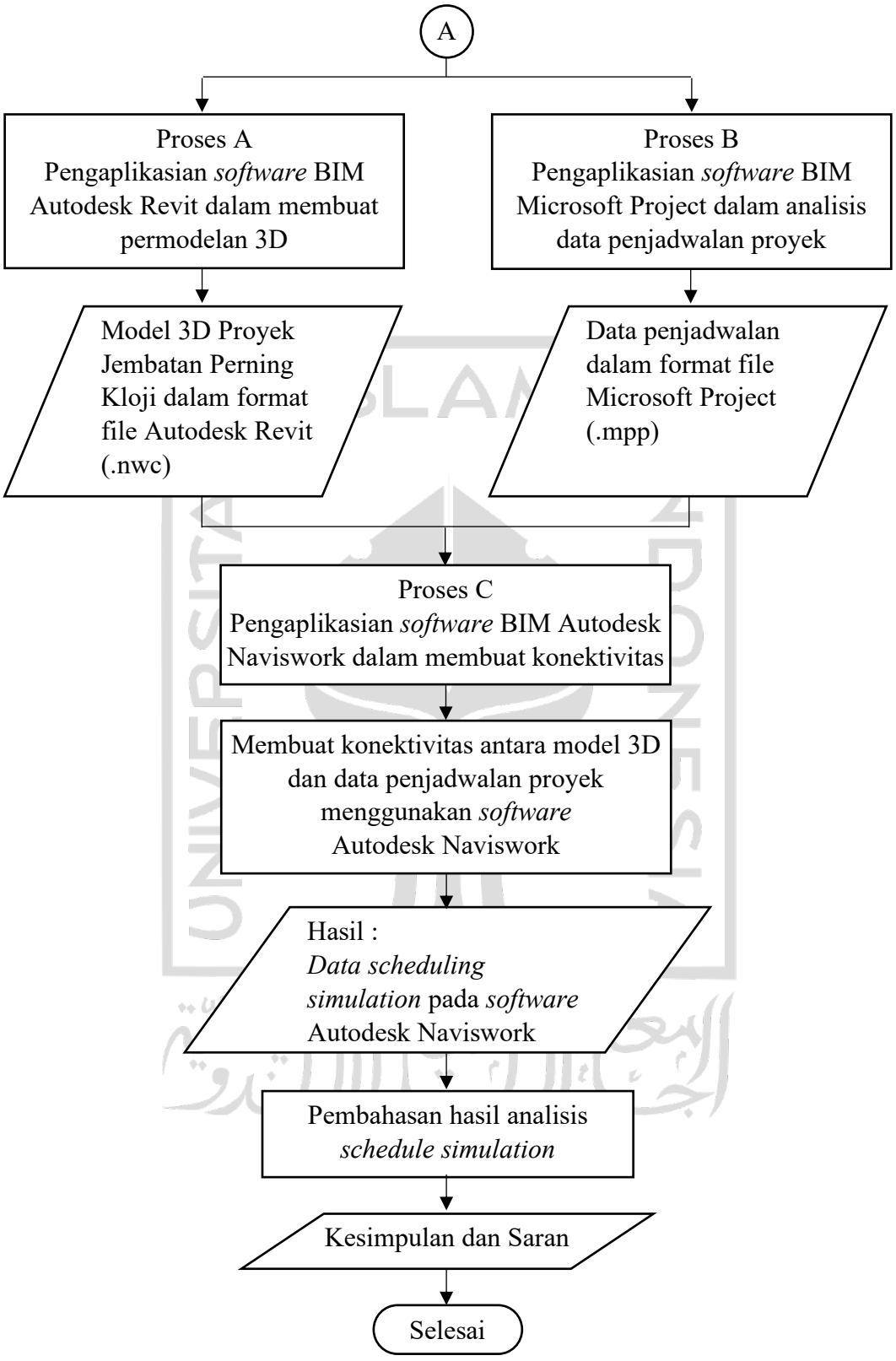
Gambar 4.4 Diagram Alir Pengaplikasian Microsoft Project

4.6. Diagram Alir Penelitian

Berikut diagram alir atau *flowchart* untuk memperjelas mengenai tahapan penelitian secara keseluruhan dari implementasi konsep *building information modeling* (BIM) 4D dalam tahap perencanaan penjadwalan proyek pembangunan jembatan dapat dilihat pada Gambar 4.5, sebagai berikut.



Gambar 4.5 Diagram Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.5 Diagram Alir Penelitian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1. Data Penelitian

Data penelitian merupakan kumpulan informasi yang digunakan sebagai dasar dalam analisis penelitian. Data proyek dan kondisi lokasi proyek sebagai data pendukung penelitian diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Bina Marga Provinsi Jawa Timur sebagai pemilik proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji di Kabupaten Mojokerto yang digunakan sebagai studi kasus penelitian. Data yang diperoleh sebagai berikut.

5.1.1. Informasi Proyek

1.	Nama Jembatan	: Jembatan Perning Kloji
2.	Lokasi Proyek	: Ruas Jalan Gresik Mlirip, Kabupaten Mojokerto (KM.SBY.39+312) Provinsi Jawa Timur.
3.	Kondisi Proyek	: Padat Bangunan dan Ramai Mobilisasi
4.	Nilai Kontrak	: Rp. 13.363.423.797,06
5.	Sumber Dana	: DPPA – SKPD APBD Provinsi Jawa Timur Anggaran Tahun 2023
6.	Tahun Pelaksanaan	: 2023
7.	Masa Pelaksanaan	: 225 Hari Kalender
8.	Konstruksi Atas	: Beton *Prestressed Concrete I* (PCI) *Girder*
9.	Kontruksi Bawah	: Beton Bertulang Dinding Penahan Tanah
10.	Jenis Pondasi	: Pondasi Tiang Pancang
11.	Kedalaman Pondasi	: 33 meter
12.	Panjang Jembatan	: 50 meter
13.	Lebar Jembatan	: 11 meter
14.	Lebar Trotoar	: 2 x 1 meter
15.	Jumlah Lajur	: 2 lajur

16. Jumlah Bentang : 1 bentang
17. Jumlah Abutmen : 2 abutmen
18. Pemilik Proyek : DPU Bina Marga Provinsi Jawa Timur
19. Kontraktor Proyek : PT Dwi Mulyo Lestari
20. Konsultan Proyek : PT Konsulindo Citra Ernala

5.1.2. Lokasi Proyek

Lokasi dan kondisi eksisting proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Mojokerto dapat dilihat pada Gambar 5.1 dan 5.2 berikut.



Gambar 5.1 Lokasi Proyek
(Sumber: Google Earth, 2023)



Gambar 5.2 Kondisi Eksisting Jembatan
(Sumber: Dokumen Kontraktor, 2023)

5.1.3. Gambar Proyek

Data proyek untuk gambar proyek terdiri dari *Detailed Engineering Design* (DED). *Detailed Engineering Design* (DED) adalah gambar yang direncanakan oleh perencana proyek yang lebih detail sebagai dokumen pengajuan saat dilakukan tender. Sedangkan *as built drawing* adalah gambar yang dibuat oleh kontraktor pelaksana proyek sesuai yang dilaksanakan di lapangan, sebagai hasil revisi dari DED dan acuan untuk pemeliharaan. Dalam penelitian ini gambar proyek yang digunakan adalah *Detailed Engineering Desain* (DED) yang diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Bina Marga Provinsi Jawa Timur sebagai pemilik proyek.

5.1.4. Penjadwalan Proyek

Dokumen penjadwalan proyek terbagi atas beberapa jenis. *Gantt chart* digambarkan dalam *time schedule* berupa diagram batang yang mewakili setiap pekerjaan dengan menunjukan durasi pada sepanjang sumbu durasi proyek. Kurva S digambarkan dengan grafik garis yang menampilkan progres secara kumulatif dari proyek sepanjang durasi pekerjaan. *Network Diagram* dibuat menggunakan *Precedence Diagram Method* (PDM) atau *Critical Path Method* (CPM) merupakan visualisasi hubungan antar pekerjaan untuk mengidentifikasi jalur kritis dan menentukan estimasi durasi yang dibutuhkan dalam penyelesaian proyek. Pada penelitian ini dokumen penjadwalan yang digunakan adalah *Time Schedule* dalam bentuk *Gantt Chart* sebagai pedoman struktur hierarkis pekerjaan pelaksanaan proyek. Data penjadwalan diperoleh dari Dinas Pekerjaan Umum (DPU) Bina Marga Provinsi Jawa Timur sebagai pemilik proyek dan PT Dwi Mulyo Lestari sebagai kontraktor proyek.

5.2. Analisis Data untuk Permodelan dalam Bentuk 3 Dimensi (3D)

Penelitian ini memodelkan ulang perencanaan bangunan jembatan dengan studi kasus proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji di Kabupaten Mojokerto dari bentuk 2 dimensi (2D) ke dalam bentuk 3 dimensi (3D). Permodelan 3 dimensi menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit yang digunakan sebagai model

konektivitas dengan data penjadwalan. Data pendukung analisis untuk permodelan 3 dimensi menggunakan data gambar proyek *Detailed Engineering Desain* (DED).

Analisis data permodelan bentuk 3 dimensi (3D) menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit memberikan *output* visualisasi secara detail pada bentuk 3 dimensi dari bangunan jembatan dengan format dokumen (.nwc). Hasil permodelan 3 dimensi menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit memungkinkan dilakukan analisis lebih lanjut pada aspek struktural, arsitektural, *mechanical electrical plumbing* (MEP) dan penjadwalan proyek dengan membuat konektivitas antar perangkat lunak pada sistem BIM.

Untuk memperoleh *output* yang telah disebutkan sebelumnya, berikut urutan langkah-langkah dalam pembuatan permodelan 3 dimensi menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit 2023.

1. Membuka Perangkat Lunak Revit 2023

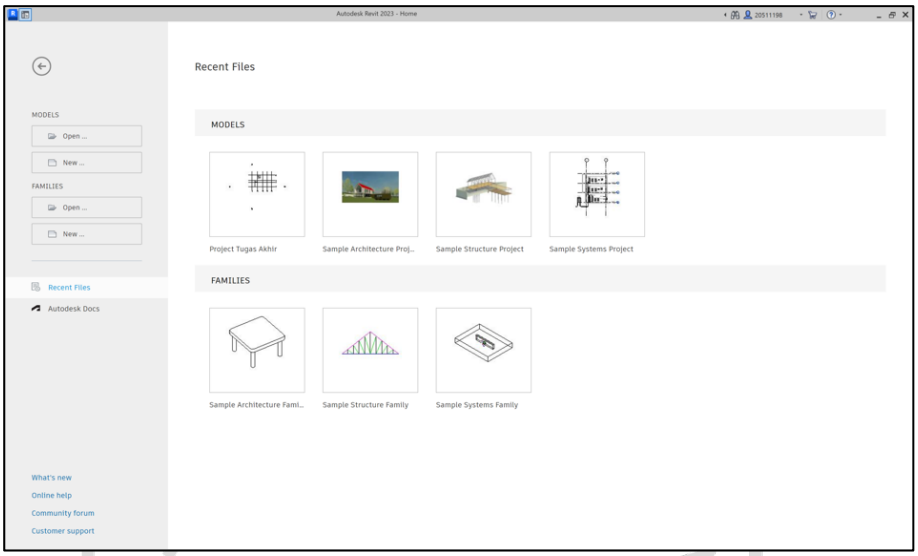
   Buka perangkat lunak Autodesk Revit, pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak Autodesk Revit 2023 dengan lisensi akun *student version*.



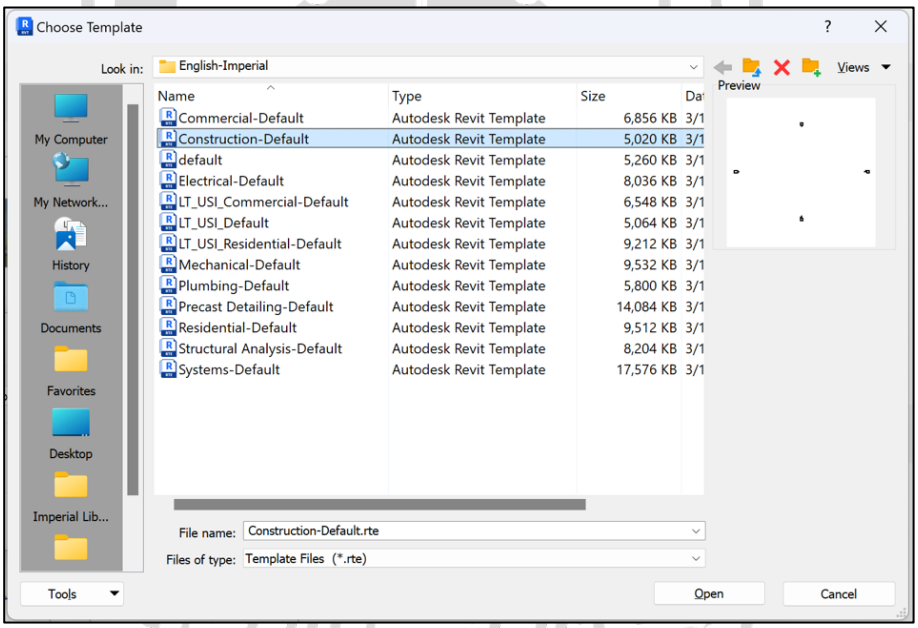
Gambar 5.3 Perangkat Lunak Autodesk Revit 2023

2. Memilih *Construction* Tamplate

   Pada halaman awal Autodesk Revit akan diminta untuk memilih *template project* sebagai acuan jenis file pada *new project*. Pembuatan model 3 dimensi pada penelitian ini menggunakan *template default metric* yang diunduh dari situs website *Autodesk.com* karena *template* menggunakan sistem Satuan Internasional (SI) yang secara umum digunakan di Indonesia.



Gambar 5.4 Tampilan Awal Autodesk Revit 2023

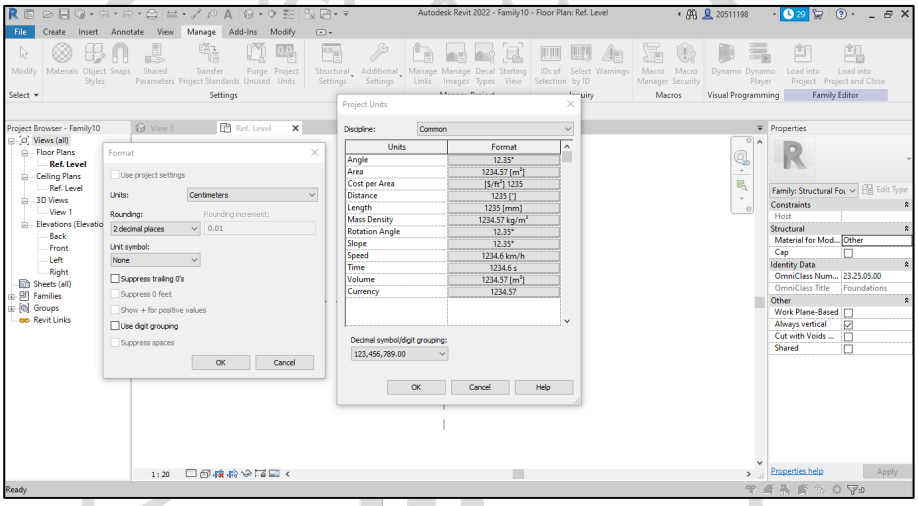


Gambar 5.5 Tampilan untuk Memilih *Template* File

3. Mengatur Satuan yang digunakan

Pada tampilan *project*, dipastikan terlebih dahulu *project file* menggunakan satuan yang sesuai dengan acuan data gambar. Pada *toolbar* klik pada bagian *manage* kemudian klik pada menu *project unit*, pada *selection discipline* pilih *common* untuk menggunakan satuan umum, kemudian memastikan pada

setiap *units list* telah sesuai dengan format yang digunakan. Mengatur penulisan angka desimal pada tab *format* untuk *selection rounding* pilih *2 decimal places* klik ok. Jika pada bagian *selection symbol/digit grouping* tidak sesuai dengan acuan data gambar atau masih pada pilihan koma (,) atau 123.456.789,00 maka diubah pada pilihan titik (.) atau 123,456,789.00. Jika semua satuan pada *units list* dan format telah sesuai dengan acuan data gambar maka klik ok.



Gambar 5.6 Mengatur Satuan (*Project Unit*)

4. Membuat *family* untuk setiap komponen pekerjaan

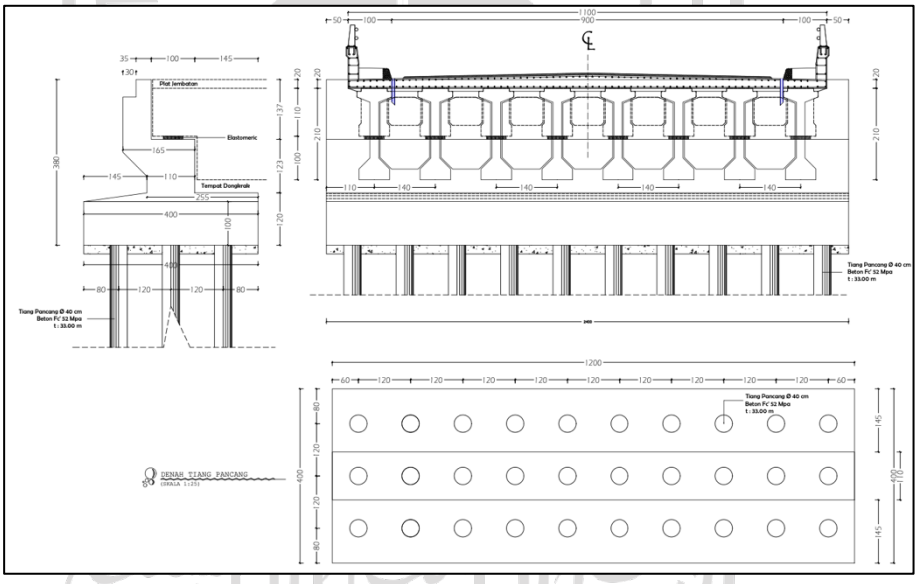
Komponen *family* pada Autodesk Revit merupakan komponen bentuk yang dapat digunakan secara repetisi dalam proses permodelan. Pada permodelan digunakan *system family* yaitu komponen yang sudah terintegrasi dalam proyek Autodesk Revit. Dalam proses permodelan juga disediakan menu pembuatan *in-place family* yaitu memodelkan *family* khusus yang dibuat langsung dalam permodelan.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan komponen *family* untuk setiap pekerjaan khusus yang tidak terdapat dalam komponen *system family* Revit. Berikut langkah pembuatan komponen *family* khusus yang dimodelkan pada Autodesk Revit.

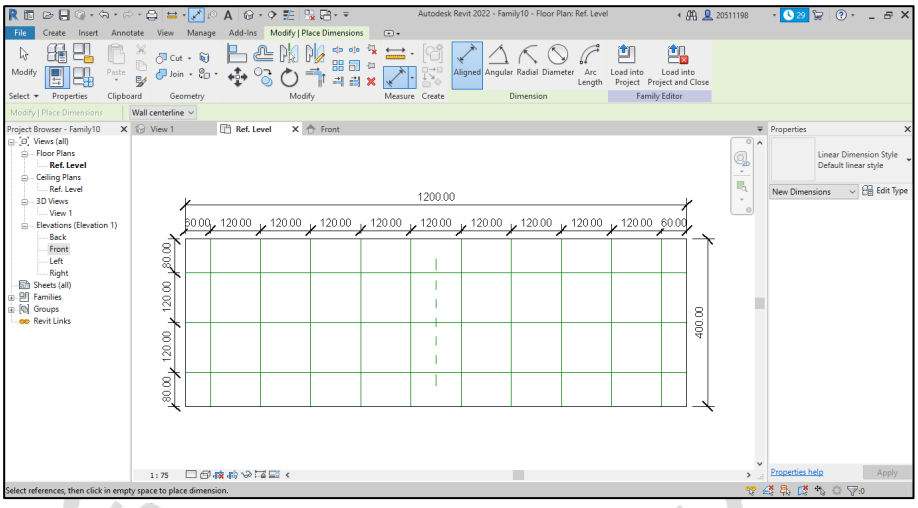
a. Pondasi Tiang Pancang

Menurut panjangnya terdapat 2 jenis pondasi tiang pancang yang digunakan pada proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji, yaitu 33 meter untuk pondasi jembatan dan 11 meter untuk pondasi dinding penahan tanah. Untuk membuat *family* baru klik *toolbar file* kemudian *new family* dan memilih *family tamplate metric structural fondation*. Memastikan kembali satuan yang digunakan telah sesuai acuan gambar pada *toolbar manage project units*.

Membuat *reference line* sebagai garis pandu dalam permodelan *family*. Pada *toolbar* klik *create reference line*, membuat *reference line* sesuai dimensi *pile cap* dan pondasi tiang pancang pada Gambar 5.7 berikut.

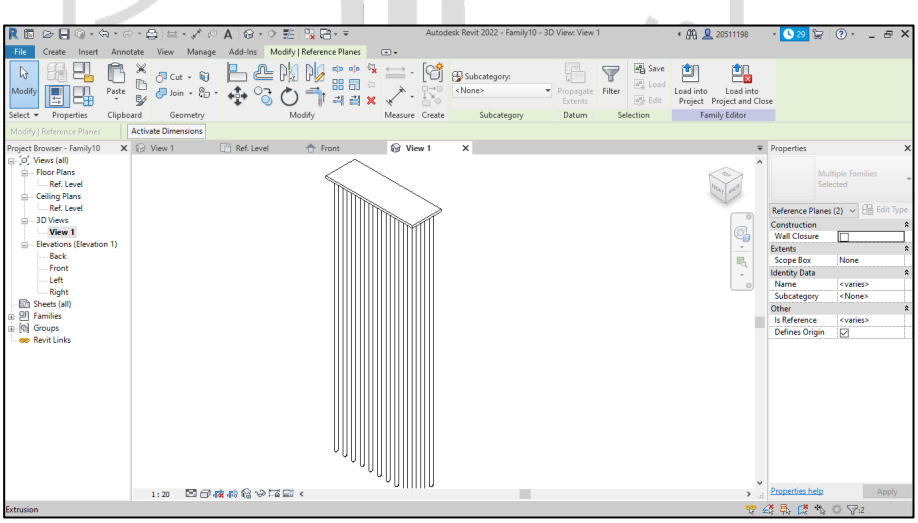


Gambar 5.7 *Dimensi Pile Cap* dan Pondasi Tiang

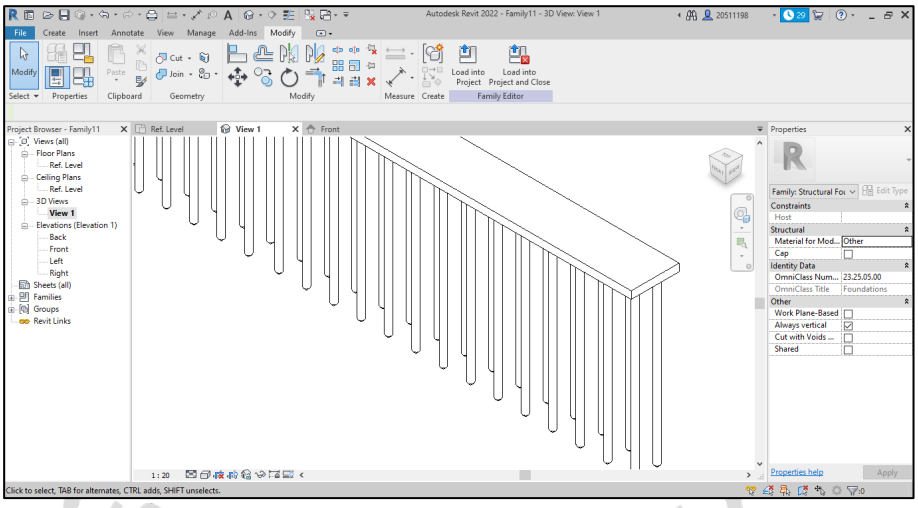


Gambar 5.8 *Referance Line* Dimensi *Pile Cap* Pondasi Tiang

Untuk membuat bentuk *family pile cap* klik *exruction* pada *toolbar create* membuat bentuk dengan panjang 11 meter dan 33 meter sesuai gambar detail pondasi pada *Detailed Engineering Desain* (DED). Untuk membuat bentuk pondasi tiang menggunakan *tools revolve* dan mengatur *tab work plan* sesuai *reference line* yang telah dibuat.

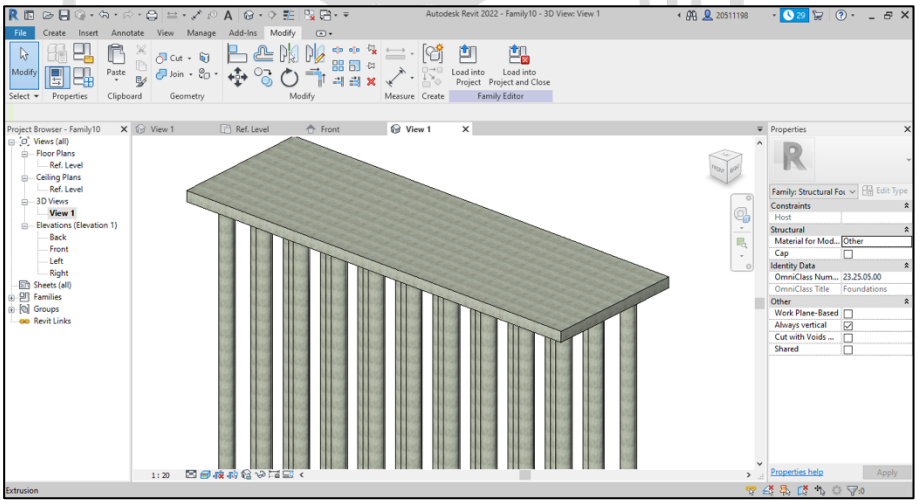


Gambar 5.9 Bentuk *Family* Pondasi Tiang Abutment (33 meter)

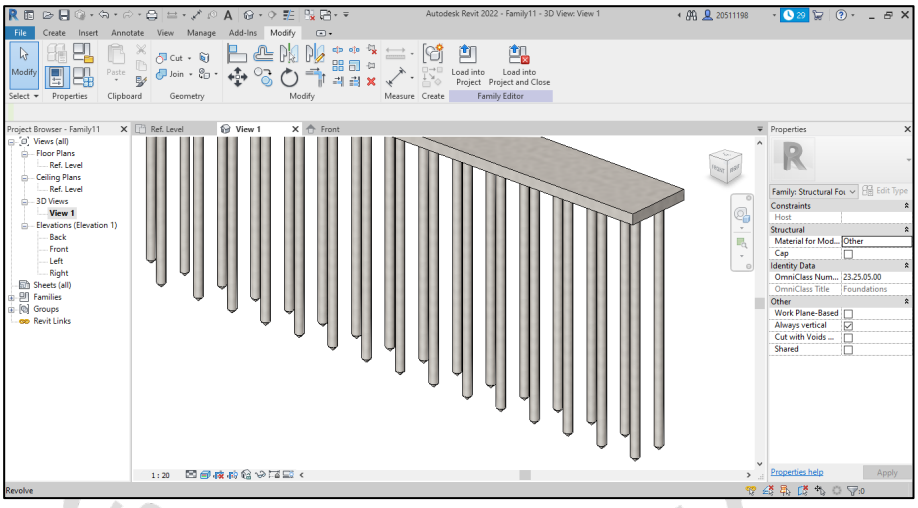


Gambar 5.10 Bentuk *Family* Pondasi Tiang DPT (11 meter)

Membuat bentuk *pile cap* dan pondasi tiang, kemudian mengatur *material surface* yang dgunakan pada menu *properties materials and finishes*. Menympan komponen *family* klik *File Save As* dengan tipe *family files* (.rfa).



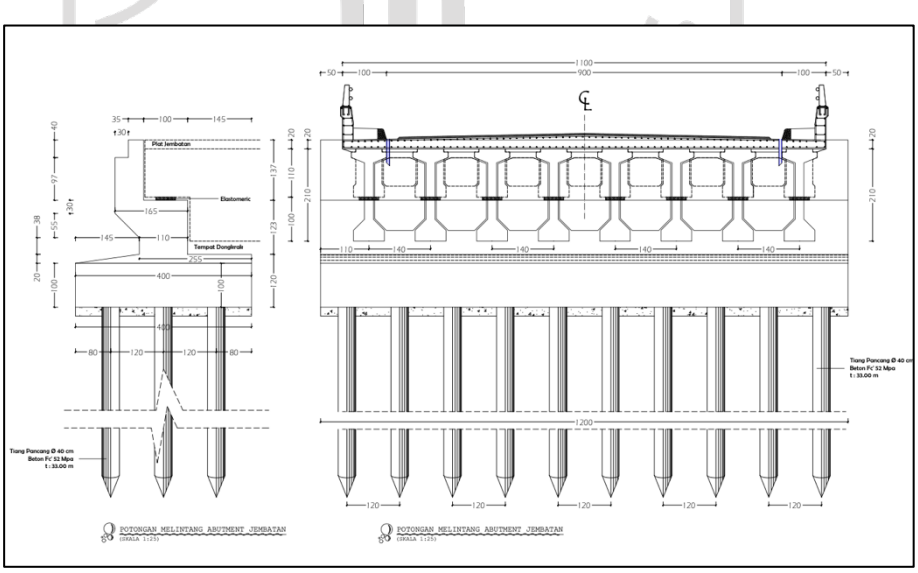
Gambar 5.11 Hasil Permodelan *Family* Pondasi Tiang Abutment



Gambar 5.12 Hasil Permodelan *Family* Pondasi Tiang DPT

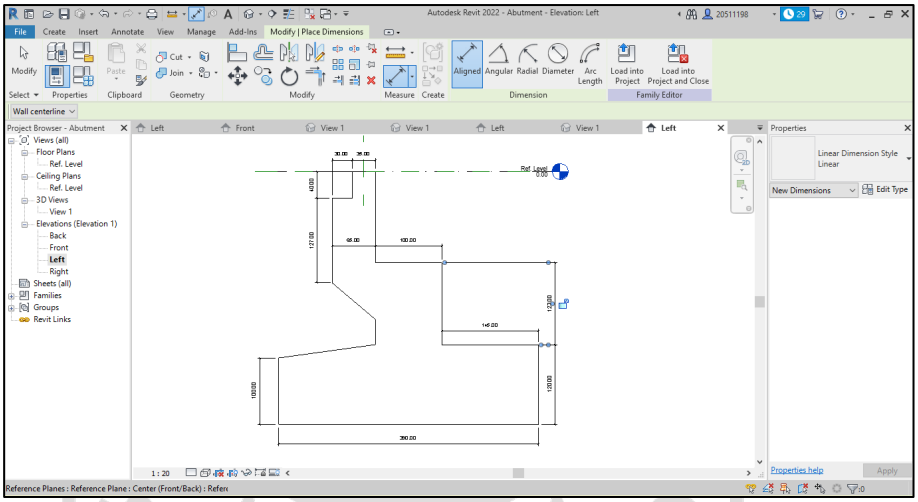
b. Abutment

Pada proyek Jembatan Perning Kloji, terdapat 2 abutment yang digunakan yaitu pada sisi barat (arah Jetis/Mojokerto) dan timur (arah Surabaya) dengan bentuk dan dimensi yang sama dapat dilihat pada detail abutment Gambar 5.13 berikut.



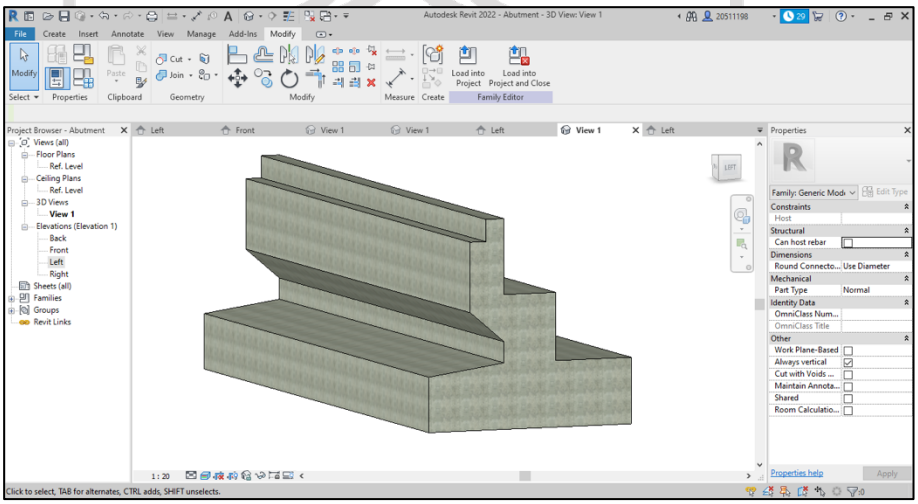
Gambar 5.13 Detail Abutment Jembatan

Membuat *reference line* sebagai garis pandu permodelan *family* abutment. Pada *toolbar* klik *create reference line*, membuat *reference line* sesuai dimensi abutment untuk sisi melintang dan memanjang.



Gambar 5.14 Bentuk *Family* Abutment

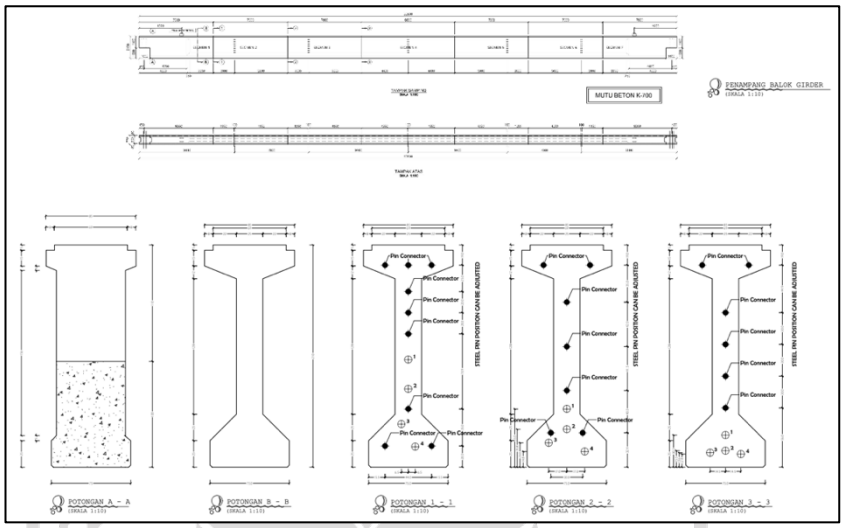
Klik *exruction* pada *toolbar create*, selanjutnya membuat bentuk abutment dengan mengikuti *reference line* yang telah dibuat. Mengatur material *surface concrete* yang dgunakan pada menu *properties materials and finishes*.



Gambar 5.15 Hasil Permodelan *Family* Abutment

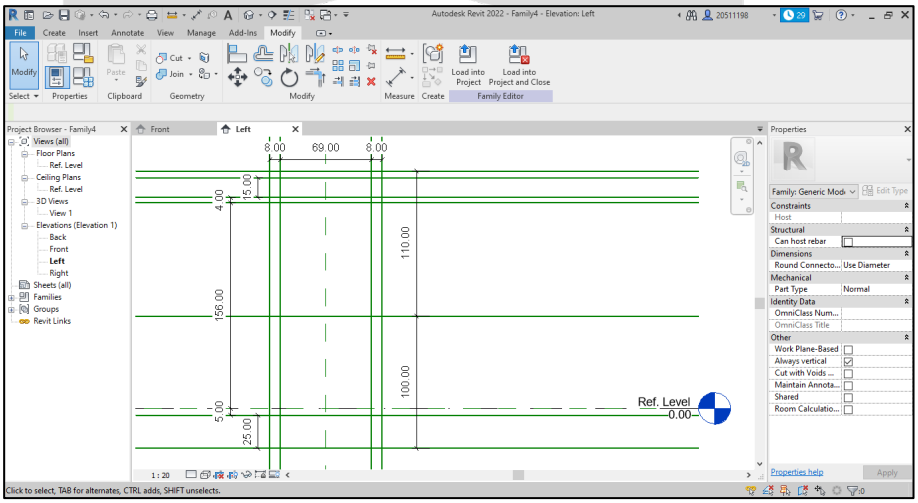
c. Balok PCI *Girder*

Balok PCI *girder* yang digunakan panjang 50 meter yang dibagi atas 7 segmen. Pada proyek akan digunakan 8 bentang balok PCI *girder* dengan dimensi dan tipe yang sama, dapat dilihat pada Gambar 5.16.



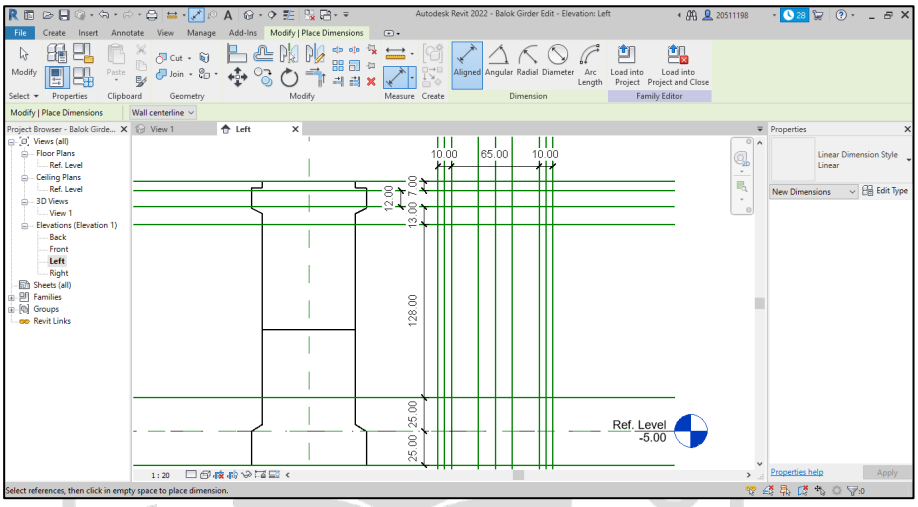
Gambar 5.16 Detail Potongan Balok PCI *Girder*

Membuat *reference line* sebagai garis pandu permodelan *family*. Pada *toolbar* klik *create reference line*, membuat *reference line* sesuai dimensi balok PCI *girder* untuk setiap segmen.

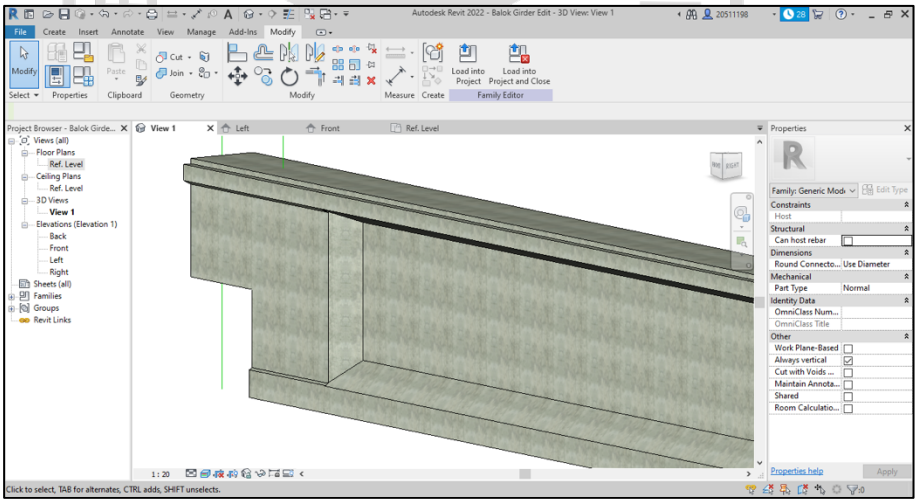


Gambar 5.17 *Referance Line* Dimensi Balok PCI *Girder*

Membuat bentuk balok PCI *girder*, klik *exruction* pada *toolbar create*, lalu membuat bentuk mengikuti *reference line* yang telah dibuat. Mengatur material *surface concrete* digunakan pada menu *properties materials and finishes*.



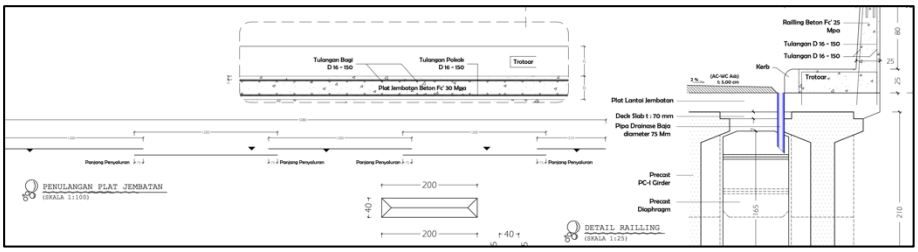
Gambar 5.18 Bentuk *Family* Balok PCI *Girder*



Gambar 5.19 Hasil Permodelan *Family* Balok PCI *Girder*

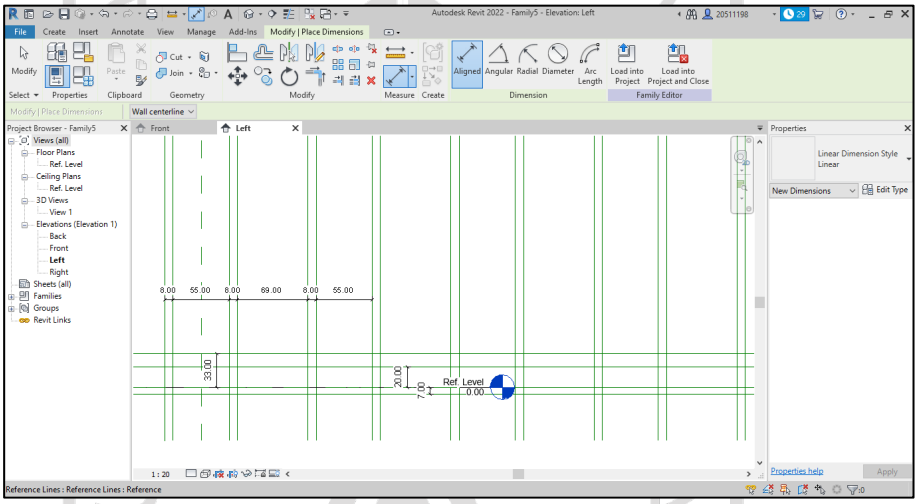
d. *Deckslab* dan Plat Lantai

Menurut data *desckslab* jembatan memiliki tebal 70 mm dan plat lantai jembatan pada ketebalan minimum 20 mm dan ketebalan maksimum 33 mm dengan detail dimensi pada Gambar 5.20.



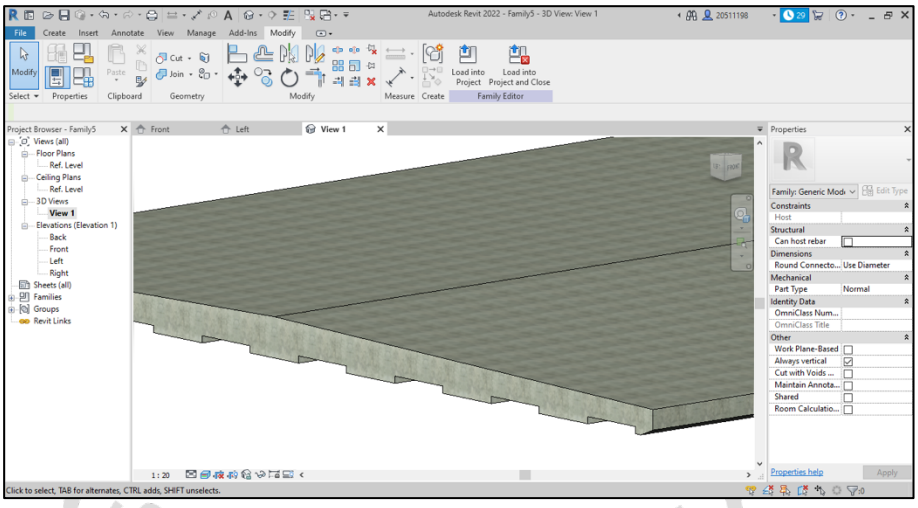
Gambar 5.20 Detail Potongan *Deckslab* dan Plat Lantai Jembatan

Membuat *reference line* sebagai garis pandu bentuk *family*. Pada *toolbar* klik *create reference line*, membuat *reference line* sesuai dimensi penampang dan ketebalan *deckslab* dan plat lantai jembatan.



Gambar 5.21 *Referance Line* Dimensi *Deckslab* dan Plat Lantai

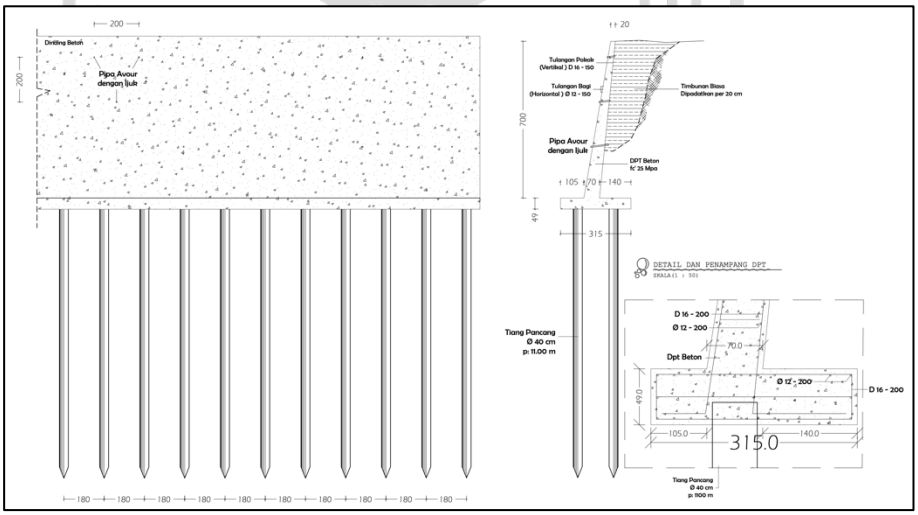
Membuat bentuk *deckslab* dan plat lantai jembatan, klik *exruction* pada *toolbar create*, lalu membuat bentuk mengikuti *reference line* yang telah dibuat. Mengatur *material surface concrete* yang digunakan pada menu *properties materials and finishes*.



Gambar 5.22 Hasil Permodelan *Family Deckslab* dan Plat Lantai

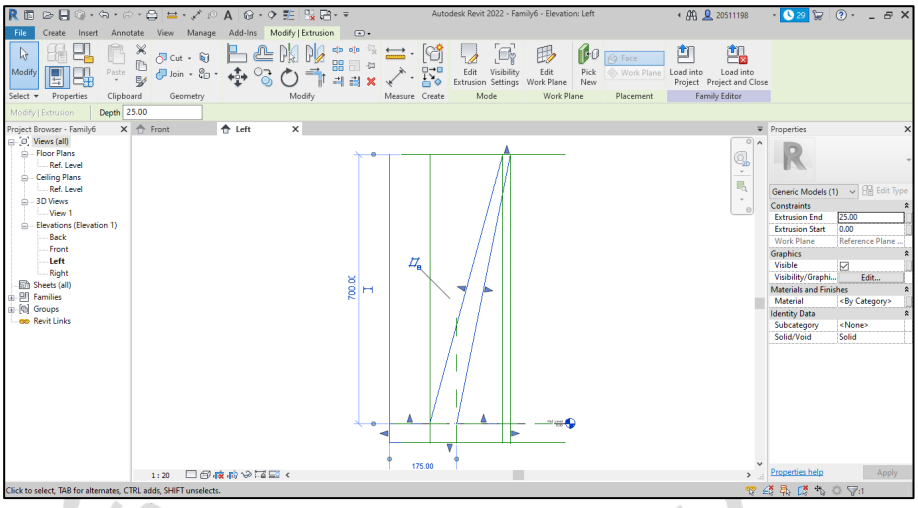
e. Dinding Penahan Tanah

Dinding penahan tanah dibuat pada daerah dinding tebung tinggi 7 meter sungai sisi selatan dengan panjang 50 meter. Dimensi DPT dapat dilihat pada Gambar 5.23.



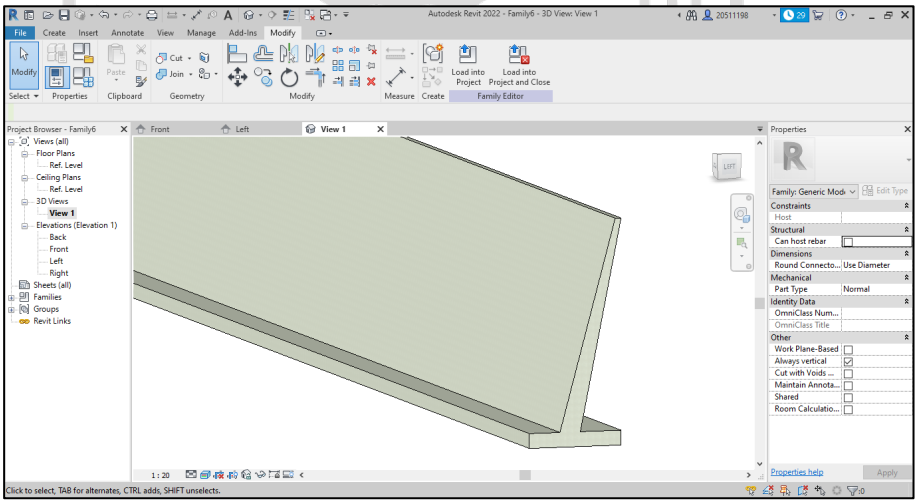
Gambar 5.23 Detail Dinding Penahan Tanah

Membuat *reference line* sebagai garis pandu permodelan *family* DPT. Pada *toolbar* klik *create reference line*, membuat *reference line* sesuai dimensi penampang dan tinggi balok DPT.



Gambar 5.24 *Referance Line* Dimensi Dinding Penahan Tanah

Membuat bentuk dinding penahan tanah, klik *exruction* pada *toolbar create*, lalu membuat bentuk mengikuti *reference line* yang telah dibuat. Mengatur material *surface concrete* yang digunakan pada menu *properties materials and finishes*.

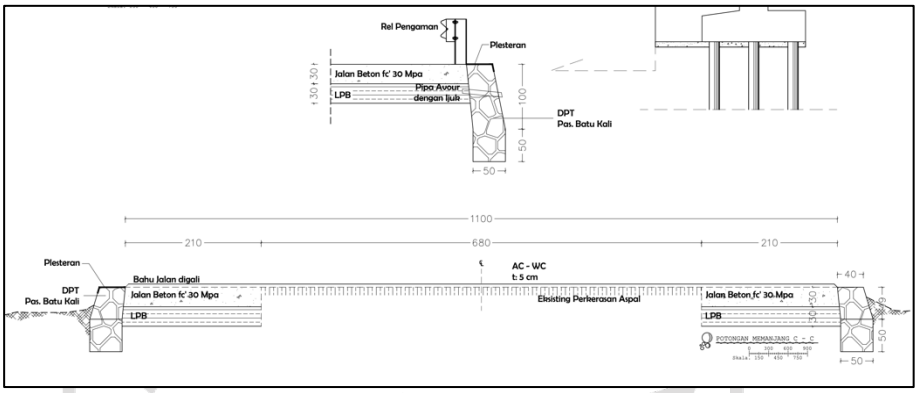


Gambar 5.25 Hasil Permodelan *Family* Dinding Penahan Tanah

f. Pasangan Batu Kali

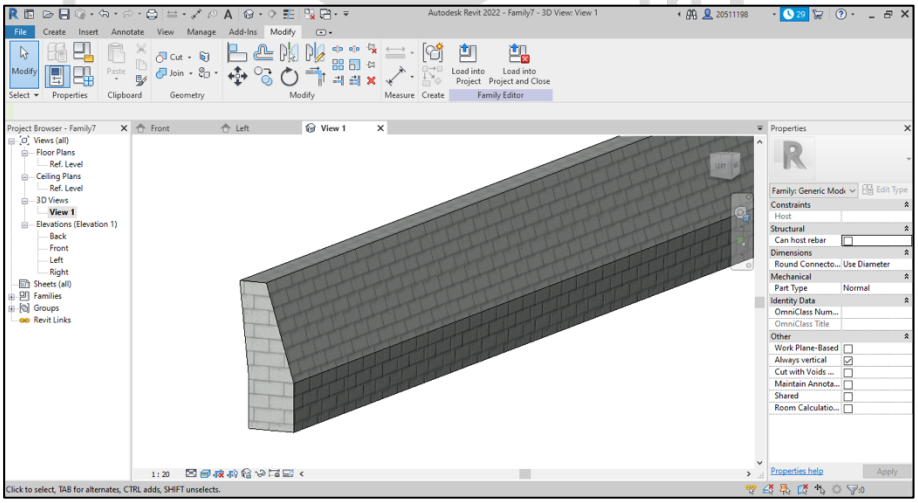
Pasangan batu kali dipasang pada bagian dalam abutment dan sisi sepanjang jalan untuk pembuatan bahu jalan. Membuat *reference line*

sebagai garis pandu permodelan *family* pasangan batu kali. *Reference line* dibuat sesuai dimensi pasangan batu kali dengan panjang 25 meter.



Gambar 5.26 Detail Penampang Pasangan Batu Kali

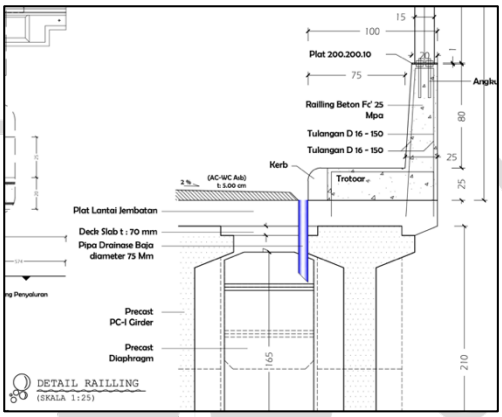
Membuat bentuk pasangan batu kali, klik *exruction* pada *toolbar create*, lalu membuat bentuk mengikuti *reference line*. Mengatur *material surface stone* untuk batu kali pada menu *properties materials and finishes*.



Gambar 5.27 Hasil Permodelan *Family* Pasangan Batu Kali

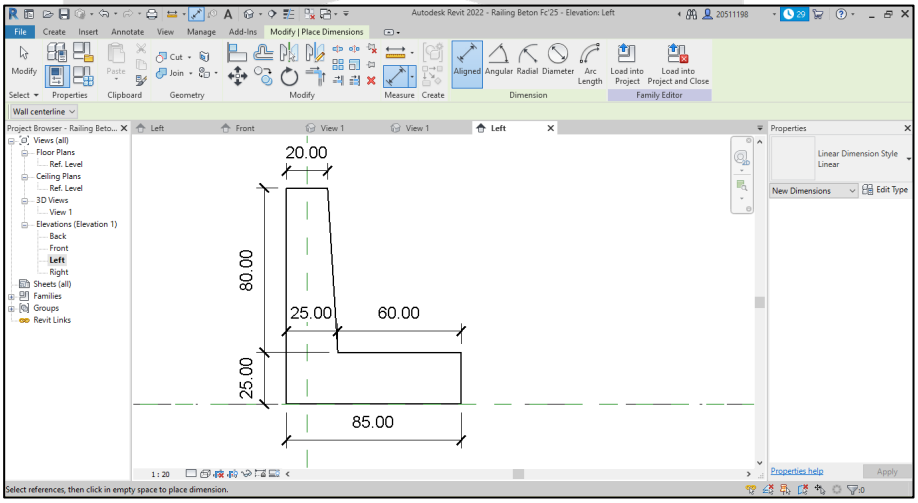
g. Trotoar dan *Railing* Beton

Pada proyek jembatan ini, pembuatan trotoar dan *railing* beton dilakukan dalam satu komponen. Hal ini karena penulangan pada *railing* menyambung pada trotoar, dengan dimensi sesuai pada Gambar 5.28.

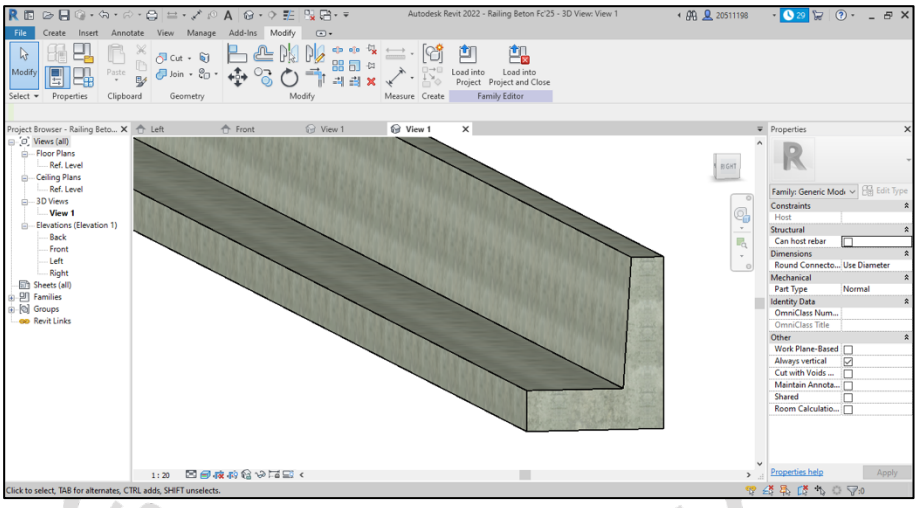


Gambar 5.28 Detail Dimensi Trotoar dan Railing Beton

Membuat *reference line* sebagai garis pandu permodelan *family* trotoar dan *railing* beton. Kemudian membuat bentuk pasangan batu kali, klik *exruction* pada *toolbar create*, lalu membuat bentuk mengikuti *reference line*. Mengatur material *surface concrete* untuk beton pada menu *properties materials and finishes*.



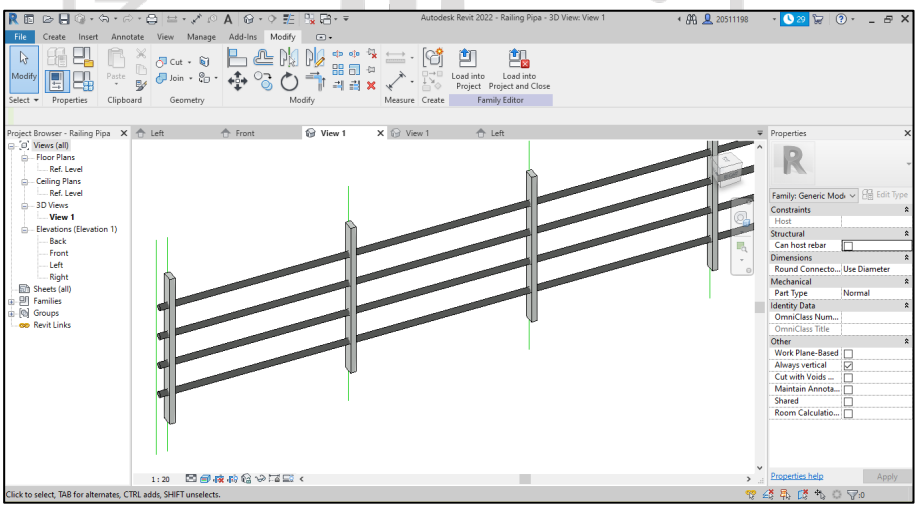
Gambar 5.29 *Referance Line* Dimensi Trotoar dan *Railing* Beton



Gambar 5.30 Hasil Permodelan *Family* Trotoar dan *Railing* Beton

h. *Railing* Pipa Galvanis

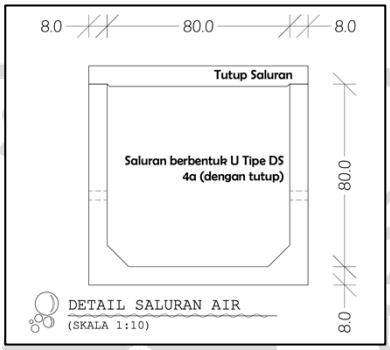
Dengan metode yang sama, untuk membuat family railing pipa galvanis dengan panjang 50 meter dengan menggunakan *reference line* sebagai garis pandu dan membuat bentuk railing menggunakan *exruction* pada *toolbar create*. Mengatur material *surface* pada menu *properties materials and finishes*.



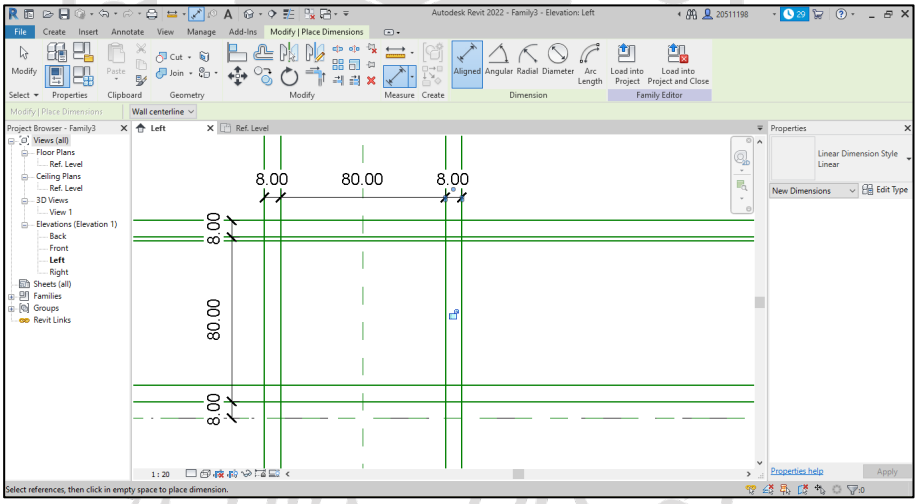
Gambar 5.31 Hasil Permodelan *Family Railing* Pipa Galvanis

i. Saluran Drainase

Membuat *family* saluran drainase berbentuk U dengan tipe DS 4a ukuran 96 cm x 96 cm. Membuat *reference line* sebagai garis pandu permodelan *family* saluran drainase sesuai dengan dimensi penampang pada Gambar 5.32.

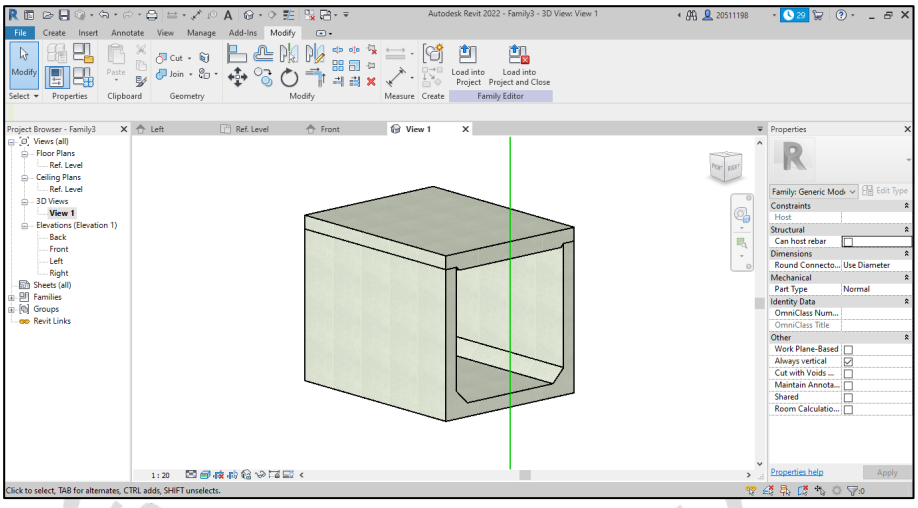


Gambar 5.32 Detail Dimensi Penampang Saluran Drainase



Gambar 5.33 *Reference Line* Dimensi Saluran Drainase

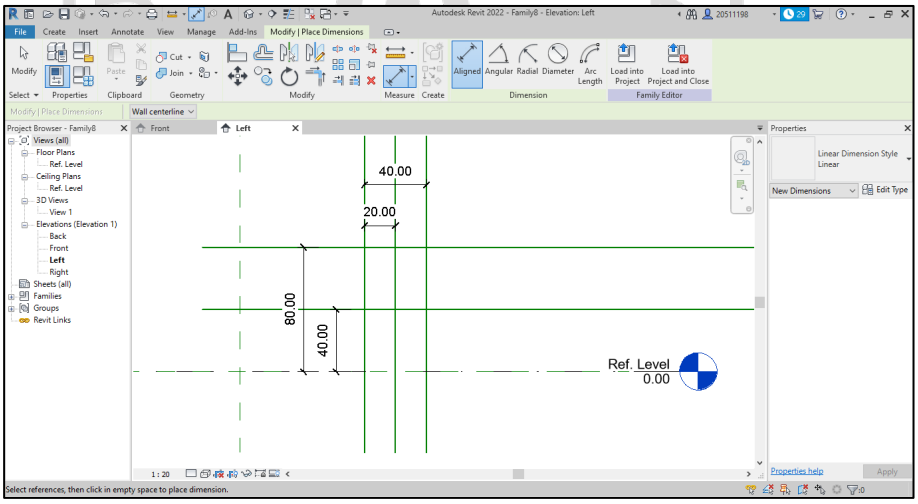
Membuat bentuk drainase dengan tutup, klik *exruction* pada *toolbar create*, lalu membuat bentuk mengikuti *reference line*. Mengatur material *surface concrete precast* untuk beton pada menu *properties materials and finishes*.



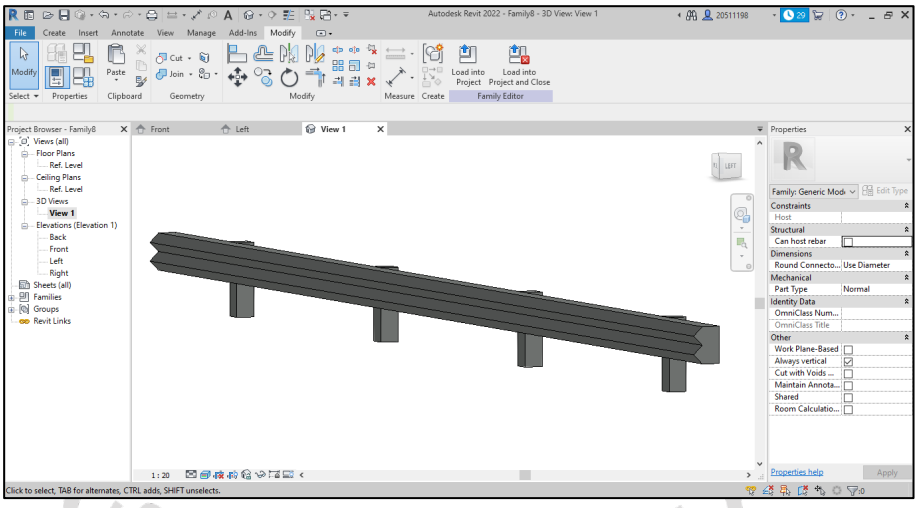
Gambar 5.34 Hasil Permodelan *Family* Saluran Drainase

j. Rel Pengaman Jalan

Rel pengaman jalan dipasang pada bahu jalan dengan panjang 15 meter. Membuat *reference line* sebagai garis pandu dalam membuat bentuk *family* rel pengaman jalan. Kemudian membuat *family* dengan klik *exruction* pada *toolbar create*, lalu membuat bentuk mengikuti *reference line*. Mengatur material *surface steel* untuk bahan baja pada menu *eroperties materials and finishes*.



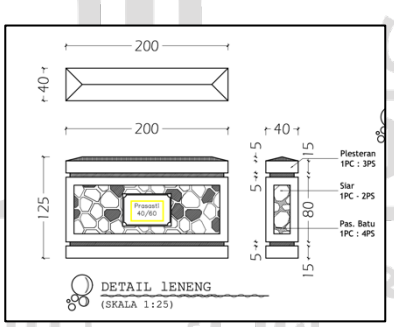
Gambar 5.35 *Reference Line* Dimensi Rel Pengaman Jalan



Gambar 5.36 Hasil Permodelan *Family* Rel Pengaman Jalan

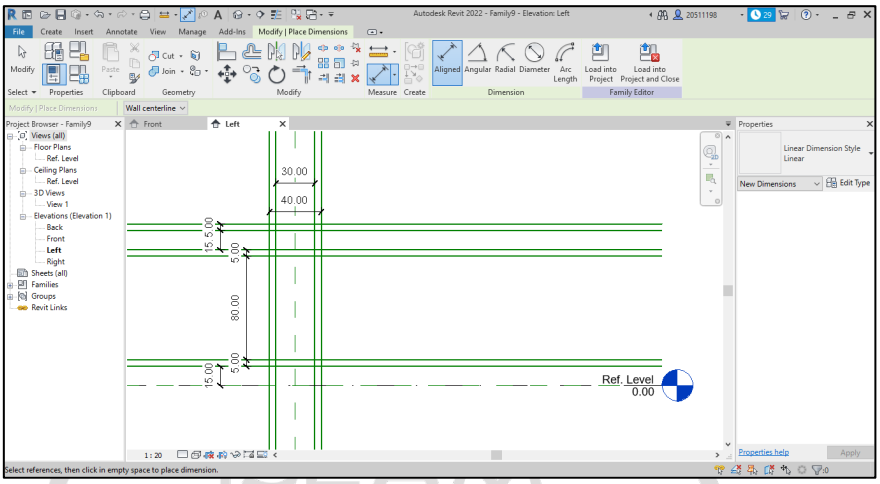
k. Pagar Leneng

Membuat komponen pagar leneng jembatan dengan menyesuaikan dimensi penampang sesuai pada detail gambar rencana. Pagar leneng akan dipasang pada 4 sisi jembatan dengan tipe dan dimensi yang sama seperti pada Gambar 5.37.

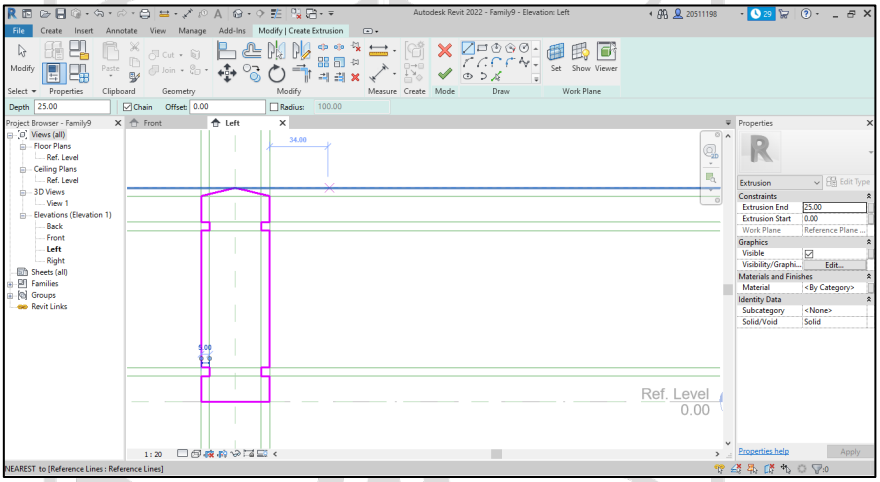


Gambar 5.37 Detail Dimensi Pagar Leneng

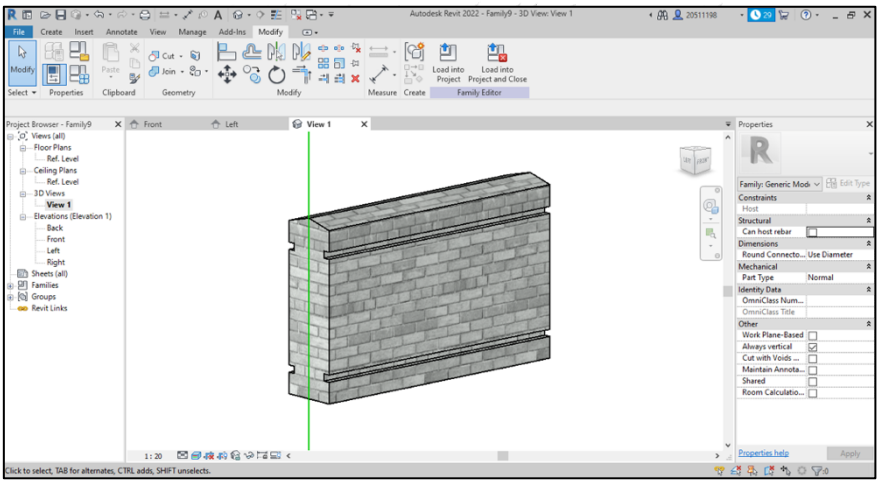
Membuat *reference line* sebagai garis pandu *family* untuk pagar leneng. Kemudian membuat *exruction* pada *toolbar create* mengikuti dimensi pada bentuk *reference line*. Mengatur material *surface* yang digunakan *stone* untuk batu pada menu *properties materials and finishes*.



Gambar 5.38 *Referance Line* Dimensi Pagar Leneng

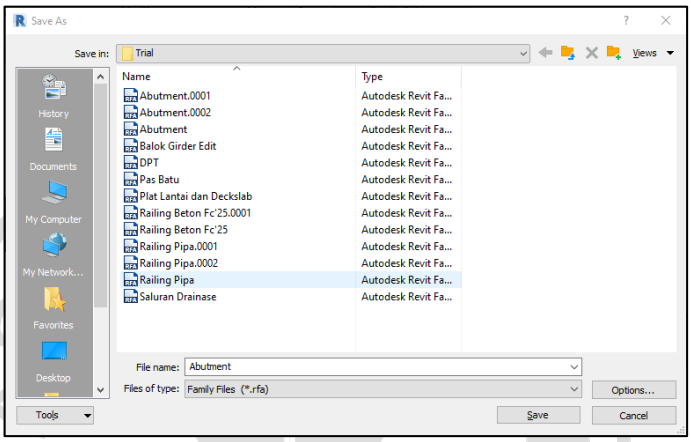


Gambar 5.39 Membuat Bentuk Pagar Leneng



Gambar 5.40 Hasil Permodelan *Family* Pagar Leneng

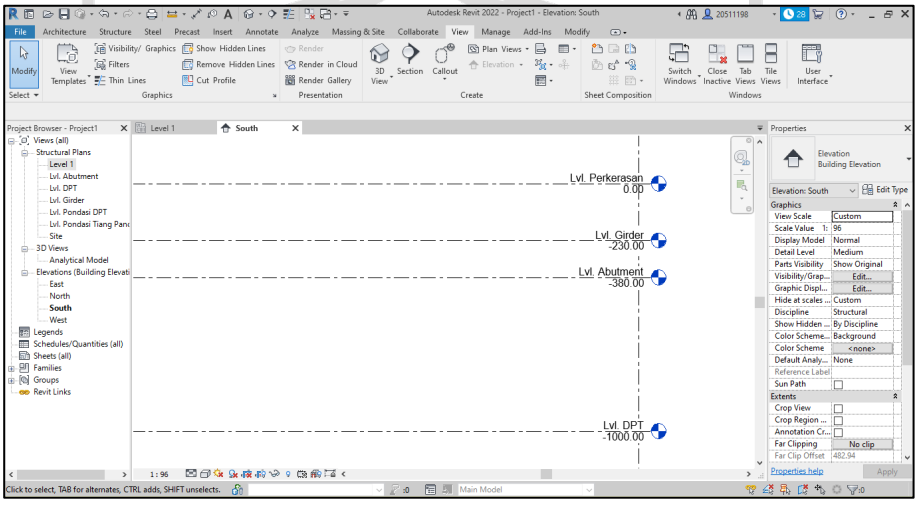
Setelah pembuatan komponen *family* untuk setiap komponen pekerjaan khusus selesai, menyimpan komponen *family* pada folder Autodesk Revit RVT *family tamplate* dengan *format Family Files* (.rfa).



Gambar 5.41 Menyimpan Hasil Komponen *Family*

5. Membuat *Grid Line* dan garis elevasi

Grid line dan garis elevasi digunakan sebagai garis bantu dalam menyesuaikan tata letak dan jarak antar komponen bangunan yang akan dilakukan permodelan. Pembuatan *grid line* dan garis elevasi pada *project* menggunakan acuan data *Detailed Engineering Desain* (DED) proyek dapat dilihat pada Gambar 5.42.



Gambar 5.42 Membuat Garis Elevasi

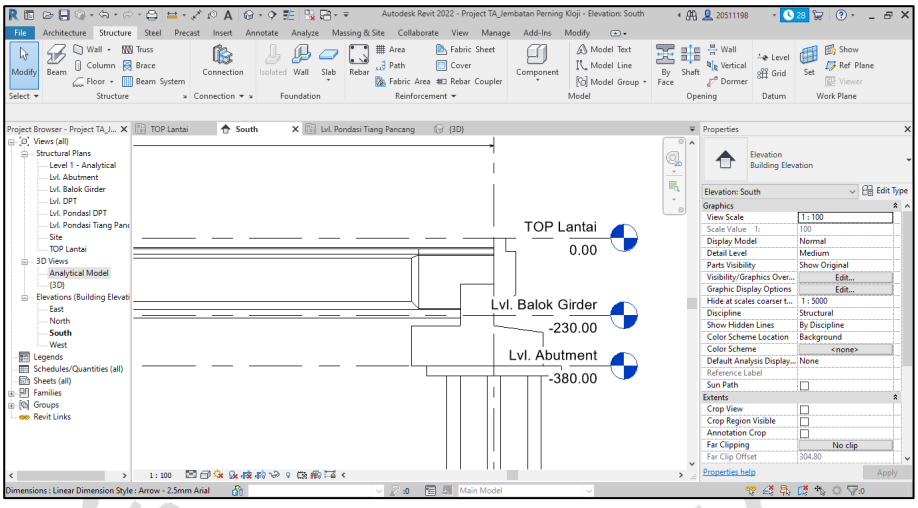
Membuat *grid line* pada tab *project browser site view* klik *toolbar menu structure* klik pada *tools grid*. Selanjutnya membuat *grid line* sesuai dengan as dan jarak dari dimensi jembatan dengan mengatur nama dari setiap grid yang telah dibuat. Membuat garis elevasi pada tab project browser view elevations south klik *toolbar menu structure* klik pada *tools grid* dan membuat garis elevasi sesuai dengan level kedalaman dari elemen pekerjaan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

Tabel 5.1 Level Elevasi

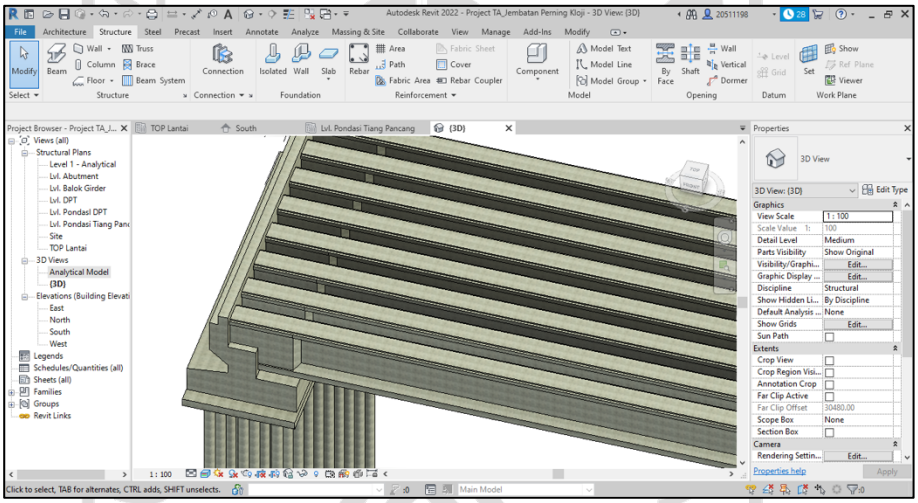
No.	Garis Elevasi	Level Kedalaman (m)
1.	Level Plat Lantai	0.00
2.	Level Balok Girder	-2,30
3.	Level Abutment	-3,80
4.	Level Dinding Penahan Tanah	-10,00
5.	Level Pondasi DPT	-21,00
6.	Level Pondasi Tiang Pancang	-36,80

6. Permodelan 3D Jembatan

Permodelan bangunan jembatan dalam bentuk 3D dilakukan dengan menggabungkan komponen *family* yang telah dibuat sebelumnya, dari komponen pada level elevasi 0.00 hingga elevasi paling bawah. Memanggil komponen *family*, menggunakan *toolbar structure component* dan memilih *place a component* klik *load family* akan muncul tab *load family* pada folder penyimpanan. Memilih *family* yang akan digunakan dan mengatur *level placement* pada menu *properties family*. Melakukan permodelan pada struktur bawah yaitu abutment, balok PCI *girder* dan pondasi tiang pancang untuk abutment dengan kedalaman 11 meter masing-masing diatur pada level elevasi sesuai dengan level kedalaman sesuai dengan data DED. Menurut data DED untuk perletakan balok PCI *girder* dengan abutment terdapat bantalan elastomeric, pada permodelan ini bantalan elastomerik dimodelkan langsung pada setiap komponen *family* balok PCI *girder*.

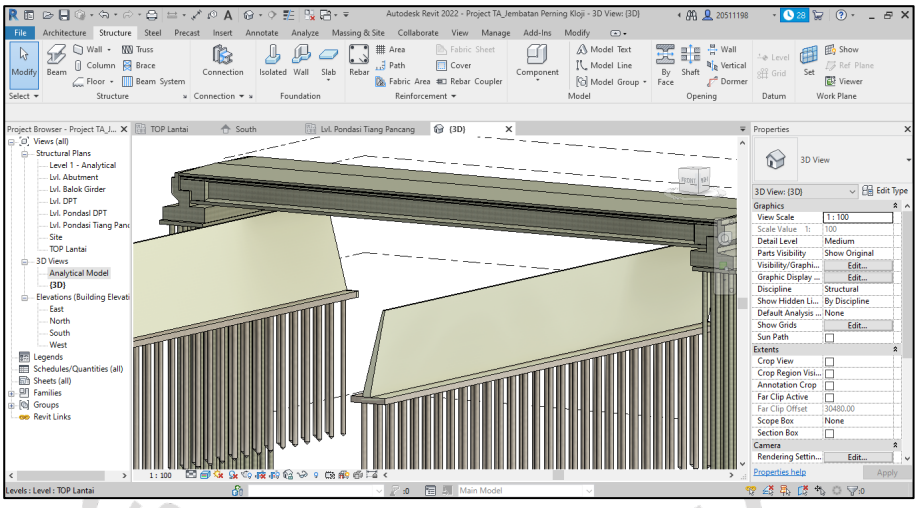


Gambar 5.43 *Properties Level Placement Family*



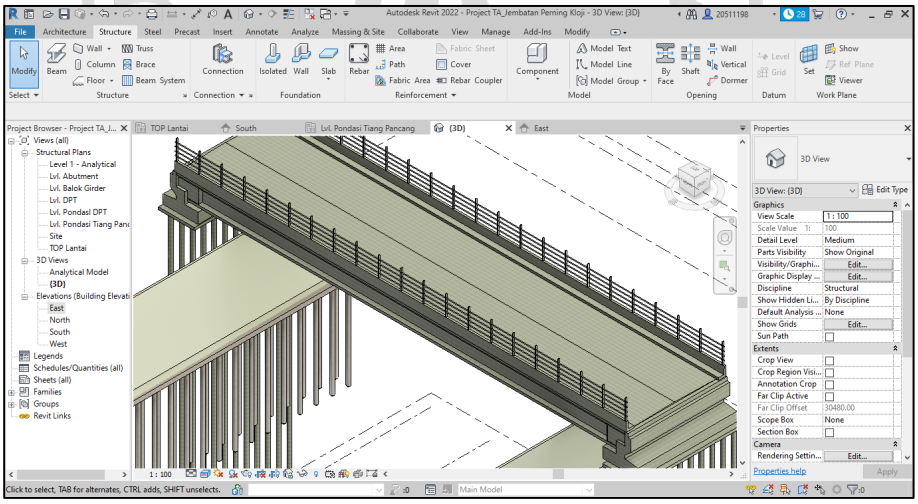
Gambar 5.44 Permodelan Abutment, Balok PCI *Girder*, Pondasi Tiang

Membuat permodelan dinding penahan tanah, menurut data DED dinding penahan tanah berada 6,5 meter untuk sisi barat (arah Jetis/Mojokerto) dan 4,5 meter untuk sisi timur (arah Surabaya) dari sisi dalam abutment. Memanggil komponen *family* dan mengatur *level placement* pada menu *properties family* sesuai level elevasi.

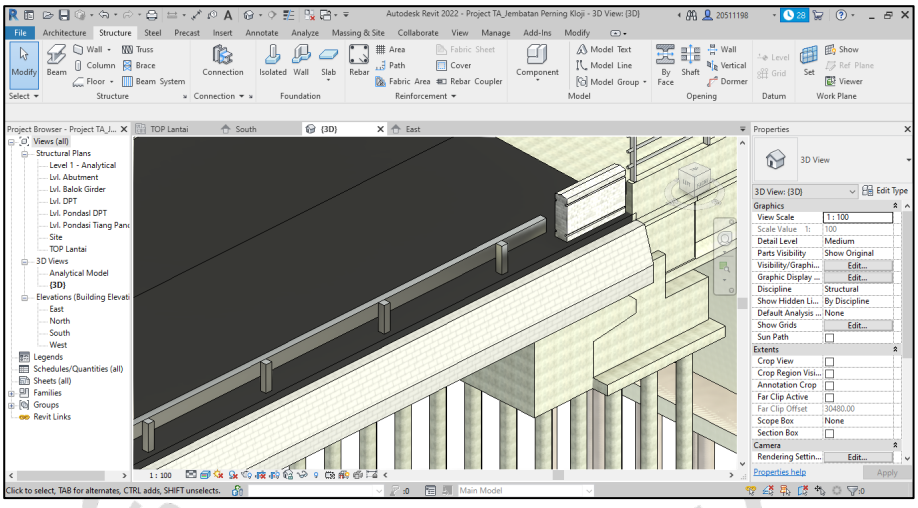


Gambar 5.45 Permodelan Dinding Penahan Tanah

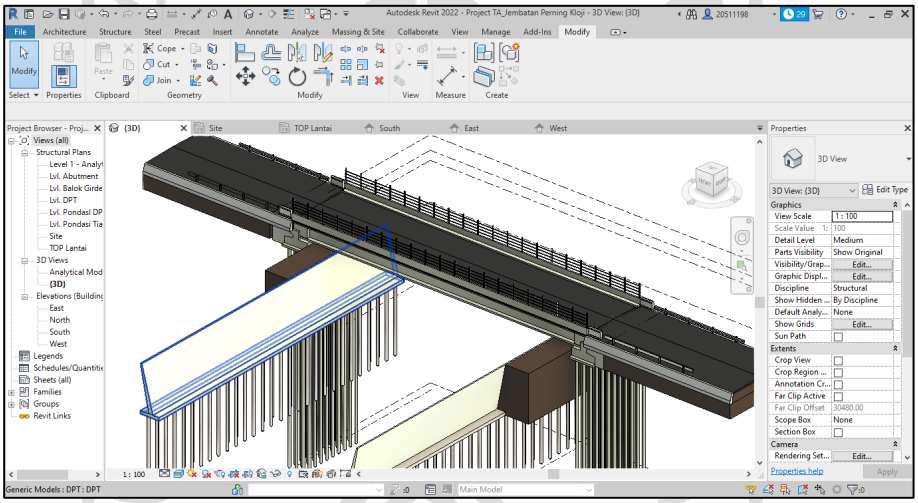
Membuat permodelan *deckslab*, plat lantai, dan komponen lain-lain *deckslab* dan plat lantai jembatan terletal pada *level placement* plat lantai 0.00. kemudian melakukan permodelan untuk komponen lain-lain seperti *wingwall*, perkerasan jalan, trotoar dan railing beton, railing pipa galvanis, DPT pasangan batu *optride*, pagar leneng, dan rel pengaman. Melakukan permodelan menggunakan komponen family dilakukan sesuai grid line dan level elevasi menggunakan acuan data DED proyek.



Gambar 5.46 Permodelan *Deckslab* dan Plat Lantai Jembatan



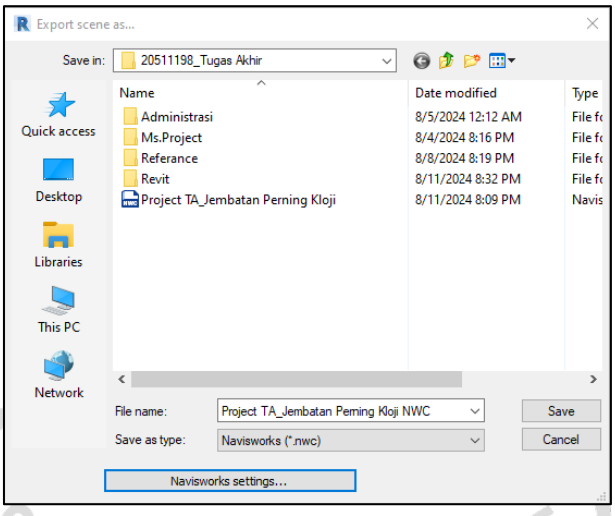
Gambar 5.47 Permodelan Komponen Pendukung



Gambar 5.48 Permodelan Bangunan Jembatan

7. Menyimpan Hasil Permodelan

Setelah permodelan 3D pada Revit selesai, mengeksport file dengan menggunakan format (.nwc) agar dapat diinput dalam Autodesk Naviswork. Pada Autodesk Revit secara *build in* belum tersedia *tools exsport* file menggunakan format (.nwc), sehingga diperlukan instalasi Autodesk Naviswork Exporters dari Autodesk.com terlebih dahulu.



Gambar 5.49 *Export* File Autodesk Revit (.nwc)

5.3. Analisis Data untuk Penjadwalan

Untuk memperoleh hasil rancangan penjadwalan dengan format (.mpp), berikut urutan langkah-langkah dalam analisis penjadwalan menggunakan perangkat lunak Microsoft Project.

1. Membuka Perangkat Lunak Microsoft Project

   Membuka perangkat lunak Microsoft Project, pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak Microsoft Project 2019 *Profesional Edition*.

2. Mengatur Jam Kerja dan Hari Libur Nasional

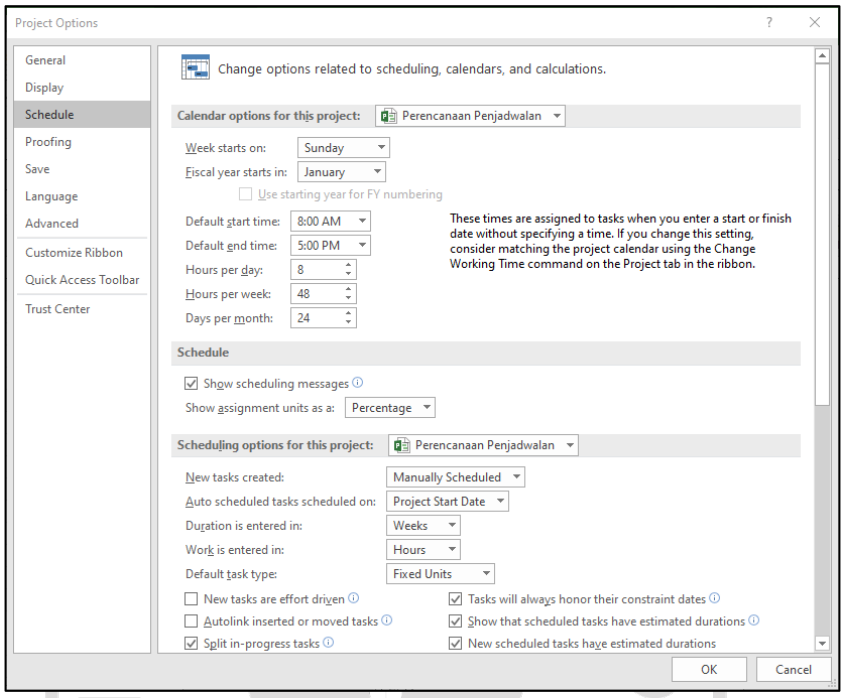
   Pada *toolbar* klik menu "*project"* kemudian klik *change working time* dan *project option*. Mengatur waktu kerja dengan ketentuan sebagai berikut.

   Mengatur *calendar option*,

   a. *Week starts on* : *Sunday*
   b. *Fiscal year starts in* : *January*
   c. *Default start time* : 8.00 AM atau 08.00
   d. *Default end time* : 5.00 PM atau 17.00
   e. *Hours per day* : 8 jam
   f. *Hours per week* : 55 jam (7 hari kerja)
   g. *Days per month* : 30 hari

   Mengatur *scheduling option*,

   a. *Duration is entered in* : *Weeks*
   b. *Work is entered in* : *Hours*
   c. *Default tast type* : *Fixed units*



Gambar 5.50 Mengatur *Project Options*

Kemudian klik "*ok*". Kembali pada *tab change working time* dan mengatur hari libur nasional. Pada penelitian ini pelaksanaan pada studi kasus proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji dimulai pada tanggal 26 April 2023 untuk pekerjaan divisi 1. Mengatur hari libur nasional mengacu pada kalender hari libur nasional tahun 2023 dimulai pada bulan April 2023 hingga Desember 2023. Data *input* hari libur nasional tahun 2023 pada Tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Hari Libur Nasional 2023

No.	Hari Libur Nasional	Mulai	Akhir
1	Cuti Hari Raya Idul Fitri 1444 Hijriah	21 / 04 / 2023	21 / 04 / 2023
2	Hari Raya Idul Fitri 1444 Hijriah	22 / 04 / 2023	23 / 04 / 2023
3	Cuti Hari Raya Idul Fiti 1444 Hijriah	24 / 04 / 2023	26 / 04 / 2023
4	Cuti Bersama Hari Raya Waisak	02 / 06 / 2023	02 / 06 / 2023
5	Hari Raya Waisak	04 / 06 / 2023	04 / 06 / 2023
6	Hari Raya Idul Adha 1444 Hijriah	29 / 06 /2023	29 / 06 /2023

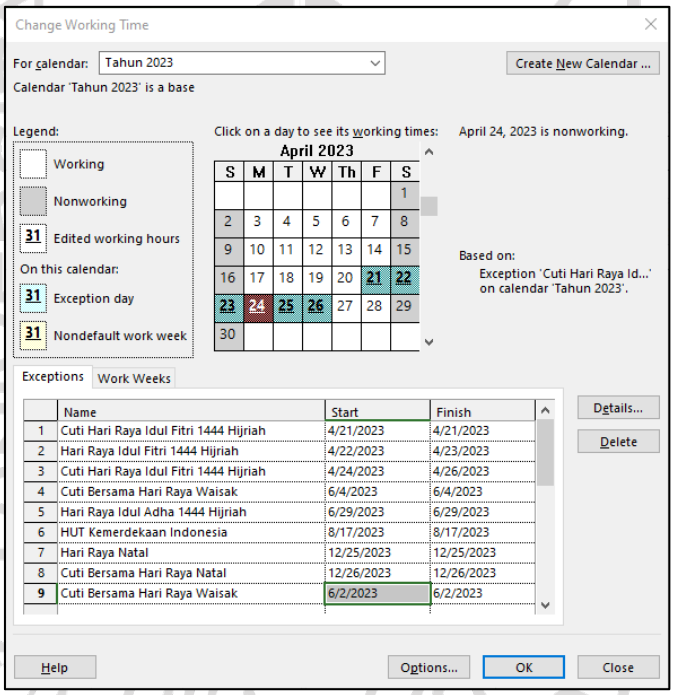
(Sumber: Kalender Libur Nasional dan Cuti Bersama 2023)

Lanjutan Tabel 5.2 Hari Libur Nasional 2023

No.	Hari Libur Nasional	Mulai	Akhir
7	HUT Kemerdekaan Indonesia	17 / 08 / 2023	17 / 08 / 2023
8	Hari Raya Natal	25 / 12 / 2023	25 / 12 / 2023
9	Cuti Bersama Hari Raya Natal	26 / 12 / 2023	26 / 12 / 2023

(Sumber: Kalender Libur Nasional dan Cuti Bersama 2023)

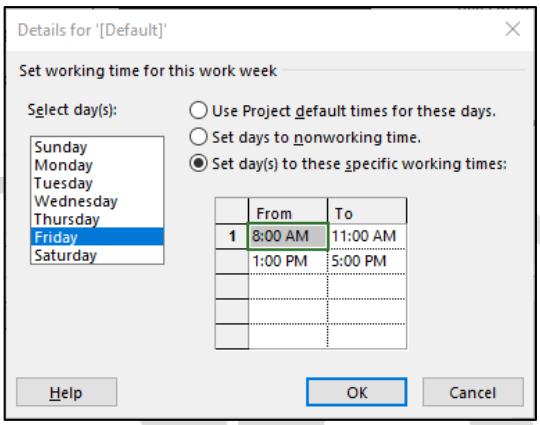
Memasukkan daftar hari libur nasional pada tabel "*Name*" dan tanggal libur pada "*Start*" dan "*Finish*" untuk menu *exceptions* dapat dilihat pada Gambar 5.51 berikut.



Gambar 5.51 Mengatur Hari Libur Nasional

Mengatur jam istirahat kerja per hari pada menu *work weeks*. Menurut hasil wawancara dengan Bapak Ardhi Ramadhani Pramono, S.T. sebagai pemeriksa lapangan dari UPT PJJ Mojokerto DPU Bina Marga proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji, tentang jam kerja lapangan sebagai berikut.

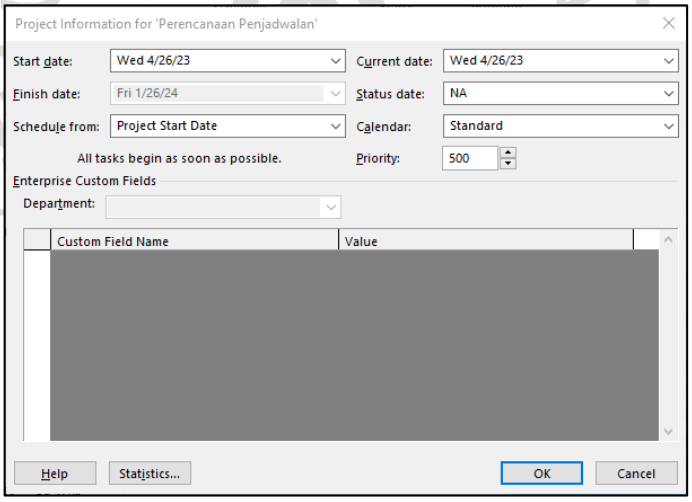
a. Senin - Kamis : 08.00 – 12.00 dan 13.00 – 17.00
b. Jumat : 08.00 – 11.00 dan 13.00 – 17.00
c. Sabtu – Minggu : 08.00 – 12.00 dan 13.00 – 17.00



Gambar 5.52 Mengatur Jam Kerja

3. Mengatur Tanggal Awal Pelaksanaan Proyek

Pada *toolbar* "*project*" klik "*project information*" atur pada *start date working* dan *current date* sesuai waklu pelaksanaan pekerjaan dimulai. Pada penelitian ini tanggal dimulai pelaksanaan proyek dilaksanakan pada 26 April 2023 kilik "*ok*".



Gambar 5.53 Mengatur Tanggal Awal Pelaksanaan

4. *Input* Uraian Pekerjaan

Memasukkan daftar uraian pekerjaan dari data *time schedule* studi kasus proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji (.exe) ke Microsoft Project. Daftar uraian pekerjaan yang dimasukkan pada tabel *task name* sesuai urutan divisi pekerjaan pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Uraian Pekerjaan

No.	Uraian Pekerjaan
1	Pondasi Tiang Pancang Abutment (Timur)
2	Pondasi Tiang Pancang Abutment (Barat)
3	Pondasi Tiang Pancang DPT (Timur)
4	Pondasi Tiang Pancang DPT (Barat)
5	Abutment fc'25 MPa (Timur)
6	Abutment fc'25 MPa (Barat)
7	Wingwall fc'25 MPa (Timur)
8	Wingwall fc'25 MPa (Barat)
9	Dinding Penahan Tanah fc'45 MPa (Timur)
10	Dinding Penahan Tanah fc'45 MPa (Barat)
11	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (1)
12	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (2)
13	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (3)
14	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (4)
15	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (5)
16	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (6)
17	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (7)
18	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (8)
19	Pasangan Batu Optride (Timur)
20	Pasangan Batu Optride (Barat)
21	Penyiapan Badan Jalan (Timur)
22	Penyiapan Badan Jalan (Barat)
23	Deckslab dan Plat Lantai
24	Perkerasan Jalan (Timur)
25	Perkerasan Jalan (Barat)

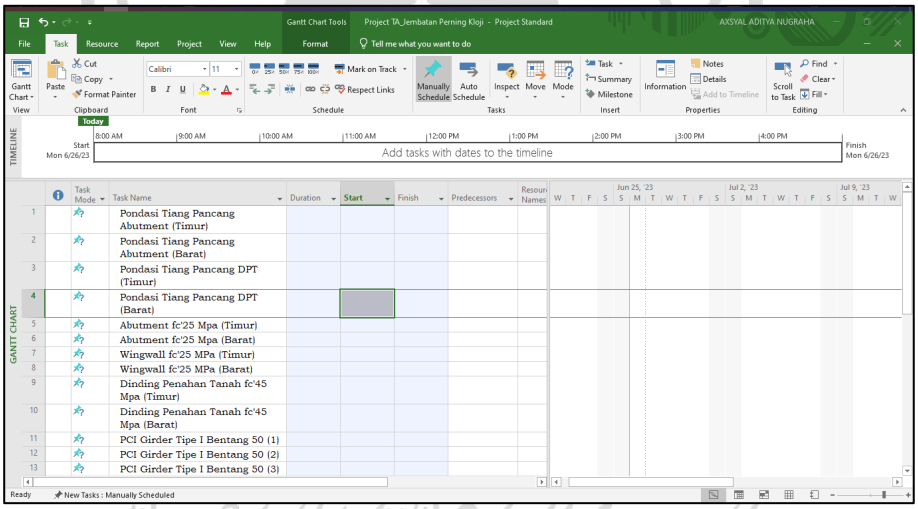
(Sumber: Data Penjadwalan Proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji)

Lanjutan Tabel 5.3 Uraian Pekerjaan

No.	Uraian Pekerjaan
26	Perkerasan Jalan (Jembatan)
27	Trotoar dan Railing Beton fc'30 MPa (Utara)
28	Trotoar dan Railing Beton fc'30 MPa (Selatan)
29	Railing Pipa Galvanis
30	Pagar Leneng
31	Rel Pengaman Jalan (Timur)
32	Rel Pengaman Jalan (Barat)

(Sumber: Data Penjadwalan Proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji)

Input uraian pekerjaan dilakukan pada tabel *task name* dengan urutan yang telah disesuaikan penomoran pada Microsoft Project.



Gambar 5.54 *Input* Uraian Pekerjaan

5. *Input* Durasi Pekerjaan

Memasukkan durasi untuk setiap pekerjaan dari data penelitian *time schedule* proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji (.exe) ke Microsoft Project. Dalam penelitian ini tidak dilakukan perhitungan produktivitas ataupun *resources levelling* pada Microsoft Project dengan batasan pada penerapan konsep teknologi BIM dalam perencanaan penjadwalan proyek. Data durasi pekerjaan yang dimasukkan tidak diubah dari data yang telah didapatkan pada

proyek, namun dengan adanya analisis ulang mengenai uraian pekerjaan yang akan masukkan dalam konektivitas menggunakan model 3D sehingga ada perbedaan dalam uraian pekerjaan. hasil dari analisis penjadwalan yang dilakukan telah dilakukan verifikasi dengan bapak Handi Rizkianto, S.T. selaku ahli pelaksanaan proyek sehingga menguatkan hasil data analisis penjadwalan yang digunakan. Memasukkan data durasi pekerjaan dilakukan pada tabel *duration* sesuai uraian pekerjaan dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Durasi Pekerjaan

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (mg)
1	Pondasi Tiang Pancang Abutment (Timur)	2,5
2	Pondasi Tiang Pancang Abutment (Barat)	2,5
3	Pondasi Tiang Pancang DPT (Timur)	1,5
4	Pondasi Tiang Pancang DPT (Barat)	1,5
5	Abutment fc'25 MPa (Timur)	4
6	Abutment fc'25 MPa (Barat)	4
7	Wingwall fc'25 MPa (Timur)	3
8	Wingwall fc'25 MPa (Barat)	3
9	Dinding Penahan Tanah fc'45 MPa (Timur)	2
10	Dinding Penahan Tanah fc'45 MPa (Barat)	2
11	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (1)	0,88
12	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (2)	0,88
13	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (3)	0,88
14	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (4)	0,88
15	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (5)	0,88
16	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (6)	0,88
17	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (7)	0,88
18	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (8)	0,88
19	Pasangan Batu Optride (Timur)	3
20	Pasangan Batu Optride (Barat)	3
21	Penyiapan Badan Jalan (Timur)	3,5
22	Penyiapan Badan Jalan (Barat)	3,5
23	Deckslab dan Plat Lantai	5

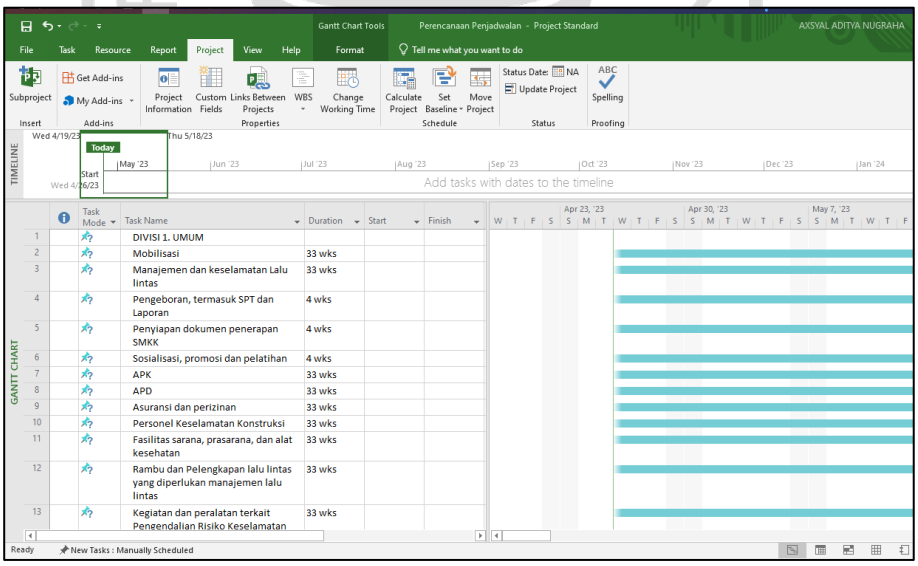
(Sumber: Data Penjadwalan Proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji)

Lanjutan Tabel 5.4 Durasi Pekerjaan

No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (mg)
24	Perkerasan Jalan (Timur)	2,25
25	Perkerasan Jalan (Barat)	2,25
26	Perkerasan Jalan (Jembatan)	4,5
27	Trotoar dan Railing Beton fc'30 MPa (Utara)	1
28	Trotoar dan Railing Beton fc'30 MPa (Selatan)	1
29	Railing Pipa Galvanis	3,7
30	Pagar Leneng	1
31	Rel Pengaman Jalan (Timur)	2
32	Rel Pengaman Jalan (Barat)	2

(Sumber: Data Penjadwalan Proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji)

Memasukkan durasi pekerjaan dilakukan pada tabel *duration* sesuai pekerjaan dengan satuan *wk* atau *wks*.



Gambar 5.55 *Input* Durasi Pekerjaan

6. *Input* Hubungan Keterkaitan Antar Pekerjaan (*Predecessor*)

   Memasukkan hubungan keterkaitan antar pekerjaan (*predecessor*) dalam Microsoft Project terdiri dari *Finish to Start* (FS), *Start to Start* (SS), *Finish to Finish* (FF), dan *Start to Finish* (SF), untuk penjelasan lebih lanjut dapat

dilihat pada BAB III, sub 3.5.3 Penjadwalan mengenai *Precedence Diagram Method* (PDM).

Dalam menentukan predecessor dilakukan analisis keterkaitan antar pekerjaan, yaitu memahami bagaimana setiap pekerjaan saling berkaitan dengan mempertimbangkan urutan logis sesuai metode pelaksanaan pekerjaan. Terdapat pekerjaan yang harus memerlukan hasil dari pekerjaan lain, sehingga atau pekerjaan yang harus dimulai secara bersamaan. Dalam analisis penentuan *predecessor* antar pekerjaan telah dilakukan wawancara dengan bapak Handi selaku tim ahli untuk mekalibrasi dari hasil analisis penjadwalan dengan benar. Hasil dari analisis penentuan keterkaitan antar pekerjaan (predecessor) dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.

Tabel 5.5 Hubungan Keterkaitan Pekerjaan

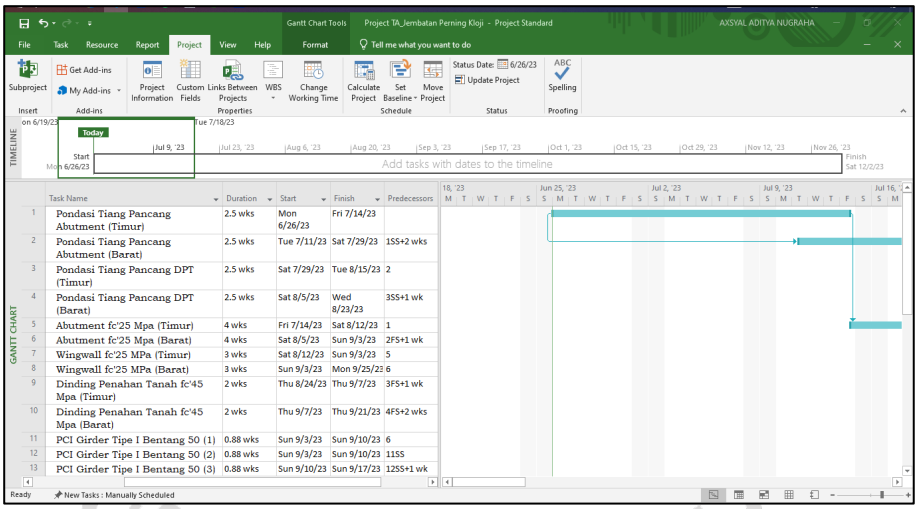
No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (mg)	Predecessor
1	Pondasi Tiang Pancang Abutment (Timur)	2,5	-
2	Pondasi Tiang Pancang Abutment (Barat)	2,5	1ss+2
3	Pondasi Tiang Pancang DPT (Timur)	1,5	2fs
4	Pondasi Tiang Pancang DPT (Barat)	1,5	3ss+1
5	Abutment fc'25 MPa (Timur)	4	1fs
6	Abutment fc'25 MPa (Barat)	4	2fs+1
7	Wingwall fc'25 MPa (Timur)	3	5fs
8	Wingwall fc'25 MPa (Barat)	3	6fs
9	Dinding Penahan Tanah fc'45 MPa (Timur)	2	3fs+1
10	Dinding Penahan Tanah fc'45 MPa (Barat)	2	4fs+2
11	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (1)	0,88	6fs
12	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (2)	0,88	11ss
13	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (3)	0,88	12ss+1
14	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (4)	0,88	13ss+1
15	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (5)	0,88	14ss+1
16	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (6)	0,88	15ss+1
17	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (7)	0,88	16ss+1
18	PCI Girder Time I Bentang 50 meter (8)	0,88	17ff
19	Pasangan Batu Optride (Timur)	3	7ss+1

Lanjutan Tabel 5.5 Hubungan Keterkaitan Pekerjaan

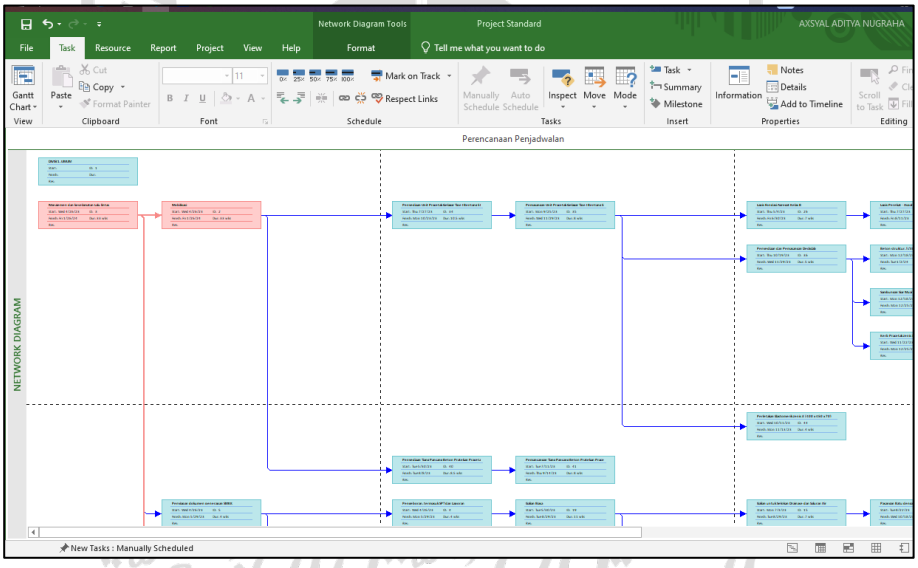
No.	Uraian Pekerjaan	Durasi (mg)	Predecessor
20	Pasangan Batu Optride (Barat)	3	8ss+1
21	Penyiapan Badan Jalan (Timur)	3,5	19ss+2
22	Penyiapan Badan Jalan (Barat)	3,5	20ss+2
23	Deckslab dan Plat Lantai	5	11fs+2
24	Perkerasan Jalan (Timur)	2,25	21fs
25	Perkerasan Jalan (Barat)	2,25	22ss+2
26	Perkerasan Jalan (Jembatan)	4,5	23fs
27	Trotoar dan Railing Beton fc'30 MPa (Utara)	1	26ss
28	Trotoar dan Railing Beton fc'30 MPa (Selatan)	1	27fs
29	Railing Pipa Galvanis	3,7	28ss
30	Pagar Leneng	1	25fs+3
31	Rel Pengaman Jalan (Timur)	2	24fs
32	Rel Pengaman Jalan (Barat)	2	25fs+1

Input predecessor dalam Microsoft Project dilakukan pada tabel *predecessor* sesuai pekerjaan yang telah disesuaikan penomorannya pada Microsoft Project. Setelah *input predecessor* untuk setiap pekerjaan, Microsoft Project akan secara otomatis memberikan hasil waktu pelaksanaan pekerjaan *start* dan *finish* yang didasarkan pada waktu awal pelaksanaan, hari libur nasional, durasi pekerjaan, dan *predecessor* yang telah dimasukkan sebelumnya.

Setelah mendapatkan data penjadwalan dengan format file Microsoft Project (.mpp) didapatkan total durasi 155 hari kalender atau 22 minggu pelaksanaan dimulai pada tanggal 26 Juni 2023 dan selesai pada 2 Desember 2023, dimana memiliki perbedaan 11 minggu dari data penjadwalan proyek. Hal ini dikarenakan analisis penjadwalan penelitian dilakukan hanya pada pekerjaan yang dapat dilakukan konektivitas terhadap model 3D pada Revit, sedangkan untuk pekerjaan seperti manajemen proyek, dokumen, dan mobisisasi material tidak dimasukkan dalam analisis penjadwalan menggunakan microsoft project.



Gambar 5.56 *Input* Hubungan Antar Pekerjaan



Gambar 5.57 Tampilan Network Diagram

5.4. Analisis Konektivitas Model 3D dengan Data Penjadwalan

Analisis konektivitas dari permodelan 3D dengan data penjadwalan dilakukan menggunakan perangkat lunak Autodesk Naviswork 2023. Analisis dilakukan untuk menghasilkan *scheduling simulation* yang digunakan sebagai proses visualisasi proyek sesuai dengan rencana yang telah ditetapkan, memudahkan pemantauan perkembangan proyek secara *real-time*, serta mengidentifikasi potensi masalah/*clash detection*.

1. Membuka Model 3D Autodesk Revit dalam Autodesk Naviswork

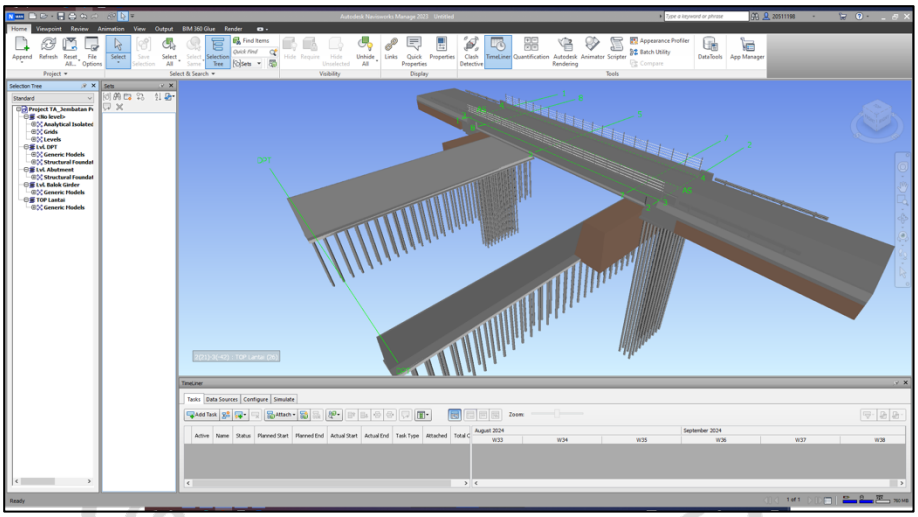
   Membuka perangkat lunak Autodesk Naviswork, pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak Autodesk Naviswork 2023 dengan lisensi *student version*.



Gambar 5.58 Perangkat Lunak Autodesk Naviswork 2023

2. *Input* Data Permodelan 3D dari Autodesk Revit

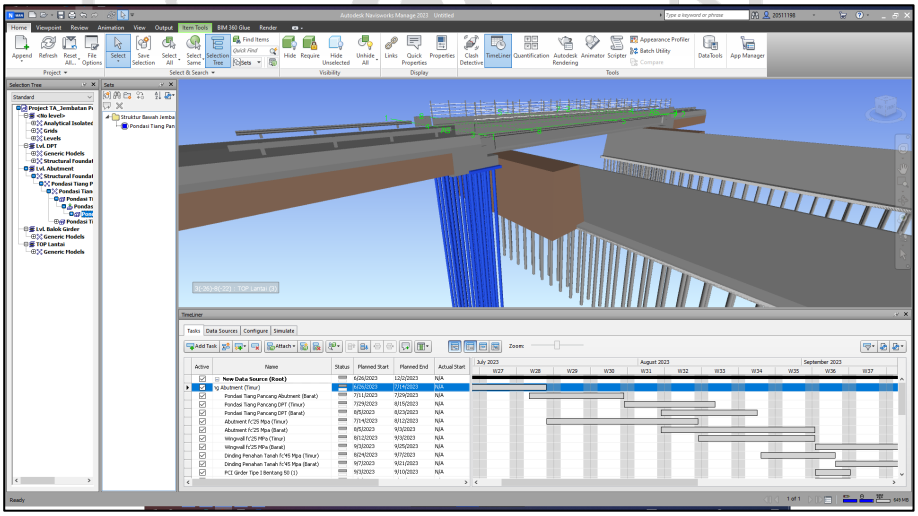
   Input file permodelan 3D yang telah dibuat pada Autodesk Revit ke dalam Autodesk Naviswork dengan klik *tools append* pada *toolbar home* dan memilih file permodelan Autodesk Revit dengan format file Naviswork (.nwc).



Gambar 5.59 *Input* Data Permodelan 3D ke Autodesk Naviswork

3. *Input* Data Penjadwalan dari Microsoft Project ke Autodesk Naviswork

   Data penjadwalan yang telah dianalisis menggunakan Microsoft Project diimpor ke Autodesk Naviswork dengan klik pada *tools timeliner* (tab *timeliner* pada tampilan) pada menu *data sources* klik *add* menggunakan pilihan jenis file Microsoft Project klik *open*. Setalah data Microsot Project dimasukkan pada *data sources* klik *refresh* memilih *rebuild task hierarchy* untuk memasukkan penjadwalan baru.



Gambar 5.60 *Input* Data Penjadwalan ke Autodesk Naviswork

4. Membuat Konektivitas Data Penjadwalan dengan Model 3D

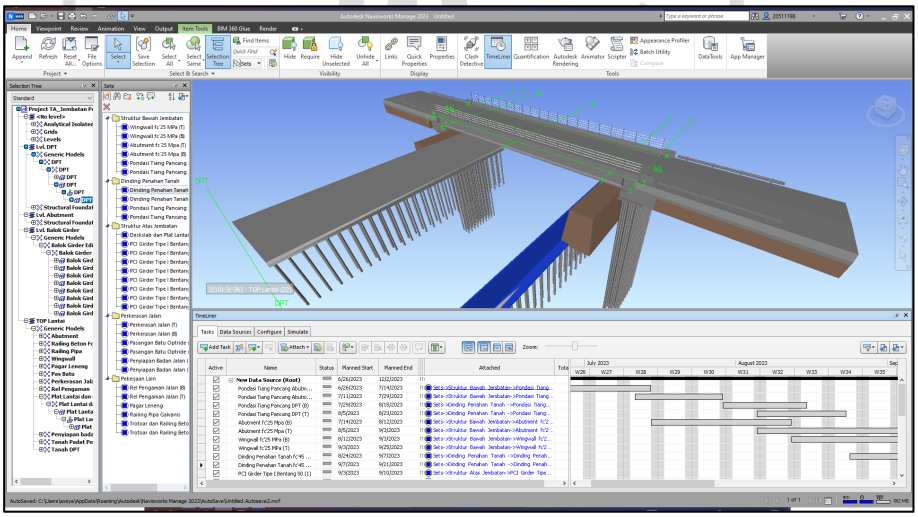
Data perencanaan penjadwalan yang telah dimasukkan perlu dihubungkan dengan uraian pekerjaan dalam model 3D. dengan cara sebagai berikut.

a. Kelompok Item Permodelan

Untuk menghubungkan penjadwalan dengan uraian pekerjaan pada model 3D, dilakukan pengelompokan pekerjaan sesuai bagian pekerjaan pembangunan jembatan. Hal ini digunakan untuk mempermudah dalam mengelola perubahan atau perbaikan data. Klik pad *tools sets* pada *toolbar home*, buat *folder* dan disesuaikan dengan uraian divisi pekerjaan. Pemberian nama pada setiap set harus sama sesuai dengan uraian pekerjaan, sehingga akan mempermudah ketika melakukan *attach* atau konektivitas data.

b. Auto Attach

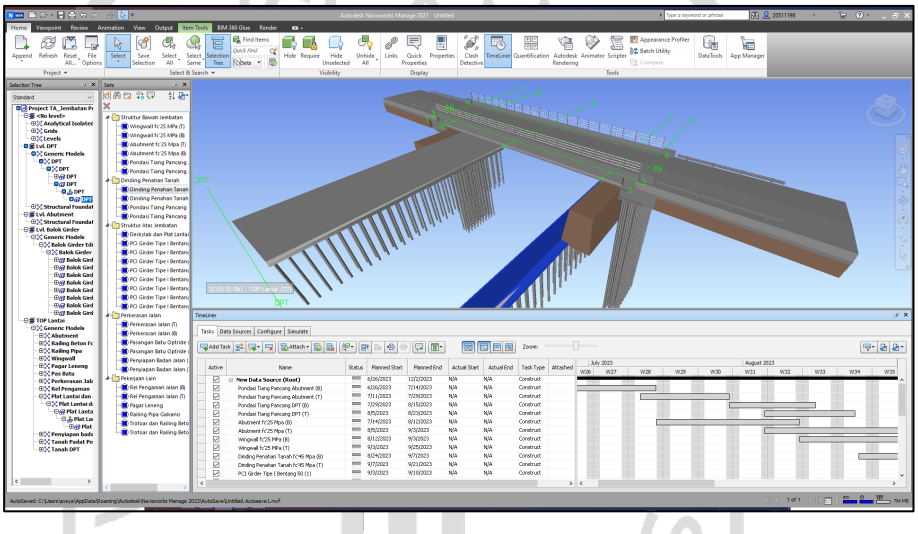
Setelah uraian pekerjaan dikelompokkan pada *folder* sesuai bagian pekerjaan, data dihubungkan dengan *tools auto-attach using rules* pada menu tab *timeliner*. Ini dilakukan untuk menghubungkan secara otomatis data penjadwalan dengan model 3D dengan catata nama dari uraian pekerjaan pada data penjadwalan dan set model 3D yang telah dibuat sama.



Gambar 5.61 Menghubungkan Data dengan *Auto-Attach*

c. Hubungan Penjadwalan dengan Model 3D (*Attached*)

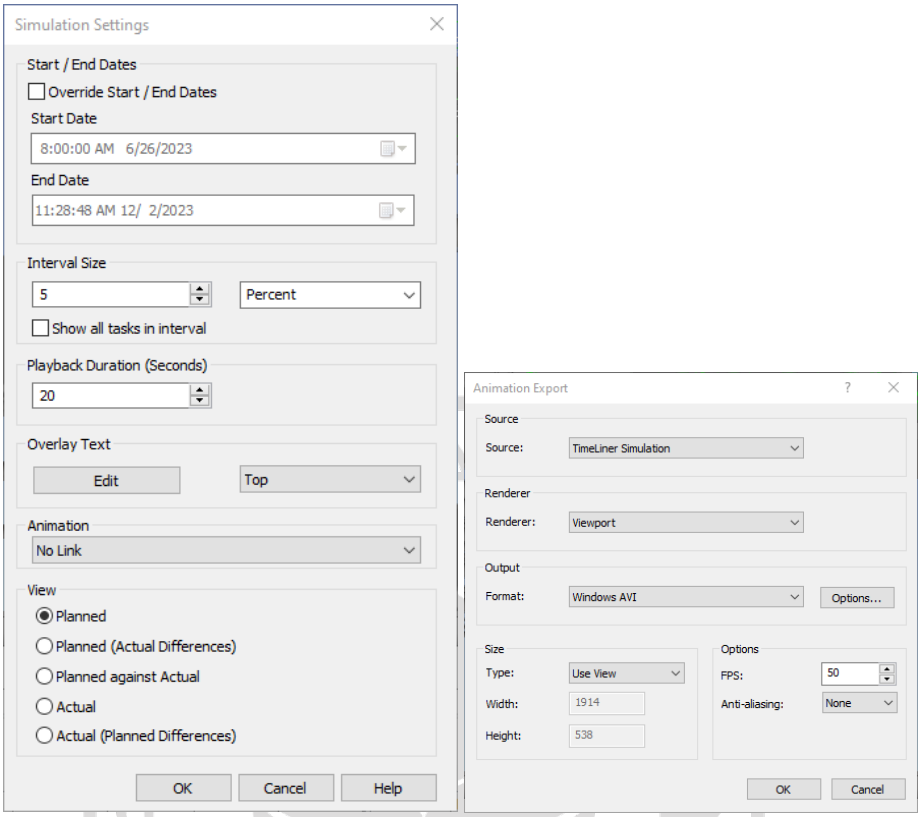
Cek kesesuaian dilakukan pada hubungan data penjadwalan dengan model 3D untuk memastikan bahwa semua uraian pekerjaan dalam model telah terhubung. klik uraian pekerjaan pada tabel data penjadwalan dan *attached* cek kesesuaian pada tampilan model 3D pada tab *sets*. Setelah semua terhubung, mengubah *task type* pada data tab penjadwalan ke *construct* agar model dapat membuat visual simulasi dengan data penjadwalan.



Gambar 5.62 Konektivitas Data Model 3D dengan Penjadwalan

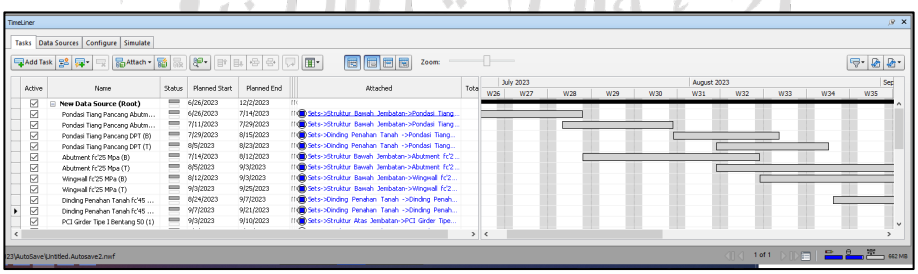
5. Membuat Animasi *Scheduling Simulation*

Membuat visual scheduling dilakukan pada menu tab timeliner section simulate. Mengatur simulation setting untuk start/end dates untuk waktu pelaksanaan project, playback duration (s), overlay text untuk keterangan yang akan ditampilkan pada visual scheduling, dan view untuk tampilan project. Pada Naviswork secara otomatis terhubung dengan data penjadwalan yang telah dibuat, sehingga pada pengaturan start/end dates akan terhubung dengan data penjadwalan. Menyimpan pengaturan visual, klik animation export dan memilih format file (.avi) dan fps dari kualitas visual scheduling.



Gambar 5.63 Mengatur Hasil *Visual Simulation*

Hasil dari konektivitas data model 3D dengan penjadwalan menggunakan Autodek Naviswork akan memberikan data penjadwalan yang salin terintegrasi, dimana setiap komponen dari model 3D diklik akan langsung terhubung dengan data penjadwalan pelaksanaan pekerjaan. Integrasi model 3D dengan data penjadwalan dapat dilihat pada tabel *timeliner* pada bagian *attached*.



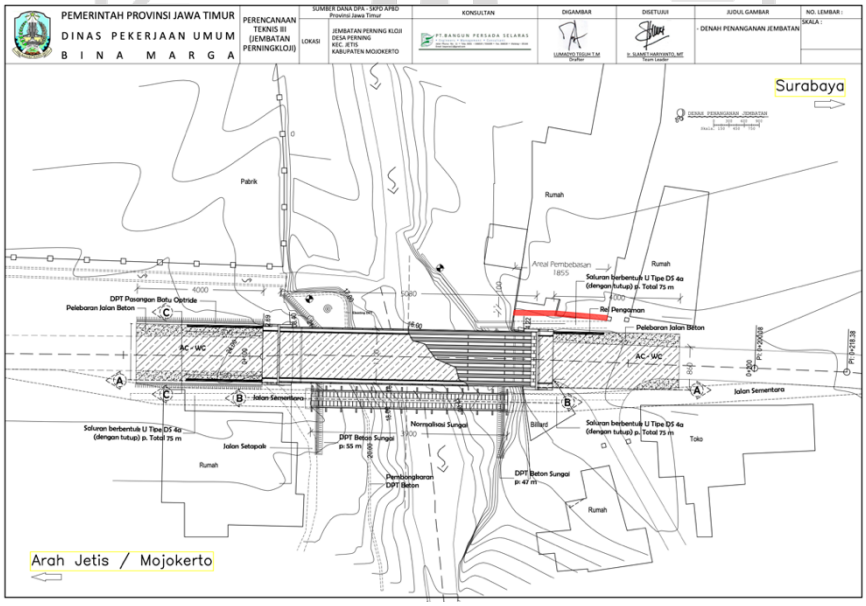
Gambar 5.64 *Attached* Data Penjadwalan

5.5. Pembahasan

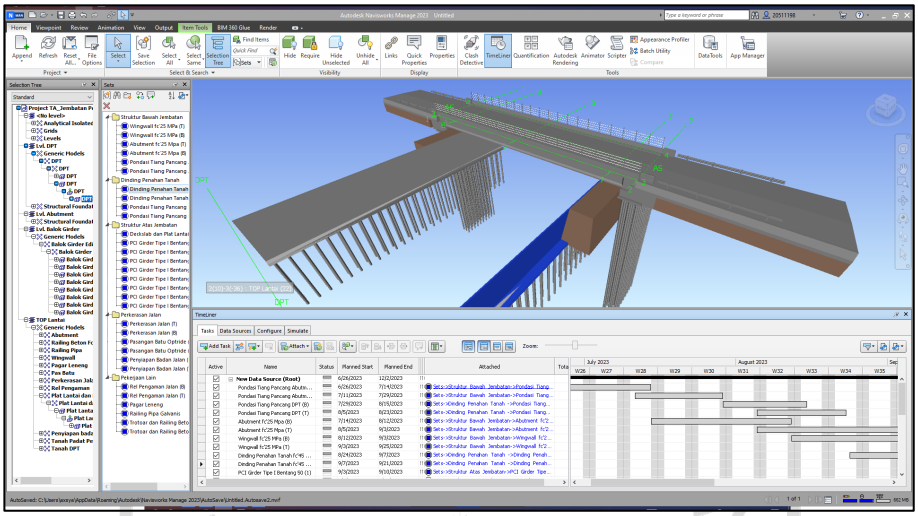
Setelah dilakukan implementasi konsep building information modeling (BIM) 4D pada tahap perencanaan penjadwalan proyek pembangunan jembatan dengan studi kasus proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji Mojokerto menghasilkan bukti adanya perbedaan efektifitas pada proses perencanaan penjadwalan proyek. Berikut penjelasan hasil dari implementasi konsep teknologi BIM 4D yang telah dilakukan.

5.5.1. Simulasi Visual Pelaksanaan Proyek

Dari penerapan teknologi BIM 4D pada proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji menghasilkan transformasi gambar 2D yang statis menjadi model 3D yang interaktif dan dinamis. Dengan hasil model 3D ini tidak hanya memberikan gambaran visual yang lebih jelas mengenai perencanaan jembatan yang akan dibangun, tetapi juga memungkinkan simulasi pelaksanaan proyek secara virtual. Melalui simulasi 4D, perencana maupun pelaksana dapat melihat dan menganalisis bagaimana setiap tahap konstruksi akan berlangsung sesuai data waktu pelaksanaan, termasuk urutan pekerjaan, penggunaan sumber daya, dan interaksi atau hubungan antar komponen struktur.



Gambar 5.65 Data Rencana Gambar 2D



Gambar 5.66 Hasil Permodelan 3D

Berikut hasil dari simulasi penjadwalan atau *scheduling simulation* yang berhasil dibuat dengan menerapkan konsep teknologi BIM 4D pada proses perencanaan penjadwalan proyek Penggantian Jembatan Perning Kloji mojokerto.

Hasil visualisasi *schedule* atau *scheduling simulation* dapat dilihat pada link atau dengan cara scan QR Code berikut.

Link:

https://s.id/SchedulingSimulation-ProjectTA

QR Code:

Gambar 5.67 *QR Code* Hasil *Scheduling Simulation*

Dengan *scheduling simulation* dari BIM 4D memberikan manfaat untuk perencana sebagai berikut.

1. Peningkatan Pemahaman: Simulasi 4D membantu semua pihak yang terlibat dalam proyek, dari pemilik proyek hingga pekerja lapangan, untuk memahami proses konstruksi secara lebih komprehensif. Hal ini mengurangi kesalahan dan potensi misinterpretasi yang sering terjadi pada gambar 2D tradisional.
2. Pengambilan Keputusan yang Lebih Baik: Dengan visualisasi yang jelas tentang alur konstruksi, para pengambil keputusan dapat mengidentifikasi potensi masalah atau konflik penjadwalan sejak dini. Misalnya, simulasi dapat menunjukkan jika ada pekerjaan yang tumpang tindih atau sumber daya yang tidak mencukupi pada waktu tertentu, sehingga memungkinkan tindakan pencegahan atau penyesuaian jadwal yang tepat waktu.
3. Optimalisasi Penjadwalan: Simulasi 4D memungkinkan evaluasi dan optimalisasi jadwal proyek secara visual. Dengan melihat bagaimana setiap aktivitas mempengaruhi keseluruhan proyek, Kita dapat mengidentifikasi peluang untuk mempercepat pekerjaan, mengurangi downtime, dan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan.

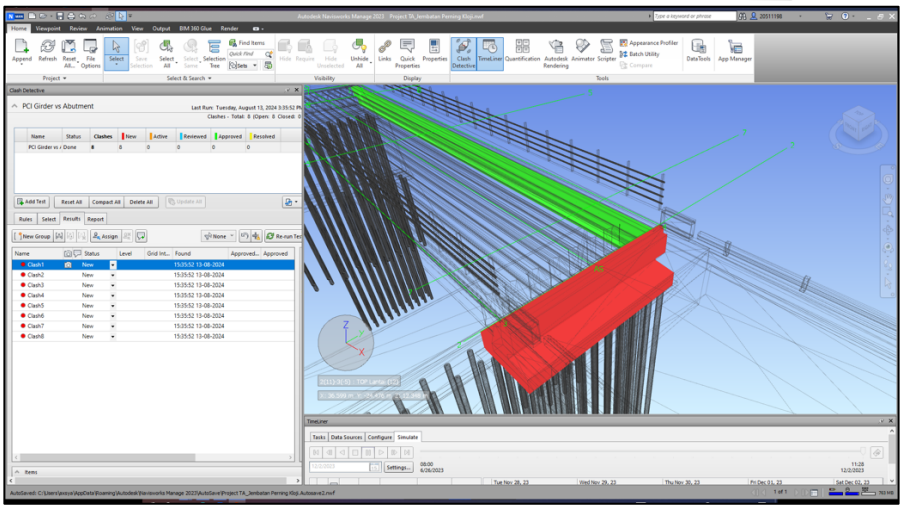
Visualisasi simulasi yang dihasilkan dari BIM 4D memberikan nilai tambah yang signifikan dalam meningkatkan visibilitas dan kontrol terhadap penjadwalan proyek. Teknologi ini memungkinkan perencana hingga pelaksana proyek untuk dapat memahami lebih baik alur pelaksanaan proyek, mengidentifikasi adanya masalah, dan mengambil keputusan yang lebih tepat untuk memastikan proyek berjalan sesuai rencana.

5.5.2. Deteksi Konflik Penjadwalan (*Scheduling Conflicts*)

Penerapan teknologi BIM 4D dalam proses perencanaan penjadwalan proyek juga memiliki kemampuan untuk mendeteksi konflik dalam data perencanaan (clash detection) secara otomatis. Dalam proyek konstruksi yang kompleks, seringkali terdapat hubungan atau integrasi yang rumit antar pekerjaan. Kesalahan dalam perencanaan seperti dimensi dari komponen pekerjaan yang terlalu besar

atau terlalu kecil sehingga menabrak komponen lain, dan dalam penjadwalan adanya masalah seperti penugasan sumber daya yang berlebihan atau pekerjaan yang tumpang tindih, dapat menyebabkan penundaan, pembengkakan biaya, dan bahkan kecelakaan kerja. Pada pelaksanaannya akan menambah waktu dan biaya jika baru diketahui saat pelaksanaan berlangsung. Namun dengan adanya clash detection pada BIM dapat diketahui lebih awal dan dapat ditentukan solusi dari masalah yang muncul. Sehingga saat proses pelaksanaan berjalan dapat terreduksi dari masalah yang akan timbul.

Dalam penelitian ini mencoba membuat tipe percobaan *clash detection* dari pekerjaan balok PCI *girder* dengan pekerjaan abutment, di mana 2 pekerjaan tersebut saling terhubung. Melakukan tes *clash detection* pada *project* menggunakan Autodesk Naviswork pada *tools clash detective* dan memilih komponen pekerjaan yang akan dilakukan tes. Setelah dilakukan pengetesan menghasilkan data bahwa terdeteksi adanya *clash* pada pemasangan balok PCI *girder* untuk abutment sisi timur. Hasil pengetesan akan ditampilkan pada tabel *result* yang dapat dieksport ke dalam format file (.hmtl) sehingga oleh perencana atau pelaksana dapat dibahas untuk menghasilkan solusi dari masalah yang terdeteksi. Contoh hasil pengetesan yang dilakukan pada perangkat lunak Autodesk Naviswork terhadap pekerjaan balok PCI *girder* vs abutment dapat dilihat pada Gambar 5.66 sebagai berikut.



Gambar 5.68 Contoh Hasil Tes *Clash Detection*

Dengan *clash detection* hasil dari penerapan konsep teknologi BIM 4D pada tahap perencanaan penjadwalan, memberikan manfaat untuk perencana sebagai berikut.

1. Mengurangi Risiko Kesalahan: BIM 4D membantu mengurangi risiko kesalahan dalam penjadwalan dengan mengidentifikasi konflik secara otomatis. Hal ini memungkinkan tim proyek untuk mengambil tindakan korektif sebelum masalah tersebut berdampak pada pelaksanaan proyek.
2. Meningkatkan Koordinasi: Dengan mengidentifikasi konflik penjadwalan sejak dini, BIM 4D mendorong koordinasi yang lebih baik antara berbagai tim dan disiplin ilmu yang terlibat dalam proyek. Hal ini memastikan bahwa semua pihak bekerja secara harmonis dan menghindari gangguan yang tidak perlu.
3. Mengoptimalkan Penggunaan Sumber Daya: BIM 4D membantu mengoptimalkan penggunaan sumber daya dengan memastikan bahwa sumber daya yang tepat tersedia pada waktu yang tepat. Hal ini mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi proyek secara keseluruhan.

Secara umum hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa dengan penerapan konsep teknologi BIM 4D pada tahap perencanaan penjadwalan proyek pembangunan jembatan memberikan visualisasi scheduling atau scheduling simulation yang dapat membantu perencana untuk dapat memahami dan mengidentifikasi lebih lanjut mengenai urutan pelaksanaan pekerjaan dan metode yang digunakan. Penerapan BIM 4D juga memungkinkan untuk dilakukan *clash detection* atau deteksi bentrokan antar pekerjaan sehingga mendeteksi dari awal akan masalah yang mungkin datang selama pelaksanaan proyek berlangsung. Menurut penjelasan hasil yang telah diperolah memberikan dampak pada pelaksanaan manajemen proyek antara lain.

1. Efisiensi waktu, dengan mengidentifikasi bentrokan sejak awal akan mereduksi adanya keterlambatan proyek disebabkan adanya masalah selama pelaksanaan. Hal ini akan membantu proses pelaksanaan proyek selesai tepat waktu sesuai rencana.

2. Efisiensi biaya, menjegah adanya masalah selama pelaksanaan proyek juga akan mengurangi kebutuhan biaya tak terduga untuk menyelesaikan masalah yang akan terjadi saat pelaksanaan proyek berlangsung. Selain itu, adanya visualisasi desain membantu dalam optimalisasi penggunaan sumber daya dan menghindari adanya pemborosan tenaga kerja dan material.
3. Peningkatan mutu, adanya visualisasi dan deteksi bentrokan memungkinkan untuk dilakukan perbaikan desain untuk menghasilkan perencanaan lebih baik.

Penelitian ini menjelaskan bahwa adanya penerapan BIM 4D dalam proses perencanaan proyek jembatan tidak hanya digunakan sebagai alat visualisasi atau merubah desain 2D menjadi 3D, tetapi sebagai instrumen pengelolaan manajemen proyek yang baik untuk meningkatkan efisiensi dari batasan manajemen proyek yaitu efisiensi waktu, biaya, dan peningkatan mutu pada proyek konstruksi.

BAB VI
KESIMPULAN

6.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian mengenai implementasi *building information modeling* (BIM) 4D pada tahap perencanaan penjadwalan proyek pembangunan jembatan didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Penerapan teknologi BIM 4D dengan membuat visualisasi scheduling atau *scheduling simulation* dapat membantu perencana memahami urutan pekerjaan dan mengidentifikasi lebih lanjut mengenai metode pelaksanaan yang akan digunakan sebelum pelaksanaan proyek konstruksi dilakukan.
2. Kemampuan teknologi BIM 4D menggunakan Autodesk Naviswork memungkinkan untuk dilakukan deteksi bentrokan atau *clash detection*, sehingga memberikan manfaat dapat mendeteksi dari awal akan masalah yang mungkin ada selama pelaksanaan proyek berlangsung.
3. Penerapan konsep BIM 4D pada proses perencanaan proyek tidak hanya sebagai proses visualisasi atau mengubah desain 2D menjadi model 3D, tetapi sebagai instrumen pengelolaan manajemen proyek. BIM 4D dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi batasan manajemen proyek yaitu pada efisiensi waktu dengan mengurangi potensi keterlambatan dari mereduksi masalah yang akan muncul, efisiensi biaya dengan menghindari keterlambatan proyek dan mengoptimalkan penggunaan sumber daya, serta peningkatan mutu dengan perbaikan desain dan perencanaan dari identifikasi hasil *scheduling simulation*.

6.2. Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan kesimpulan dari penelitian implementasi *building information modeling* (BIM) 4D pada tahap perencanaan penjadwalan proyek pembangunan jembatan, peneliti memberikan saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut.

1. Permodelan dapat dilakukan lebih detail termasuk pada komponen struktural sehingga mendapatkan hasil perencanaan yang lebih detail dan kompleks.
2. Penelitian dapat dikembangkan ke dalam penerapan BIM 5D untuk analisis biaya, BIM 6D untuk pekerjaan berkelanjutan, dan BIM 7D untuk manajemen lingkungan pada proyek.
3. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian serupa dengan menggunakan perangkat lunak lain berbasis BIM, untuk permodelan 3D dalat menggunakan Tekla, Allplan, dan ArchiCAD sedangkan untuk analisis penjadwalan dapat menggunakan perangkat lunak Primavera.
4. Untuk perencana diharapkan dapat menerapkan konsep teknologi BIM pada proses perencanaan proyek konstruksi, sehingga meningkatkan kolaborasi antar data proyek.

DAFTAR PUSTAKA

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2022. Kementerian PUPR Terus Tingkatkan Pemanfaatan Teknologi BIM Dalam Pembangunan Infrastruktur. (Online). (https://sahabat.pu.go.id/. diakses 10 Agustus 2023).

Crowther, J. dan Ajayi, S. O. 2021. Impacts of 4D BIM on construction project performance. International Journal of Construction Management. Volume 21, 2021.

Rachmawati, S. dan Abma, V. 2021. Implementasi Konsep BIM 4D dalam Perencanaan *Time Schedule* dengan Analisis *Resources Leveling*. Civil Engineering Research Forum. Yogyakarta.

Akbar, F.A. 2021. Implementasi Konsep 4D BIM dalam Rencana Penjadwalan Pekerjaan Elektrikal dan Plambing. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Subarto, H.W. 2022. Implementasi Konsep *Building Information Modelling* (BIM) dalam Merencanakan Pengestimasian Biaya dan Penjadwalan Pekerjaan Struktural (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung DRC PT Bank BPD DIY). *Tugas Akhir*. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Khatimi, H. dan Pardosi, K. F. 2022. Implementasi *Building Information Modeling* 4D (Studi Kasus: Proyek Lanjutan Pembangunan Gedung Kantor Sekretariat Daerah Kabupaten Tapin). *Construction and Material Journal*. Kalimantan Selatan.

Farhana, A. dan Abma, V. 2022. Implementasi Konsep BIM 5D pada Pekerjaan Struktur Proyek Gedung. *Racic: Rab Construction Research*. Universitas Abdurrab. Yogyakarta

Chakim, A. I. dan Putra. 2024. Analisis Waktu dan Biaya Erection Girder dengan Metode Perancah dan Launcher pada Proyek Penggantian Jembatan Perningkloji Mojokerto. Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil. UPN Veteran, Surabaya. Jawa Timur

Lakoni K. dan Waty M. 2023. Dampak *Change Order* Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Bertingkat Sedang. JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil. Universitas Tarumanegara. Jakarta

Soeharto, I. 1997. Manajemen Proyek. Erlangga. Jakarta

Arifin, Z. 2021. Pengantar Manajemen Proyek. Perpustakaan Digital Universitas Terbuka. Modul 1. MSIM4406 Edisi 1. Tangerang Selatan

Krisnawati, A., dkk. (2021). Dasar-dasar Ilmu Manajemen. Yayasan Kita Menulis

Kusumosusanto, J. W., dkk. (2022). Buku Saku Petunjuk Konstruksi Jembatan Infrastruktur Berbasis Masyarakat Direktorat Pengembangan Kawasan Pemukiman. Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta

Supriyadi, B. dan Muntohar, A. S. (2007). Buku Jembatan. Beta Offset. Yogyakarta

Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kota Banda Aceh. (2020). BIM (Building Information Building). DINASPUPR. Pengertian BIM (Building Information Modelling) (bandaacehkota.go.id) . Diakses 28 juli 2023.