

11/SKRIPSI/S.Tr-TPJJ/2026

SKRIPSI

**ANALISIS KINERJA WAKTU PEKERJAAN BALANCE
CANTILEVER MELALUI SIMULASI 4D MENGGUNAKAN
AUTODESK NAVISWORKS MANAGE PADA PROYEK LRT
(STUDI KASUS: PROYEK LRT JAKARTA FASE 1B)**



**Disusun untuk melengkapi salah satu syarat kelulusan Program D-IV
Politeknik Negeri Jakarta**

Disusun Oleh :

**Gevin Sandriano
NIM 2201411057**

Pembimbing :

**SAFRI, S.T., M.T.
NIP 198705252020121010**

**PROGRAM STUDI D-IV
TEKNIK PERANCANGAN JALAN DAN JEMBATAN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
2026**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERSETUJUAN

Laporan Tugas Akhir berjudul :
**ANALISIS KINERJA WAKTU PEKERJAAN BALANCE CANTILEVER
MELALUI SIMULASI 4D MENGGUNAKAN
AUTODESK NAVISWORKS MANAGE PADA PROYEK LRT
(STUDI KASUS: LRT JAKARTA FASE 1B)**
yang disusun oleh **Gevin Sandriano (2201411057)**
telah disetujui dosen pembimbing untuk dipertahankan dalam
Sidang Tugas Akhir Tahap 1

Pembimbing 1

SAFRI, S.T., M.T.
NIP 198705252020121010



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir berjudul :
**ANALISIS KINERJA WAKTU PEKERJAAN BALANCE CANTILEVER
MELALUI SIMULASI 4D
MENGUNAKAN AUTODESK NAVISWORKS MANAGE
PADA PROYEK LRT
(STUDI KASUS: LRT JAKARTA FASE 1B)**
yang disusun oleh **Gevin Sandriano (2201411057)**
telah dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir Tahap 1 di depan Tim Penguji
pada hari Selasa tanggal 2 Juni 2026

	Nama Tim Penguji	Tanda Tangan
Ketua	Kartika Hapsari, R.A., S.T., M.T. NIP199005192020122015	
Anggota	Agung Budi Broto, S.T., M.T. NIP 196304021989031003	
Anggota	Sidiq Wacono, S.T., M.T. NIP 196401071988031001	

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Sipil
Politeknik Negeri Jakarta



Isilaton, S.T., M.T.

NIP 196605181990102001



HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini, saya:

Nama : Gevin Sandriano
NIM : 2201411057
Program Studi : D4 Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan
Alamat E-mail : Gevin.sandriano.ts22@mhsw.pnj.ac.id
Judul Naskah : Analisis Kinerja Waktu Pekerjaan Balance Cantilever Melalui Simulasi 4D Menggunakan Autodesk Navisworks Manage Pada Proyek Lrt (Studi Kasus: Lrt Jakarta Fase 1B).

Dengan ini saya menyatakan bahwa tulisan saya sertakan dalam Skripsi Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta Tahun Akademik 2025/2026 adalah benar-benar hasil karya saya sendiri, bukan jiplakan karya orang lain dan belum pernah diikutkan dalam segala bentuk kegiatan akademis.

Apabila dikemudian hari ternyata tulisan/naskah saya tidak sesuai dengan pernyataan ini, maka secara otomatis tulisan/naskah saya dianggap gugur dan bersedia menerima sanksi yang ada. Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya.

Jakarta, 15 Juni 2026

Yang menyatakan,

Gevin Sandriano

NIM 220141105

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan berkat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi dengan judul “Analisis Kinerja Waktu Pekerjaan Balance Cantilever Melalui Simulasi 4D Menggunakan Autodesk Navisworks Manage pada Proyek LRT Jakarta Fase 1B” ini membahas pemodelan elemen struktur menggunakan Autodesk Revit dan Dynamo, simulasi BIM 4D menggunakan Autodesk Navisworks Manage, serta analisis kinerja waktu berdasarkan perbandingan durasi rencana dan durasi aktual sebagai upaya untuk meningkatkan efektivitas pengendalian waktu proyek. Tujuan dari penyusunan skripsi ini guna memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan dari Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari dukungan, semangat, dan bimbingan dari berbagai pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak – pihak yang terlibat dalam proses penyusunan skripsi ini, yaitu:

1. Bapak Safri, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, semangat, serta arahnya.
2. Dosen penguji, yang telah memberikan kritik dan saran yang sangat berharga dalam penyempurnaan TA ini.
3. Ibu Istiatun, S. T., M. T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Hendrian Budi Bagus Kuncoro S.T., M.Eng. selaku Kepala Program Studi Teknik Perancangan Jalan dan Jembatan.
5. Bapak Fajar Subechi S.T. selaku Site Operasional Manager Zona 1B di Lrt Jakarta Fase 1B.
6. Politeknik Negeri Jakarta (PNJ) sebagai institusi yang telah memberikan fasilitas dan dukungan akademik dalam penelitian ini.
7. PT Waskita Karya yang telah memberikan dukungan dalam pemberian dokumen DED dan Shop drawing serta fasilitas yang membantu dalam proses penelitian ini.
8. Kedua orang tua, yang selalu menjadi sumber doa, kekuatan, dan motivasi. Terima kasih atas pengorbanan, dan dukungan yang tidak pernah berhenti.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

9. Adik-adik tingkat 23-24-25, yang selalu memberikan semangat dan doa dalam setiap proses yang penulis jalani.

10. Teman-teman TPJJ Angkatan 2022, yang telah membantu penulis selama perkuliahan.

11. Dan tidak lupa, penulis juga menyampaikan terima kasih kepada diri sendiri yang telah terus belajar, bertahan di saat sulit, dan tidak menyerah meskipun jalan terasa berat. Terima kasih telah sampai sejauh ini.

Skripsi disusun dengan sebaik-baiknya, namun penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan baik dalam penulisan dan penyajiannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak sangat diterima dan diharapkan. Penulis juga berharap semoga skripsi ini dapat diterima dan bermanfaat bagi para pembaca dan senantiasa menambah wawasan bagi semua pihak.

Jakarta, 15 Juni 2026

Gevin Sandriano

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Sistematika Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Penelitian Terdahulu (State of the art).....	6
2.2 Keterbaruan (Novelty).....	8
2.3 Proyek Konstruksi Infrastruktur Transportasi	9
2.3.1 Karakteristik Proyek LRT	9
2.3.2 Kompleksitas Konstruksi Struktur Layang	11
2.4 Metode Konstruksi Balance Cantilever	12
2.4.1 Metode Konstruksi Pelaksanaan Balanced Cantilever	12
2.4.2 Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Balance Cantilever	14
2.4.3 Keunggulan Metode Balance Cantilever	16
2.5 Manajemen Waktu Proyek Konstruksi	18
2.5.1 Pengertian dan Tujuan Manajemen Waktu	18
2.5.2 Penjadwalan Proyek Konstruksi	19
2.5.2.1 Monitoring Cycle Time	19
2.5.2.2 Action Plan	20
2.5.3 Microsoft Project.....	21
2.5.4 Kinerja Waktu Proyek	21
2.5.4.1 Deviasi Waktu dan Indikator Kinerja Waktu	22



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

2.5.4.2 Analisis Keterlambatan dan Percepatan Proyek	22
2.5.4.3 Analisis Menggunakan Critical Path Method (CPM)	23
2.6 Building Information Modeling (BIM)	24
2.6.1 Pengertian dan Konsep Dasar BIM	24
2.6.2 Dimensi BIM	25
2.6.3 Penerapan BIM pada Proyek Infrastruktur	27
2.6.4 Manfaat BIM dalam Manajemen Waktu Proyek	27
2.6.5 Plugin Dynamo pada Autodesk Revit	28
2.6.5.1 Konsep Dasar Dynamo dalam BIM	29
2.6.5.2 Fungsi dan Kegunaan Dynamo pada Revit	29
2.6.5.3 Peran Dynamo dalam Pemodelan Elevasi	30
2.7 BIM 4D	32
2.7.1 BIM 4D dalam Analisis Waktu Konstruksi	32
2.7.2 Konsep Simulasi 4D	33
2.7.3 Integrasi Model 3D dengan Jadwal Proyek	33
2.8 Autodesk Navisworks Manage	34
2.8.1 Pengertian dan Fungsi Autodesk Navisworks Manage	34
2.8.2 TimeLiner sebagai Alat Simulasi 4D	34
2.8.3 Integrasi Navisworks dengan MS Project	35
2.8.4 Peran Navisworks dalam Evaluasi Kinerja Waktu	36
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Lokasi dan Objek Penelitian	37
3.2 Alat Penelitian	38
3.3 Tahap Penelitian	38
3.3.1 Tahap Identifikasi Masalah	39
3.3.2 Tahap Studi Literatur	40
3.3.3 Tahap Pengumpulan Data	40
3.3.4 Tahapan Pengolahan Data	40
3.3.4.1 Pemodelan Revit	40
3.3.4.2 Membuat Family Pile	41
3.3.4.3 Membuat family Pilecap	49
3.3.4.4 Membuat family Pier Type 2 P47-P48-P49	55
3.3.4.5 Membuat family Pier Type 1 P46 dan P50	58
3.3.4.6 Membuat family Pierhead	63
3.3.4.7 Membuat family Box Girder	67
3.3.4.8 Simulasi 4D	74
3.3.5 Tahap Analisis Data	79
3.3.6 Kesimpulan	80
BAB IV DATA DAN PEMBAHASAN	81
4.1 Data Proyek	81
4.1.1 Data Umum Proyek	81
4.1.2 Gambar Detail Engineering Design	81
4.1.3 Action Plan	92
4.1.4 Monitoring Cycle Time	101
4.2 Pengolahan Data	117
4.2.1 Pemodelan Revit	117
4.2.1.1 Mengambil koordinat pile dengan Dynamo	118
4.2.1.2 Mengambil koordinat pilecap, pier, pierhead dengan Dynamo	124
4.2.1.3 Mengambil koordinat Balance Cantilever	129
4.2.1.4 Plotting Pile dengan Dynamo	134
4.2.1.5 Plotting pilecap dengan Dynamo	145



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.2.1.6 Plotting Pier dengan Dynamo	153
4.2.1.7 Plotting Pierhead dengan Dynamo	161
4.2.1.8 Plotting Balance Cantilever dengan Dynamo.....	166
4.2.2 Simulasi 4D	171
4.3 Analisa Data.....	180
BAB V PENUTUP.....	200
5.1 Kesimpulan	200
5.2 Saran	201
DAFTAR PUSTAKA.....	203
LAMPIRAN.....	209





DAFTAR TABEL

Table 2. 1 State of the art	6
Table 2. 2 Novelty	8
Table 2. 3 Karakteristik Proyek	10
Table 2. 4 Tahapan Pelaksanaan Balance Cantilever	15
Table 2. 5 Perbandingan Metode Percepatan Proyek	22
Table 2. 6 Dimensi BIM	25
Table 3. 1 Alat Penelitian	38
Table 3. 2 Optimasi Perbaikan	80
Table 4. 1 Pekerjaan Pilecap, Pier, dan Pierhead P46B	92
Table 4. 2 Action Plan P46B	93
Table 4. 3 Pekerjaan Pilecap, Pier, Piertable P47B	94
Table 4. 4 Action Plan P47B	95
Table 4. 5 Pekerjaan Pilecap, Pier, dan Piertable P48B	96
Table 4. 6 Action Plan P48B	97
Table 4. 7 Pekerjaan Pilecap, Pier, dan Piertable P49B	98
Table 4. 8 Action Plan P49B	99
Table 4. 9 Pekerjaan Pilecap, Pier, dan Piertable P50B	100
Table 4. 10 Action Plan P50B	101
Table 4. 11 Monitoring Cylce Time Pier-Piertable P46B	102
Table 4. 12 Monitoring Cycle Time P46B	102
Table 4. 13 Monitoring Cylce Time Pilecap-Pier-Piertable P47B	103
Table 4. 14 Monitoring Cycle Time P47B	104
Table 4. 15 Monitoring Cylce Time Pilecap-Pier-Piertable P48B	108
Table 4. 16 Monitoring Cycle Time P48B	109
Table 4. 17 Pekerjaan Pilecap, Pier, dan Piertable P49B	110
Table 4. 18 Monitoring Cylce Time P49B	111
Table 4. 19 Pekerjaan Pier, Piertable P50B	115
Table 4. 20 Monitoring Cycle Time P50B	116
Table 4. 21 Analisa data Action plan vs Actual	180
Table 4. 22 Optimasi Perbaikan Kinerja Waktu Action Plan vs Optimasi	187
Table 4. 23 Persentase Efisiensi / Percepatan Durasi (Optimasi vs Aktual Riil)	190
Table 4. 24 Skema Percepatan Durasi Optimasi	193

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Long Span Balance Cantilever.....	13
Gambar 2. 2 Method Statement	13
Gambar 2. 3 Method Statement	14
Gambar 2. 4 Diagram Alir Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan Balance Cantilever.....	15
Gambar 2. 5 Diagram Alir Keunggulan Metode Balance Cantilever.....	17
Gambar 2. 6 Monitoring Cyle Time Siklus Cor to Cor.....	20
Gambar 2. 7 Action Plan.....	20
Gambar 2. 8 Microsoft Project.....	21
Gambar 2. 9 Konsep Utama BIM	24
Gambar 2. 10 Dimensi BIM.....	26
Gambar 2. 11 Manfaat BIM Dalam Manajemen Waktu Proyek	28
Gambar 2. 12 Pembuatan Script di Dynamo.....	31
Gambar 2. 13 Hasil Pembuatan Script di Dynamo	32
Gambar 2. 14 BIM 4D	32
Gambar 2. 15 Autodesk Navisworks	34
Gambar 2. 16 Timeliner Navisworks Manage	35
Gambar 3. 1 Ruang Lingkup Pekerjaan	37
Gambar 3. 2 Lokasi Pekerjaan Balance Cantilever.....	38
Gambar 3. 3 Diagram Alir Tahap Penelitian	39
Gambar 3. 4 Diagram Alir Tahap Pengolahan Data Pembuatan Family Revit	41
Gambar 3. 5 Membuat Project Baru Pile	42
Gambar 3. 6 Memilih Template Untuk Pile.....	42
Gambar 3. 7 Tampilan Awal Garis Bantu (Plan) Pile.....	43
Gambar 3. 8 Membuat Reference Plane Pile	43
Gambar 3. 9 Membuat Parameter Depth Pile	44
Gambar 3. 10 Membuat Extrusion Untuk Pile.....	44
Gambar 3. 11 Memilih Tool Circle.....	44
Gambar 3. 12 Membentuk Radius Circle.....	45
Gambar 3. 13 Membuat Dimensi Radial.....	45
Gambar 3. 14 Meletakkan Dimensi Pada Objek Circle	46
Gambar 3. 15 Membuat Parameter Diameter Pile	46
Gambar 3. 16 Finish Edit Mode Pile.....	47
Gambar 3. 17 Menyesuaikan Ref Plane Pile.....	47
Gambar 3. 18 Membuat Parameter Data As Pier/As Pile	48
Gambar 3. 19 Menyesuaikan Kedalaman Pile	48
Gambar 3. 20 Hasil Family Pile	49
Gambar 3. 21 Membuat Project Baru Pilecap.....	49
Gambar 3. 22 Memilih Template untuk Pilecap	50
Gambar 3. 23 Tampilan Awal Garis Bantu (Plan) Pilecap	50
Gambar 3. 24 Membuat Reference Plane Pilecap.....	51
Gambar 3. 25 Membuat Parameter Depth Pilecap.....	51
Gambar 3. 26 Membuat Extrusion Untuk Pilecap	52
Gambar 3. 27 Memilih Tool Rectangle.....	52
Gambar 3. 28 Membuat Rectangle.....	52

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3. 29 Membuat Parameter pada Rectangle.....	53
Gambar 3. 30 Finish Extrusion Edit Mode Pilecap.....	53
Gambar 3. 31 Menyesuaikan Ref Plane Pilecap	54
Gambar 3. 32 Hasil Family Pilecap	54
Gambar 3. 33 Memilih Template Generic Model Pier Type 2	55
Gambar 3. 34 Membuat Reference Plane Pier.....	55
Gambar 3. 35 Create Parameter Pier.....	56
Gambar 3. 36 Membuat Extrusion Pier.....	56
Gambar 3. 37 Menyesuaikan Reference Plane Pier	57
Gambar 3. 38 Hasil 3D Family Pier.....	57
Gambar 3. 39 Membuat Type Family Name	58
Gambar 3. 40 Memilih Template Generic Model Pier Type 1	59
Gambar 3. 41 Membuat Reference Plane Pier Type 1	59
Gambar 3. 42 Create Parameter Pier Type 1.....	60
Gambar 3. 43 Membuat Extrusion Pier Type 1	60
Gambar 3. 44 Menyesuaikan Reference Plane Pier Type 1.....	61
Gambar 3. 45 Hasil 3D Family Pier Type 1.....	61
Gambar 3. 46 Membuat Family Name Pier Type 1	62
Gambar 3. 47 Memilih Template Generic Model Pierhead.....	63
Gambar 3. 48 Membuat Reference Plane Pierhead	63
Gambar 3. 49 Membuat Reference Plane di Tampak Front.....	64
Gambar 3. 50 Membuat Reference Plane di Rev Level.....	64
Gambar 3. 51 Membuat Extrusion di Tampak Front.....	65
Gambar 3. 52 Hasil Extrusion Pierhead P50.....	65
Gambar 3. 53 Menyesuaikan Ref Plane di Rev Level	66
Gambar 3. 54 Membuat Parameter Pierhead P50	66
Gambar 3. 55 Hasil 3D Family Pierhead	67
Gambar 3. 56 Template metric generic model adaptive	67
Gambar 3. 57 Membuat point elemen.....	68
Gambar 3. 58 Membuat adaptive.....	68
Gambar 3. 59 Membuat Spline point	69
Gambar 3. 60 Referensi ukuran parameter	69
Gambar 3. 61 Parameter family Balance Cantilever.....	70
Gambar 3. 62 Parameter family penjumlahan ukuran Box Girder	70
Gambar 3. 63 Membuat new type section.....	71
Gambar 3. 64 Hasil penampang box girder	71
Gambar 3. 65 Membuat profile void box girder	72
Gambar 3. 66 Menambahkan 2 point adaptive	72
Gambar 3. 67 Add profile Penampang dan Void ke Point Adaptive	73
Gambar 3. 68 Create solid dan void form.....	73
Gambar 3. 69 Hasil profile box girder	74
Gambar 3. 70 Tahap export to navisworks	74
Gambar 3. 71 Tahap membuka proyek.....	75
Gambar 3. 72 Tahap mengelompokkan elemen di selection tree	75
Gambar 3. 73 Tahap membuat sets.....	76
Gambar 3. 74 Tahap membuat folder di sets	76
Gambar 3. 75 Tahap memilih elemen untuk di sets.....	77
Gambar 3. 76 Tahap mengaktifkan timeliner	77
Gambar 3. 77 Tahap input schedule ke timeliner	77
Gambar 3. 78 Tahap attached elemen.....	78



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 3. 79 Tahap mengatur setting	78
Gambar 3. 80 Tahap running simulasi	79
Gambar 3. 81 Tahap analisis deviasi.....	79
Gambar 4. 1 Foundation and Longitudinal Section	82
Gambar 4. 2 Plan and Logitudinal Section	82
Gambar 4. 3 Typical Cross Section.....	83
Gambar 4. 4 Logitudinal Section Stratigraphy	83
Gambar 4. 5 Pier P50B Detail.....	84
Gambar 4. 6 Pier P49B Detail.....	84
Gambar 4. 7 Pier P48B Detail.....	85
Gambar 4. 8 Pier P47B Detail.....	85
Gambar 4. 9 Pier P46B Detail.....	86
Gambar 4. 10 Detail of Borepile P50B	86
Gambar 4. 11 Detail of Borepile P49B.....	87
Gambar 4. 12 Detail of Borepile P48B.....	87
Gambar 4. 13 Detail of Borepile P47B.....	88
Gambar 4. 14 Detail of Borepile P46B.....	88
Gambar 4. 15 Reinforcement of Pier P50B	89
Gambar 4. 16 Reinforcement of Pier P49B	89
Gambar 4. 17 Reinforcement of Pier P48B	90
Gambar 4. 18 Reinforcement of Pier P47B	90
Gambar 4. 19 Reinforcement of Pier P46B	91
Gambar 4. 20 Dimension of Box Section 1A	91
Gambar 4. 21 Dimension of Box Section 28A, 28B, 29A.....	92
Gambar 4. 22 Pekerjaan Pilecap, Pier, dan Pierhead P46B	92
Gambar 4. 23 Action Plan P46B.....	93
Gambar 4. 24 Pekerjaan Pilecap, Pier, dan Piertable P47B	94
Gambar 4. 25 Action Plan P47B.....	95
Gambar 4. 26 Pekerjaan Pilecap, Pier, dan Piertable P48B.....	96
Gambar 4. 27 Action Plan P48B	97
Gambar 4. 28 Pekerjaan Pilecap, Pier, dan Piertable P49B	98
Gambar 4. 29 Action Plan P49B.....	99
Gambar 4. 30 Pekerjaan Pilecap, Pier, dan Piertable P50B.....	100
Gambar 4. 31 Action Plan P50B.....	100
Gambar 4. 32 Pekerjaan Pilecap, Pier, Piertable P46B.....	101
Gambar 4. 33 Monitoring Cycle Time P46B.....	102
Gambar 4. 34 Pekerjaan Pilecap-Pier-Piertable P47B	103
Gambar 4. 35 Monitoring Cycle Time P47B.....	104
Gambar 4. 36 Monitoring cycle time segmen 1 & 2.....	105
Gambar 4. 37 Monitoring cycle time segmen 3 & 4.....	105
Gambar 4. 38 Monitoring cycle time segmen 5 & 6.....	106
Gambar 4. 39 Monitoring cycle time segmen 7 & 8.....	106
Gambar 4. 40 Monitoring cycle time segmen 9 & 10.....	107
Gambar 4. 41 Monitoring cycle time segmen 11 & 12.....	107
Gambar 4. 42 Pekerjaan Pilecap-Pier-Piertable P48B.....	108
Gambar 4. 43 Monitoring Cycle Time P48B.....	109
Gambar 4. 44 Pekerjaan Pilecap, Pier, dan Piertable P49B	110
Gambar 4. 45 Monitoring Cycle Time P49B.....	111
Gambar 4. 46 Monitoring Cycle Time Segmen 1 & 2 P49B.....	112
Gambar 4. 47 Monitoring Cycle Time Segmen 3 & 4 P49B.....	112



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 48 Monitoring Cycle Time Segmen 5 & 6 P49B	113
Gambar 4. 49 Monitoring Cycle Time Segmen 7 & 8 P49B	113
Gambar 4. 50 Monitoring Cycle Time Segmen 9 & 10 P49B	114
Gambar 4. 51 Monitoring Cycle Time Segmen 11 & 12 P49B	114
Gambar 4. 52 Pekerjaan Pilecap, Pier, Piertable P50B.....	115
Gambar 4. 53 Monitoring Cycle Time P50B	115
Gambar 4. 54 Action plan vs Actual P46-P47	116
Gambar 4. 55 Action Plan vs Actual P47-P48.....	116
Gambar 4. 56 Action plan vs Actual P48B-P49B.....	117
Gambar 4. 57 Action plan vs Actual P49B-P50B.....	117
Gambar 4. 58 Elemen Pile di Revit.....	118
Gambar 4. 59 Dynamo di Revit	119
Gambar 4. 60 Pembacaan koordinat projek base point Pile.....	119
Gambar 4. 61 Mendapatkan elemen Pile	120
Gambar 4. 62 Penyesuaian koordinat dengan projek base point untuk Pile	120
Gambar 4. 63 Mendapatkan informasi pada parameter pile	121
Gambar 4. 64 Import data ke excel elemen Pile	122
Gambar 4. 65 Hasil Point Koordinat Pile.....	122
Gambar 4. 66 Data point koordinat Borepile DED.....	123
Gambar 4. 67 Data point borepile dari DED.....	123
Gambar 4. 68 Elemen Pilecap di Revit	124
Gambar 4. 69 Workspace dynamo sebelum script pilecap	124
Gambar 4. 70 Pembacaan koordinat projek base point untuk pilecap	125
Gambar 4. 71 Pengambilan data elemen pilecap	125
Gambar 4. 72 Penyesuaian koordinat projek base point pilecap	126
Gambar 4. 73 Pengambilan data pilecap.....	127
Gambar 4. 74 Import data pilecap ke excel.....	128
Gambar 4. 75 Hasil point koordinat Pilecap dari dynamo.....	128
Gambar 4. 76 Hasil point koordinat pier dari dynamo	128
Gambar 4. 77 Sheet Box Girder di Excel.....	129
Gambar 4. 78 Tampilan workspace sebelum ambil koordinat Balance Cantilever .	129
Gambar 4. 79 Script pengambilan jarak antar box girder.....	130
Gambar 4. 80 Referensi koordinat center pilecap.....	130
Gambar 4. 81 Referensi koordinat center kolom	130
Gambar 4. 82 Koordinat center pierhead	131
Gambar 4. 83 Mengubah referensi point menjadi elevasi.....	131
Gambar 4. 84 Referensi garis.....	132
Gambar 4. 85 Point elevasi sebenarnya	132
Gambar 4. 86 Extra point ke Excel	133
Gambar 4. 87 Hasil pembuatan script ambil koordinat balance cantilever.....	133
Gambar 4. 88 Hasil extra point elevasi ke Excel	134
Gambar 4. 89 Hasil 3D Plot Pile.....	145
Gambar 4. 90 Membuka projek yang telah di plot kan pile.....	145
Gambar 4. 91 Load Family Pilecap.....	146
Gambar 4. 92 Workspace Dynamo sebelum plot Pilecap.....	146
Gambar 4. 93 Membuka projek yang telah di plot kan Pilecap.....	153
Gambar 4. 94 Load Family Pier.....	153
Gambar 4. 95 Workspace Dynamo sebelum plot Pier	153
Gambar 4. 96 Pengambilan data dari Excel.....	154
Gambar 4. 97 Pembacaan base point projek Pier.....	155



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 98 Mendapatkan data dynamo pier	156
Gambar 4. 99 Pengurangan koordinat base point proyek Pier.....	157
Gambar 4. 100 Memilih family type Pier	157
Gambar 4. 101 Menambahkan titik untuk Pier kembar	158
Gambar 4. 102 Set rotation referensi arah Pier.....	159
Gambar 4. 103 Ubah parameter Pier.....	160
Gambar 4. 104 Hasil script dynamo pier	160
Gambar 4. 105 Buka Project setelah Pier.....	161
Gambar 4. 106 Load Family Pierhead	161
Gambar 4. 107 Workspace sebelum plott pierhead	161
Gambar 4. 108 Pengambilan data point untuk pierhead	162
Gambar 4. 109 Referensi Point Pile untuk Pierhead.....	163
Gambar 4. 110 Memilih Family Type Pierhead.....	164
Gambar 4. 111 Set rotation untuk pierhead	165
Gambar 4. 112 Hasil Script Pierhead Dynamo	165
Gambar 4. 113 Running script dynamo pierhead.....	165
Gambar 4. 114 Hasil running dynamo pierhead	166
Gambar 4. 115 Buka proyek setelah pierhead	166
Gambar 4. 116 Load family Balance Cantilever.....	166
Gambar 4. 117 Workspace sebelum plot Balance Cantilever.....	167
Gambar 4. 118 Pengambilan data koordinat Balance Cantilever	168
Gambar 4. 119 Klasifikasi Box Girder berdasarkan type	169
Gambar 4. 120 Pengelompokan koordinat Box Girder.....	169
Gambar 4. 121 Pemilihan family types Balance Cantilever	170
Gambar 4. 122 Hasil script plott Balance Cantilever.....	171
Gambar 4. 123 Struktur Balance Cantilever di Navisworks Manage	171
Gambar 4. 124 Timeliner Navisworks Manage	171
Gambar 4. 125 Ekspor data schedule dari Ms Project ke Navisworks Manage	172
Gambar 4. 126 Setting field selector Action Plan vs Actual.....	172
Gambar 4. 127 Setting field selector Action plan vs Actual Optimasi	173
Gambar 4. 128 Refresh data schedule.....	173
Gambar 4. 129 Membuat sets elemen.....	174
Gambar 4. 130 Membuat dokumen sets.....	174
Gambar 4. 131 Selection tree di Navisworks Manage.....	175
Gambar 4. 132 Save current selection ke sets.....	175
Gambar 4. 133 Attached current selection ke tasks	176
Gambar 4. 134 Task Type Construct	176
Gambar 4. 135 Konfigurasi warna	177
Gambar 4. 136 Simulation setting.....	178
Gambar 4. 137 Overlay text.....	179
Gambar 4. 138 Running simulasi.....	179
Gambar 4. 139 Running simulasi Action Plan vs Actual Optimasi	180
Gambar 4. 140 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 1 Start Actual P46B	183
Gambar 4. 141 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 3 Finish Actual P46B	183
Gambar 4. 142 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 1 Start Actual P47B	184
Gambar 4. 143 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 12 Finish Actual P47B	184
Gambar 4. 144 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 1 Start Actual P48B	185
Gambar 4. 145 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 12 Finish Actual P48B	185
Gambar 4. 146 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 1 Start Actual P49B	186
Gambar 4. 147 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 12 Finish Actual P49B	186



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 4. 148 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 1 Start Actual P50B	187
Gambar 4. 149 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 3 Finish Actual P50B	187
Gambar 4. 150 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 1 Start Actual Optimasi P46B	195
Gambar 4. 151 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 3 Finish Actual Optimasi P46B	195
Gambar 4. 152 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 1 Start Actual Optimasi P47B	196
Gambar 4. 153 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 12 Finish Actual Optimasi P47B	196
Gambar 4. 154 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 1 Start Actual Optimasi P48B	197
Gambar 4. 155 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 12 Finish Actual Optimasi P48B	197
Gambar 4. 156 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 1 Start Actual Optimasi P49B	198
Gambar 4. 157 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 12 Finish Actual Optimasi P49B	198
Gambar 4. 158 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 1 Start Actual Optimasi P50B	199
Gambar 4. 159 Pekerjaan Balance Cantilever segmen 3 Finish Actual Optimasi P50B	199



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pernyataan Calon Pembimbing 1.....	210
Lampiran 2 Lembar Pengesahan	211
Lampiran 3 Lembar Asistensi Pembimbing.....	212
Lampiran 4 Lembar Asistensi Penguji	214
Lampiran 5 Lembar Persetujuan Pembimbing	217
Lampiran 6 Lembar Persetujuan Penguji.....	219
Lampiran 7 Lembar Bebas Pinjaman dan Urusan Administrasi	222
Lampiran 8 Lembar Bukti Penyerahan Laporan Magang Industri.....	223



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan LRT Jakarta Fase 1B merupakan bagian dari upaya pengembangan sistem transportasi massal perkotaan yang diarahkan untuk meningkatkan efisiensi pergerakan dan kapasitas layanan transportasi di wilayah perkotaan (Nurokhman et al., 2025). Dalam pelaksanaannya, konstruksi struktur jembatan dan jalur layang pada proyek ini menerapkan metode *balance cantilever*, yang dipilih karena mampu menyesuaikan dengan keterbatasan ruang kerja serta menjaga aktivitas lalu lintas di area bawah struktur tetap berjalan. Namun, penerapan metode ini menuntut tingkat pengendalian yang tinggi, khususnya pada pengaturan tahapan pekerjaan, pembagian segmen konstruksi, dan keterpaduan antar aktivitas, sehingga aspek kinerja waktu menjadi faktor yang sangat menentukan keberhasilan pelaksanaan proyek (M Syafuadtuddin, 2021).

Pada praktik di lapangan, pekerjaan *balance cantilever* sering menunjukkan adanya perbedaan antara durasi yang direncanakan dan durasi yang terealisasi selama pelaksanaan. Ketidaksesuaian tersebut berpotensi menimbulkan penyimpangan terhadap jadwal pelaksanaan yang telah ditetapkan, menurunkan efektivitas pekerjaan, serta memengaruhi kesinambungan aktivitas konstruksi berikutnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa hubungan antara perencanaan waktu dan realisasi pelaksanaan belum sepenuhnya dapat dikendalikan secara optimal (M Syafuadtuddin, 2021)

Berbagai faktor berkontribusi terhadap terjadinya perbedaan durasi pada pekerjaan *balance cantilever*, antara lain kompleksitas teknis metode konstruksi, keterbatasan dalam menggambarkan urutan pekerjaan secara visual, dinamika perubahan kondisi lapangan, serta koordinasi antar pihak yang terlibat dalam proyek. Selain itu, penggunaan metode perencanaan konvensional yang masih mengandalkan penyajian dua dimensi, terutama yang berbasis penjadwalan linear seperti bar chart, belum mampu merepresentasikan keterkaitan antara dimensi ruang dan waktu secara terpadu. Akibatnya, potensi konflik tahapan pekerjaan maupun inefisiensi waktu sering kali baru teridentifikasi pada saat pelaksanaan (Dahlan dan Opin Zahendra, 2018).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Sebagai alternatif terhadap keterbatasan tersebut, diperlukan suatu pendekatan analisis yang mampu mengintegrasikan aspek waktu dengan visualisasi tiga dimensi melalui penerapan simulasi konstruksi berbasis 4D. Pendekatan ini memungkinkan keterkaitan antara model fisik jembatan dan data penjadwalan ditampilkan secara bersamaan, sehingga urutan pekerjaan, durasi aktivitas, serta potensi ketidaksesuaian jadwal dapat dianalisis secara lebih mendalam (Nugraha dan Axsyal Aditya, 2024). Dengan demikian, evaluasi kinerja waktu pekerjaan *balance cantilever* dapat dilakukan secara lebih sistematis melalui perbandingan antara rencana dan realisasi pelaksanaan.

Autodesk Navisworks Manage merupakan salah satu perangkat lunak yang dapat digunakan untuk mendukung penerapan simulasi konstruksi 4D dalam proyek konstruksi. Perangkat lunak ini memiliki kemampuan untuk mengintegrasikan model berbasis BIM dengan informasi penjadwalan proyek, menampilkan tahapan pelaksanaan konstruksi secara visual, serta membantu mengidentifikasi potensi konflik yang berkaitan dengan waktu pelaksanaan (Muhammad, Fadhil, et al 2025). Pemanfaatan Autodesk Navisworks Manage diharapkan mampu memberikan sarana analisis yang lebih komprehensif dalam menilai kinerja waktu pekerjaan *balance cantilever* pada Proyek LRT Jakarta Fase 1B.

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, tujuan dari penelitian ini adalah penerapan simulasi 4D menggunakan Autodesk Navisworks Manage dapat memberikan pemahaman yang lebih akurat mengenai kinerja waktu pekerjaan *balance cantilever*. Hasil penelitian ini, perbedaan antara durasi rencana dan durasi aktual pelaksanaan dapat diidentifikasi dan dianalisis secara lebih efektif, sehingga mendukung upaya peningkatan kualitas perencanaan dan pengendalian waktu pada pelaksanaan proyek LRT Jakarta Fase 1B.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut:

- a. Bagaimana pemodelan elemen struktur *balance cantilever* pada Proyek LRT Jakarta Fase 1B menggunakan Autodesk Revit dan Dynamo?
- b. Bagaimana kinerja waktu pekerjaan *balanced cantilever* berdasarkan simulasi BIM 4D menggunakan Autodesk Navisworks Manage?



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- c. Bagaimana rekomendasi perbaikan atau langkah optimasi durasi yang dapat diusulkan untuk meningkatkan efisiensi waktu pada sisa pengerjaan proyek tersebut?

1.3 Pembatasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini yaitu sebagai berikut :

- a. Peninjauan struktur hanya dilakukan pada pekerjaan struktur atas (*superstructure*) dengan metode *balanced cantilever*, mencakup *pier table* dan segmen cantilever. Penelitian tidak membahas pekerjaan install shoring, erection traveller, stressing tendon, dan pekerjaan struktur bawah (*substructure*), arsitektural, maupun *finishing*.
- b. Analisis kinerja dibatasi pada aspek waktu (BIM 4D) dengan membandingkan *schedule* rencana dan realisasi durasi aktual. Penelitian tidak meninjau aspek biaya (5D), mutu material, keselamatan kerja (K3), maupun manajemen risiko secara menyeluruh.
- c. Pemodelan jembatan dilakukan menggunakan Autodesk Revit yang dibatasi pada pemodelan elemen struktur utama *balance cantilever* sebagai dasar integrasi dengan simulasi 4D.
- d. Penjadwalan dan simulasi konstruksi dilakukan menggunakan Autodesk Navisworks Manage, dengan memanfaatkan fitur TimeLiner untuk menghasilkan simulasi 4D berdasarkan data penjadwalan yang tersedia.
- e. Rekomendasi percepatan jadwal dilakukan berdasarkan analisis skenario (proyeksi), yaitu hasil identifikasi potensi ketidaksesuaian jadwal, tanpa melakukan validasi langsung terhadap implementasi percepatan di lapangan.
- f. Penelitian ini mengandalkan data sekunder (gambar pemodelan 3D, jadwal rencana, dan jadwal pelaksanaan) yang diperoleh dari proyek. Akurasi serta keandalan hasil analisis sepenuhnya bergantung pada kelengkapan data tersebut.
- g. Analisis kinerja waktu pada penelitian ini difokuskan pada evaluasi durasi pekerjaan *balanced cantilever* melalui penerapan BIM 4D menggunakan Autodesk Navisworks Manage. Penelitian tidak melakukan perbandingan kinerja waktu antara metode konvensional dan metode BIM, sehingga hasil yang diperoleh hanya menggambarkan efektivitas analisis dan visualisasi



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

penjadwalan dalam lingkungan BIM 4D berdasarkan data proyek yang tersedia.

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Memodelkan elemen struktur balance cantilever pada Proyek LRT Jakarta Fase 1B menggunakan Autodesk Revit dan Dynamo.
- b. Menganalisis kinerja waktu pekerjaan balanced cantilever melalui simulasi BIM 4D menggunakan Autodesk Navisworks Manage.
- c. Merekomendasikan perbaikan atau langkah optimasi durasi yang dapat diusulkan untuk meningkatkan efisiensi waktu pada sisa pengerjaan proyek tersebut.

1.5 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai urutan pembahasan di setiap bab, yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN Bab ini berisi latar belakang pemilihan topik mengenai analisis kinerja waktu metode balance cantilever pada Proyek LRT Jakarta Fase 1B. Selain itu, dipaparkan pula perumusan masalah, batasan masalah agar penelitian tetap fokus, tujuan yang ingin dicapai, serta sistematika penulisan keseluruhan naskah .

BAB II TINJAUAN PUSTAKA. Bab ini menyajikan landasan teori yang relevan, mencakup penelitian terdahulu (state of the art) dan keterbaruan (novelty) penelitian. Pembahasan juga meliputi karakteristik proyek LRT, metode konstruksi balance cantilever, konsep manajemen waktu proyek, hingga penggunaan teknologi Building Information Modeling (BIM) khususnya dimensi 4D menggunakan perangkat lunak Autodesk Navisworks Manage.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN. Bab ini menjelaskan prosedur penelitian yang meliputi lokasi dan objek penelitian di Proyek LRT Jakarta Fase 1B. Diuraikan tahap-tahap penelitian yang terdiri dari identifikasi masalah, pengumpulan



data sekunder, hingga tahapan pengolahan data menggunakan Autodesk Revit untuk pemodelan 3D dan Navisworks untuk simulasi 4D dan analisis data serta kesimpulan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN. Bab ini memaparkan hasil pemodelan elemen struktur balance cantilever dan visualisasi simulasi penjadwalan 4D. Pembahasan berfokus pada analisis deviasi antara durasi rencana dan aktual, identifikasi faktor penyebab keterlambatan pada cycle time teknis, serta penyusunan skenario optimasi jadwal baru untuk meningkatkan efisiensi waktu pada pengerjaan proyek.

BAB V PENUTUP. Bab ini berisi kesimpulan akhir dari seluruh hasil analisis yang telah dilakukan sesuai dengan tujuan penelitian. Selain itu, bab ini juga memberikan saran-saran yang bersifat membangun bagi pihak proyek maupun untuk pengembangan penelitian selanjutnya di bidang manajemen konstruksi berbasis BIM.

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan, simulasi BIM 4D, dan analisis kinerja waktu pada pekerjaan balanced cantilever Proyek LRT Jakarta Fase 1B, dapat disimpulkan bahwa integrasi Autodesk Revit, Microsoft Project, dan Autodesk Navisworks Manage mampu memberikan visualisasi penjadwalan yang lebih sistematis dan informatif terhadap hubungan antara durasi rencana (Action Plan) dan durasi aktual (Monitoring Cycle Time).

Hasil analisis menunjukkan bahwa pekerjaan balanced cantilever pada P46B hingga P50B memiliki potensi deviasi waktu yang dipengaruhi oleh:

1. waktu repair beton inject grouting
2. survey setting formwork, install rebar dan install tendon
3. Install End Form
4. remove end form
5. stressing tendon
6. perpindahan launching form traveler
7. koordinasi antar segmen

Pada pekerjaan segmental balanced cantilever, keterlambatan satu segmen dapat mempengaruhi seluruh rangkaian pekerjaan berikutnya karena metode konstruksi ini memiliki ketergantungan siklus yang tinggi dan harus menjaga keseimbangan struktur secara simetris. Oleh karena itu, pengendalian cycle time menjadi faktor utama dalam menjaga kinerja waktu proyek.

Berdasarkan hasil analisis optimasi, beberapa strategi yang direkomendasikan untuk meningkatkan efisiensi waktu meliputi:

1. Hasil optimasi perbaikan durasi kinerja waktu tidak mempercepat jadwal pekerjaan mulai dan selesai tapi berdasarkan percepatan durasi mulai dan selesai.
2. pengurangan idle time yang mana pekerjaan Balance Cantilever dimulai dari 8-18 hari diringkas menjadi 7 hari.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

3. Percepatan survey setting formwork hari ke 1, install rebar (Bottom, Wall, Top) di hari ke 1-2-3 dan install tendon holes location dan endform formwork overlap di hari ke 2-3 durasi selama 2 hari.
4. Menjaga waktu concreting selama 2 hari di hari ke 3 dan ke 4.
5. Percepatan curing menggunakan beton strength tinggi dan pengawasan pada saat pengecoran beton secara baik agar percepatan curing dapat terlaksana selama 3 hari di hari ke 5-7, remove end form overlap di hari ke 5-6 durasi selama 2 hari.
6. launching Rel ft overlap di hari ke 5 durasi selama 1 hari dan persiapan stressing (Install angkur dan hydraulic jack) di hari ke 6 durasi selama 1 hari, dan pelaksanaan stressing tendon dan launching form traveller di hari ke 7 durasi terjaga 1 hari.
7. Total durasi dapat terjaga menjadi 7 hari.
8. Monitoring progres berbasis BIM 4D secara real-time.

Penerapan simulasi 4D terbukti membantu mengidentifikasi potensi keterlambatan lebih awal melalui visualisasi progres konstruksi sehingga proses evaluasi dan pengambilan keputusan dapat dilakukan secara lebih cepat, akurat, dan terintegrasi. Dengan demikian, penggunaan BIM 4D menggunakan Autodesk Navisworks Manage dapat menjadi salah satu metode efektif dalam mendukung pengendalian dan optimasi kinerja waktu pada proyek infrastruktur balanced cantilever berskala besar.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, penggunaan BIM 4D menggunakan Autodesk Revit, Microsoft Project, dan Autodesk Navisworks Manage disarankan untuk diterapkan secara lebih terintegrasi pada tahap perencanaan, pelaksanaan, dan monitoring proyek balanced cantilever. Penerapan monitoring progres berbasis BIM 4D secara real-time perlu dioptimalkan agar potensi keterlambatan pada pekerjaan segmental dapat terdeteksi lebih awal, khususnya pada pekerjaan curing beton, stressing tendon, perpindahan launching form traveler, dan koordinasi antar segmen yang memiliki pengaruh besar terhadap cycle time pekerjaan.

Dalam pelaksanaan proyek, kontraktor disarankan untuk menjaga konsistensi pola cycle time melalui pengurangan idle time, percepatan pekerjaan survey setting formwork, pemasangan rebar, pemasangan tendon, serta menjaga durasi concreting



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

dan curing dan stressing sesuai target optimasi. Selain itu, diperlukan pengawasan mutu beton dan koordinasi lapangan yang lebih baik agar proses launching form traveler dan stressing tendon dapat berjalan sesuai jadwal tanpa mengganggu keseimbangan konstruksi balanced cantilever.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar analisis tidak hanya berfokus pada optimasi waktu, tetapi juga dikembangkan pada aspek biaya (5D BIM), keselamatan kerja (safety), serta analisis produktivitas alat dan tenaga kerja. Penelitian berikutnya juga dapat menggunakan data proyek yang lebih luas dengan jumlah segmen dan bentang yang lebih besar agar hasil optimasi yang diperoleh menjadi lebih komprehensif dan aplikatif pada proyek infrastruktur lainnya.





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Berawi, M., Saroji, G., Iskandar, F., Ibrahim, B., Miraj, P., & Sari, M. (2020). Optimizing Land Use Allocation of Transit-Oriented Development (TOD) to Generate Maximum Ridership. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su12093798>.
- Nurokhman, Suryanto, Subagyo, S., & Madazzaman, W. Y. (2025). Dampak Transportasi Sistem Ligh Rail Transits terhadap Kemacetan Lalu Lintas dan Emisi Carbon di Jakarta. *CivETech (Civil Engineering and Technology Journal)*, 7(1), 37–48.
- Satria, R., & Apdeni, R. (2024). Implementasi building information modelling (BIM) untuk analisis clash detection dan penjadwalan proyek pembangunan gedung perkuliahan. *[Nama Jurnal]*, 5(3), 460–465.
- M SYAFUADTUDDIN, M. SYAFUADTUDDIN. "Tinjauan Pelaksanaan Konstruksi Pekerjaan Struktur Box Girder Balance Cantilever Dengan Metode Form Traveler Pada Proyek Pembangunan Jembatan Ogan Tol Kayu Agung Palembang Betung." *LAPORAN KERJA PRAKTIK TINJAUAN PELAKSANAAN KONSTRUKSI PEKERJAAN STRUKTUR BOX GIRDER BALANCE CANTILEVER DENGAN METODE FORM TRAVELER PADA PROYEK PEMBANGUNAN JEMBATAN OGAN TOL KAYU AGUNG PALEMBANG BETUNG* (2021).
- Ferina, F. (2024). *Analisis perbandingan quantity take off antara penggunaan Autodesk Revit terhadap penggunaan Cubicost TAS pada pekerjaan struktur bangunan rumah sakit (Studi Kasus: Proyek TCD TMII Fase 2 & 3)*. Skripsi, Politeknik Negeri Jakarta.
- Octavia, A. P., Purnomo, A., & Yasinta, R. B. (2023). Analisis penjadwalan ulang proyek dengan building information modelling pada pembangunan Gedung Graha Pemuda Kompleks Katedral Jakarta. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(3), 26307–26319.
- Dahlan, Opin Zahendra. "Analisis Perbandingan Biaya Dan Waktu Antara Penjadwalan Dengan Barchart Dan Linear Scheduling Method (Comparative Analysis Of Costs And Time On Scheduling Using Barchart And Linear



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Method)(Studi Kasus: Proyek Pembangunan Jalan Coastal Road Tahap II Multiyears)." (2018).

Nugraha, Axsyal Aditya. *Implementasi Konsep Building Information Modeling (BIM) 4D Dalam Tahap Perencanaan Penjadwalan Proyek Pembangunan Jembatan (Studi Kasus: Penggantian Jembatan Perring Kloji Kabupaten Mojokerto)*. Diss. Universitas Islam Indonesia, 2024.

Muhammad, Fadhil, et al. "Perencanaan Jadwal dan Anggaran Biaya dengan Penerapan BIM pada Proyek Jembatan CL-06 Ibu Kota Nusantara." *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*. Vol. 16. No. 1. 2025.

Kosim, W., & Supartono, F. (2020). *Analisis jembatan beton prategang box girder dengan metode balanced cantilever*. JMTS: Jurnal Mitra Teknik Sipil, 3(2), 375

Pratama, Ardy Rifqi. "Implementasi Konsep Bim 4d Tahap Perencanaan Dalam Percepatan Waktu Pada Pekerjaan Struktural Gedung 3 Lantai." (2022).

Aritonang, S. T. A. (2024). *Implementasi BIM 4D dalam Efektivitas Manajemen Apartemen Emerald*.

Ferry, & Indrastuti. (2020). *Penerapan BIM pada Proyek Pembangunan Workshop Kapal*.

Octavia, A. P., dkk. (2023). *Analisis Penjadwalan Ulang Proyek BIM Pembangunan Graha Pemuda*.

Satria, R., & Apdeni, R. (2024). *Implementasi BIM untuk Clash Detection & Penjadwalan Gedung Perkuliahan*.

Januarko Adi Wibowo (2023). *Analisis Kinerja Waktu Revitalisasi Halte BRT Dukuh Atas*.

Nurhayati, N. (2021). *Analisa penerapan manajemen waktu pada proyek konstruksi jalan raya (studi kasus PT. XYZ dan PT. XPR di Kota Baubau)*. Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN, 12(2)

Nurokhman, Suryanto, Subagyo, S., & Madazzaman, W. Y. (2025). Dampak Pembangunan LRT Jakarta Fase 1B (Velodrome - Manggarai) Terhadap Kemacetan Lalu Lintas dan Emisi Carbon Di Jakarta. *CivETech: Civil Engineering and Technology Journal*, 7(1)

Gumelar, E. (2019). *Bab II Tinjauan Pustaka dan Kerangka Berfikir* [Tugas Akhir/Tesis, Universitas Mercu Buana]. Jakarta: Digilib Universitas Mercu Buana.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Haryanto, A., & Santosa, B. (2020). Evaluasi Metode Balanced Cantilever pada Pembangunan Jembatan Bentang Panjang di Kawasan Urban. *Jurnal Konstruksi Dan Infrastruktur*, 8(2), 45–56.
- Kistiani, F. (2018). Analisis Risiko Keterlambatan Proyek Pembangunan Jalan Layang (Fly Over) Akibat Faktor Eksternal. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 12(1), 12–25.
- Mahendra, R., Utomo, C., & Rahmawati, Y. (2022). Penerapan Building Information Modeling (BIM) 4D untuk Optimasi Penjadwalan Proyek Kereta Api Layang. *Jurnal Teknik ITS*, 11(1), 34–40.
- Nugraha, P., Natan, I., & Sutjipto, R. (2018). *Manajemen Konstruksi*. Surabaya: Kartika Yudha.
- Nurokhman, N., Suryanto, S., Subagyo, S., & Madazzaman, W. Y. (2025). Digitalisasi Manajemen Konstruksi pada Proyek Strategis Transportasi Berbasis Rel di Indonesia. *Jurnal Inovasi Infrastruktur dan Teknologi*, 10(1), 15–28.
- Pratama, D. A., Setyawan, A., & Kusumaningrum, R. (2019). Strategi Integrasi Antarmoda Stasiun LRT terhadap Kawasan Transit Oriented Development (TOD). *Jurnal Transportasi Multimoda*, 17(2), 89–102.
- Santoso, H., & Setyowati, E. (2019). Pengendalian Waktu dan Biaya Proyek dengan Metode Earned Value Management. *Jurnal Ilmiah Semesta Teknika*, 22(1), 1–10.
- Sudarsana, D. K. (2017). Pengendalian Biaya dan Waktu Proyek Konstruksi. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 21(2), 154–162.
- Syaiful, S., & Muzakki, A. (2021). Analisis Teknis dan Operasional Jalur Kereta Api Ringan (LRT) dalam Mendukung Sistem Transportasi Berkelanjutan. *Jurnal Infrastruktur*, 7(1), 22–30.
- Wicaksono, A. (2020). Tantangan Pembangunan Infrastruktur Transportasi Massal di Kota-Kota Besar Indonesia. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*, 31(3), 201–215.
- Putra, A. A., & Islah, M. (2017). Perencanaan waktu dalam pelaksanaan proyek konstruksi untuk meminimalkan kerugian. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, 1(1).
- Waruwu, N. Y., & Supratikta, H. (2025). Manajemen waktu proyek dalam konteks nasional dan internasional. *Jurnal Ilmiah Ilmu Manajemen Magister*, 4(1), 45–53.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Lagonda, A. T., Pratas, P. A. K., & Tjakra, J. (2021). Analisis penerapan manajemen waktu pada proyek konstruksi. *TEKNO: Jurnal Teknik Sipil*, 19(78), 53–62.
- Aryani, F., Rafie, R., & Syahrudin. (2016). Analisa penerapan manajemen waktu pada proyek konstruksi jalan lingkungan di Kalimantan Barat. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 3(3).
- Bhaskara, A., Maulana, F. M., & Masagala, A. (2021). Analisis penjadwalan waktu dan biaya proyek dengan menggunakan *Linear Scheduling Method*. *Jurnal Teknik Sipil*
- Abbas, M., & Handayani, S. (2022). Analisis Produktivitas dan Cycle Time pada Pekerjaan Struktur Jembatan Layang. *Jurnal Teknik Sipil dan Infrastruktur*, 12(2), 45–53
- Haryanto, A., & Santosa, B. (2020). Evaluasi Metode Balanced Cantilever pada Pembangunan Jembatan Bentang Panjang di Kawasan Urban. *Jurnal Konstruksi Dan Infrastruktur*, 8(2), 45–56.
- Kosim, W., & Supartono, F.X. (2020). Analisis Jembatan Beton Prategang Box Girder dengan Metode Balanced Cantilever. *Jurnal Mitra Teknik Sipil*, 3(2).
- Kustarto, D.W.H. (2021). Box Girder Balance Cantilever Construction Method. *Civil Engineering Technology Journal*.
- Trisnawardhana, M.R., Piscesa, B., & Suprobo, P. (2021). Evaluasi Perancangan Jembatan Longspan Cililitan Proyek LRT Jabodebek Menggunakan Balanced Cantilever Precast Post-Tensioned Box Girder. *Jurnal Teknik ITS*.
- Purba, L.H., Supriyadi, B., & Suhendro, B. (2022). Effect of Creep on the Long-Term Deflection of Box Girder Balanced Cantilever Bridge Structure Using B3 Model and CEB 2010. *Journal of the Civil Engineering*.
- Purba, L.H., Supriyadi, B., & Suhendro, B. (2023). Long-term Deflection of Prestressed Concrete Box Girder Bridges Due to Creep and Shrinkage. *Geomate Journal*.
- Susanto, D.A., Purba, A., & Murdapa, F. (2020). Penerapan Beton Kekuatan Awal Tinggi untuk Percepatan Pekerjaan Jembatan Cast in Place Balanced Cantilever Prestressed Box Girder. *Jurnal Teknik Infrastruktur*.
- Ervianto, W.I. (2005). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta: Andi
- Ervianto, W.I. (2016). Manajemen Proyek Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil dan Perencanaan*.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Wulfram, I., & Pramudita, R. (2018). Analisis Percepatan Waktu Proyek Menggunakan Metode Crashing. *Jurnal Rekayasa Sipil*.
- Ardiansyah, R., & Wibowo, M.A. (2019). Implementasi Building Information Modeling (BIM) pada Proyek Infrastruktur. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Hidayat, T., & Kurniawan, A. (2020). Penerapan BIM pada Proyek Jalan Tol di Indonesia. *Jurnal Manajemen Konstruksi*.
- Kementerian PUPR. (2018). Pedoman Implementasi Building Information Modeling (BIM).
- Pratama, A., & Nugroho, S. (2020). Analisis Clash Detection Menggunakan BIM 3D. *Jurnal Rekayasa Sipil*.
- Rahmawati, D., & Adi, T.J.W. (2021). Analisis Penggunaan BIM 4D untuk Pengendalian Waktu Proyek. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*.
- Wibisono, A., & Santosa, B. (2022). Integrasi BIM 5D dalam Estimasi Biaya Proyek Konstruksi. *Jurnal Manajemen Proyek Konstruksi*.
- Hidayat, R., & Putra, A. (2020). Implementasi BIM 4D untuk Pengendalian Waktu Proyek Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil*.
- Sari, D.P., & Nugraha, P. (2019). Pemanfaatan BIM 4D untuk Simulasi Waktu Konstruksi. *Jurnal Teknik Infrastruktur*.
- Setiawan, B., & Adi, T.J.W. (2020). Analisis Pengendalian Jadwal Proyek Menggunakan BIM 4D. *Jurnal Manajemen Konstruksi*.
- Faqih Nadiya Umam, Erizal & Heriansyah Putra (2022). *Peningkatan Efisiensi Biaya Pembangunan Gedung Bertingkat Dengan Aplikasi BIM 5D. Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 12 No. 1.
– Mengukur efisiensi biaya dengan BIM 5D dibandingkan metode konvensional.
- Sadikin Hendriatiningsih, Andri Hernandi, Asep Yusup Saptari, Ratri Widyastuti, Dhendy Saragih (2019). *Building Information Modeling (BIM) Utilization for 3D Fiscal Cadastre. Indonesian Journal of Geography*, Vol. 51 No. 3.
- Yosef Metrio, Almuntofa Purwantoro & Dewantoro (2025). *Implementasi Building Information Modelling 3D, 4D, dan 5D pada Pembangunan Masjid Dodik Latpur Amborawang. Jurnal Civil Engineering Study*, Vol. 5 No. 02.
- Faqih Nadiya Umam, Erizal & Heriansyah Putra (2022). *Peningkatan Efisiensi Biaya Pembangunan Gedung Bertingkat Dengan Aplikasi BIM 5D. Teras Jurnal: Jurnal Teknik Sipil*, Vol. 12 No. 1.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Jati Utomo Dwi Hatmoko, Fajar Mega Rakhmab, Naufal Sultan Azzam Khanc & Frida Kristianid (2025). *Developing 8D Building Information Modeling and Virtual Reality to Minimize Safety Hazards in Construction Building Projects*. *Jurnal Sistem Informasi Bisnis*, Vol. 3 (2025).
- Ershadi, M., Jefferies, M., Davis, P., & Mojtahedi, M. (2021). *Implementation of Building Information Modelling in infrastructure construction projects: a study of dimensions and strategies*. *International Journal of Information Systems and Project Management*, 9(4), 43-59.
- Yang, D. et al. (2025). *The Role of BIM 6D and 7D in Enhancing Sustainable Construction*. *Technologies*, 13(2), 65.
- Wibowo, A., Adi, H. P., & Poedjiastoeti, H. (2022). *Evaluasi Penerapan Building Information Modeling (BIM) pada Proyek Gedung Workshop Politeknik Pekerjaan Umum di Semarang*. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(5).
- Arifin, M. F. A., dkk. (2024). *Modeling and Analysis of Column Formwork Construction Components Using Dynamo Revit*. *Aceh International Journal of Science and Technology*.
- Saputra, A., dkk. (2020). *Penerapan Building Information Modeling (BIM) pada Bangunan Gedung menggunakan Autodesk Revit*. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*.
- Sungkai, C. K., dkk. (2021). *Penerapan BIM menggunakan Autodesk Revit 2019 pada Pekerjaan Struktur*. *Jurnal Rekayasa Sipil dan Desain*.
- Pratama, A., & Marzuki, P. F. (2023). *Kajian Implementasi BIM di Indonesia*. *Jurnal Teknik Sipil ITB*.
- Fatmawati, N. E. (2024). *Pemodelan Struktur Bangunan Jembatan Menggunakan BIM Revit 3D*. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*.