



## LEMBAR PERSETUJUAN

### TUGAS AKHIR

# **OPTIMASI PRODUKTIVITAS DAN PENGURANGAN *WASTE* PADA PEKERJAAN *BORED PILE* MELALUI PENERAPAN *ADVANCED VALUE STREAM MAPPING* DAN SIMULASI *BUILDING INFORMATION MODELLING 4D***

## **STUDI KASUS: GEDUNG SIDANG PARIPURNA IBU KOTA NUSANTARA, PENAJAM PASER, KALIMANTAN TIMUR**

Telah disetujui oleh pembimbing untuk dilaksanakan ujian

**Elang Fajar Bayu Kusuma**  
NIM. 233164

**Muhammad Aqil Rosyied**  
NIM. 233201

Semarang, 24 Juli 2026

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

**Dr. Ir. Taufan Madiasworo, S.T., M.T.**  
NIP. 197502072001121003

**Robi Fernando, S.T., M.T.**  
NIP. 198608282014021005

**PROGRAM STUDI  
TEKNOLOGI KONSTRUKSI BANGUNAN GEDUNG  
POLITEKNIK PEKERJAAN UMUM  
TAHUN 2026**

**OPTIMASI PRODUKTIVITAS DAN PENGURANGAN *WASTE*  
PADA PEKERJAAN *BORED PILE* MELALUI PENERAPAN  
*ADVANCED VALUE STREAM MAPPING* DAN SIMULASI  
*BUILDING INFORMATION MODELLING 4D***

**STUDI KASUS: GEDUNG SIDANG PARIPURNA IBU KOTA  
NUSANTARA, PENAJAM PASER, KALIMANTAN TIMUR**

**Tugas Akhir Disusun Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar  
Ahli Madya Teknik (A.Md.T)  
Politeknik Pekerjaan Umum Semarang**

Oleh:

- |                            |                          |
|----------------------------|--------------------------|
| 1. Elang Fajar Bayu Kusuma | 2. Muhammad Aqil Rosyied |
| NIM. 233164                | NIM. 233201              |

Tanggal Ujian : Selasa, 28 Juli 2026

Menyetujui,

Ketua Penguji : Dr. Ir. Taufan Madiasworo, S.T., M.T.

()

Penguji 1 : Hanif Nanda Syahputra, S.T., M.T.

()

Penguji 2 : Nofriani Surahman, S.T., M.T.

()

Mengesahkan,  
Direktur  
Politeknik Pekerjaan Umum

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung



Ir. Brawijaya, S.E., M.Eng.I.E, MSCE, Ph.D, IPU, ASEAN.Eng.  
NIP. 196606101995021001



Dr. Raditya Hari Murti, S.T., M.Sc., M.T.  
NIP. 197904282005021002

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Kami yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Mahasiswa 1 / NIM: Elang Fajar Bayu Kusuma / 233164

Nama Mahasiswa 2 / NIM: Muhammad Aqil Rosyied / 233201

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang berjudul “**Optimasi Produktivitas dan Pengurangan *Waste* pada Pekerjaan *Bored Pile* Melalui Penerapan *Advanced Value Stream Mapping* dan Simulasi *Building Information Modelling 4D***” ini adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika disebutkan sumbernya dan belum pernah diajukan pada institusi mana pun, serta bukan karya jiplakan/plagiat. Kami bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi. Demikian pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Semarang, 6 Agustus 2026

Yang menyatakan,



Elang Fajar Bayu Kusuma  
NIM. 233164

Muhammad Aqil Rosyied  
NIM. 233201

## MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

“Bersama kesulitan pasti ada kemudahan”

*(al-Insyirah: 5)*

“Tunjukilah kami jalan yang lurus”

*(al-Fatihah: 6)*

Persembahan:

Dengan penuh rasa syukur dan hormat, karya ini kami persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan moral maupun material, serta menjadi sumber semangat dan inspirasi dalam setiap langkah perjalanan pendidikan kami.
2. Bapak Dr. Raditya Hari Murti, S.T., M.Sc., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung.
3. Bapak Dr. Ir. Taufan Madiasworo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Robi Fernando, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II, yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan motivasi selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Teman-teman seperjuangan TKBG Angkatan 2023, yang telah menjadi rekan belajar, berdiskusi, bertukar pengalaman, serta saling memberikan dukungan selama menjalani proses pendidikan hingga penyelesaian Tugas Akhir ini.

## KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat serta karuniaNya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan penyusunan tugas akhir ini dengan judul “Optimasi Produktivitas dan Pengurangan *Waste* pada Pekerjaan *Bored Pile* Melalui Penerapan *Advanced Value Stream Mapping* dan Simulasi *Building Information Modelling 4D*” studi kasus Gedung Sidang Paripurna Ibu Kota Nusantara, Penajam Paser, Kalimantan Timur. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan D-III Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung di Politeknik Pekerjaan Umum Semarang.

Pada kesempatan ini, Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada para pihak yang turut memberikan doa serta dukungannya sehingga laporan tugas akhir ini dapat diselesaikan, yaitu:

1. Bapak Ir. Brawijaya, S.E., MEng.I.E., MSCE, Ph.D, IPU, ASEAN.Eng. selaku Direktur Politeknik Pekerjaan Umum periode 2024–sekarang;
2. Bapak Syamsul Bahri, S.Si., M.T. selaku Wakil Direktur I Bidang Akademik Politeknik Pekerjaan Umum periode 2023–sekarang;
3. Bapak Ir. Iriandi Azwartika, Sp-1 selaku Wakil Direktur II Bidang Administrasi dan Umum Politeknik Pekerjaan Umum periode 2023–sekarang;
4. Bapak Khusairi, S.T., M.Eng. selaku Wakil Direktur III Bidang Kemahasiswaan dan Alumni Politeknik Pekerjaan Umum periode 2025–sekarang;
5. Bapak Dr. Raditya Hari Murti, S.T., M.Sc., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung, Politeknik Pekerjaan Umum.
6. Bapak Dr. Ir. Taufan Madiasworo, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing serta memberikan masukan sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu;
7. Bapak Robi Fernando, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing serta memberikan masukan sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan tepat waktu;

8. Seluruh dosen Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Politeknik Pekerjaan Umum Semarang yang telah memberikan ilmu, arahan, dan motivasi selama duduk dibangku perkuliahan;
9. Bapak Eko Arif Sofyan, selaku *Project Manager* (PM) Proyek Pembangunan Gedung dan Kawasan Sidang Paripurna di IKN telah memberikan akses sumber daya dan data proyek selama penyusunan tugas akhir berlangsung;
10. Bapak M. Fajrin Hernata, S.T. selaku *Site Operasional Manager* (SOM) di Proyek Pembangunan Gedung dan Kawasan Sidang Paripurna di IKN telah memberikan arahan dan kesempatan selama magang;
11. Bapak Fiqri Rangga, S.T. selaku *Site Engineer Manager* (SEM) di Proyek Pembangunan Gedung dan Kawasan Sidang Paripurna di IKN telah memberikan arahan dan kesempatan selama magang;
12. Bapak Bagus Maulana, S.T. selaku *Site Engineer* (SE) Struktur sekaligus mentor magang kami di Proyek Pembangunan Gedung dan Kawasan Sidang Paripurna di IKN telah memberikan arahan, ilmu, dan pengalaman selama magang;
13. Keluarga besar Penulis atas doa serta dukungannya sehingga Penulis dapat menyelesaikan penyusunan laporan tugas akhir ini dengan lancar dan selesai tepat waktu;
14. Seluruh teman-teman seperjuangan mahasiswa Program Studi Teknologi Konstruksi Bangunan Gedung Angkatan 2023 yang telah berjuang duduk di bangku kuliah selama 3 tahun lamanya;
15. Semua pihak yang ikut serta dalam membantu dalam proses penyelesaian laporan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih memiliki banyak kekurangan dalam laporan tugas akhir ini, baik dari teknik penyajian maupun materi, mengingat keterbatasan pengetahuan dan kemampuan Penulis. Oleh karena itu, Penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi para pembacanya.

**Semarang, 5 Agustus 2026**

**Penulis,**

## DAFTAR ISI

|                                                                         |              |
|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
| <b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>                                         | <b>ii</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>                                          | <b>iii</b>   |
| <b>PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>                                     | <b>iv</b>    |
| <b>MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....</b>                                       | <b>v</b>     |
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                                              | <b>vi</b>    |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                                    | <b>viii</b>  |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                                  | <b>x</b>     |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                                               | <b>xv</b>    |
| <b>DAFTAR TABEL.....</b>                                                | <b>xviii</b> |
| <b>DAFTAR ISTILAH .....</b>                                             | <b>xx</b>    |
| <b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>                                            | <b>xxvii</b> |
| <b>BAB 1. PENDAHULUAN .....</b>                                         | <b>1</b>     |
| 1.1 Latar Belakang .....                                                | 1            |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                                               | 3            |
| 1.3 Pertanyaan Penelitian.....                                          | 4            |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                                             | 4            |
| 1.5 Batasan Penelitian .....                                            | 5            |
| 1.6 Manfaat Penelitian .....                                            | 7            |
| 1.7 Pemangku Kepentingan Proyek .....                                   | 8            |
| <b>BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                                     | <b>9</b>     |
| 2.1 Pekerjaan <i>Bored Pile</i> .....                                   | 9            |
| 2.1.1 Definisi Pekerjaan <i>Bored Pile</i> .....                        | 9            |
| 2.1.2 Tahapan Pelaksanaan Pekerjaan <i>Bored pile</i> .....             | 9            |
| 2.1.3 Faktor yang Memengaruhi Kinerja Pekerjaan <i>Bored Pile</i> ..... | 11           |
| 2.2 Kondisi Tanah pada Pekerjaan <i>Bored pile</i> .....                | 11           |
| 2.2.1 Definisi dan Karakteristik Tanah .....                            | 11           |
| 2.2.2 Penyelidikan Tanah dengan <i>Drilling log/Bore log</i> .....      | 12           |
| 2.2.3 <i>Standard Penetration Test (SPT)</i> dan Nilai N-SPT .....      | 12           |
| 2.2.4 Karakteristik <i>Clayshale, Claystone, dan Sandstone</i> .....    | 13           |

|       |                                                                               |    |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.5 | Pengaruh Kondisi Tanah terhadap Pekerjaan <i>Bored Pile</i> .....             | 14 |
| 2.3   | Optimasi Produktivitas Pekerjaan <i>Bored Pile</i> .....                      | 15 |
| 2.3.1 | Definisi Optimasi .....                                                       | 15 |
| 2.3.2 | Definisi Produktivitas.....                                                   | 15 |
| 2.3.3 | Faktor yang Memengaruhi Produktivitas.....                                    | 16 |
| 2.3.4 | <i>Rate of Penetration</i> (ROP).....                                         | 17 |
| 2.3.5 | <i>Cycle Time</i> (C/T) .....                                                 | 18 |
| 2.3.6 | Analisis Keceragaman Data <i>Cycle Time</i> .....                             | 19 |
| 2.4   | <i>Waste</i> dalam Konstruksi.....                                            | 19 |
| 2.4.1 | Definisi <i>Waste</i> Konstruksi.....                                         | 19 |
| 2.4.2 | Jenis-Jenis <i>Waste</i> Konstruksi .....                                     | 20 |
| 2.4.3 | <i>Waste</i> pada Pekerjaan <i>Bored Pile</i> .....                           | 21 |
| 2.4.4 | Metode 5 <i>Why Analysis</i> .....                                            | 22 |
| 2.5   | <i>Lean Construction</i> .....                                                | 23 |
| 2.5.1 | Definisi <i>Lean Construction</i> .....                                       | 23 |
| 2.5.2 | Prinsip <i>Lean Construction</i> .....                                        | 23 |
| 2.5.3 | Manfaat <i>Lean Construction</i> .....                                        | 24 |
| 2.6   | <i>Advanced Value Stream Mapping</i> (AVSM).....                              | 25 |
| 2.6.1 | Definisi <i>Advanced Value Stream Mapping</i> (AVSM).....                     | 25 |
| 2.6.2 | <i>Current State Value Stream Mapping</i> .....                               | 26 |
| 2.6.3 | <i>Future State Value Stream Mapping</i> .....                                | 26 |
| 2.6.4 | Indikator Analisis pada <i>Value Stream Mapping</i> .....                     | 26 |
| 2.7   | <i>Building Information Modelling</i> (BIM) 4D .....                          | 29 |
| 2.7.1 | Definisi BIM 4D .....                                                         | 29 |
| 2.7.2 | Komponen dan Karakteristik BIM 4D .....                                       | 30 |
| 2.7.3 | Manfaat BIM 4D dalam Pengendalian Jadwal.....                                 | 30 |
| 2.8   | Integrasi AVSM dan BIM 4D .....                                               | 31 |
| 2.8.1 | Konsep Integrasi AVSM dan BIM 4D.....                                         | 31 |
| 2.8.2 | Pengaruh Integrasi AVSM dan BIM 4D terhadap Produktivitas..                   | 32 |
| 2.8.3 | Pengaruh Integrasi AVSM dan BIM 4D terhadap Pengurangan<br><i>Waste</i> ..... | 33 |
| 2.9   | Populasi dan Teknik Pengambilan Sampel .....                                  | 33 |

|               |                                                                                                                                                       |           |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.9.1         | Konsep Populasi dan Sampel .....                                                                                                                      | 33        |
| 2.9.2         | Penentuan Jumlah Sampel dengan Rumus Slovin .....                                                                                                     | 34        |
| 2.10          | Metode dan Pendekatan Penelitian .....                                                                                                                | 34        |
| 2.10.1        | Pendekatan Kuantitatif Deskriptif.....                                                                                                                | 34        |
| 2.10.2        | Pendekatan Kualitatif Melalui Wawancara Tidak Terstruktur .....                                                                                       | 35        |
| 2.10.3        | Pendekatan Campuran ( <i>Mixed Methods</i> ) .....                                                                                                    | 36        |
| 2.11          | Posisi dan Kebaruan Penelitian.....                                                                                                                   | 37        |
| <b>BAB 3.</b> | <b>METODE PENELITIAN .....</b>                                                                                                                        | <b>44</b> |
| 3.1           | Pendekatan Penelitian .....                                                                                                                           | 44        |
| 3.2           | Tahapan Penelitian.....                                                                                                                               | 49        |
| 3.3           | Tempat dan Waktu Penelitian .....                                                                                                                     | 53        |
| 3.4           | Populasi dan Sampel Penelitian .....                                                                                                                  | 55        |
| 3.4.1         | Populasi.....                                                                                                                                         | 55        |
| 3.4.2         | Sampel.....                                                                                                                                           | 56        |
| 3.5           | Data Penelitian .....                                                                                                                                 | 57        |
| 3.5.1         | Data Primer .....                                                                                                                                     | 58        |
| 3.5.2         | Data Sekunder.....                                                                                                                                    | 58        |
| 3.6           | Metode Penelitian.....                                                                                                                                | 59        |
| 3.6.1         | Metode Pengumpulan Data.....                                                                                                                          | 59        |
| 3.6.2         | Metode Pengolahan Data .....                                                                                                                          | 63        |
| 3.7           | Diagram Alir Penelitian .....                                                                                                                         | 75        |
| <b>BAB 4.</b> | <b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                                                                                                     | <b>77</b> |
| 4.1.          | Gambaran Umum Objek Penelitian .....                                                                                                                  | 77        |
| 4.2.          | Pengumpulan Data Penelitian .....                                                                                                                     | 79        |
| 4.2.1         | Alat dan Material Pekerjaan <i>Bored Pile</i> .....                                                                                                   | 79        |
| 4.2.2         | Metode Pelaksanaan Pekerjaan <i>Bored Pile</i> .....                                                                                                  | 82        |
| 4.2.3         | Data Zona dan Titik Sampel <i>Bored Pile</i> .....                                                                                                    | 88        |
| 4.2.4         | Rekapitulasi Data Hasil Observasi Lapangan .....                                                                                                      | 92        |
| 4.2.5         | Data Pendukung <i>Drilling log/Bore log</i> .....                                                                                                     | 99        |
| 4.2.6         | Data Jadwal dan Model BIM 3D Pekerjaan <i>Bored Pile</i> .....                                                                                        | 103       |
| 4.3.          | Analisis Produktivitas Pekerjaan <i>Bored pile</i> Berdasarkan <i>Cycle Time</i><br>( <i>C/T</i> ) dan <i>Rate of Penetration</i> ( <i>ROP</i> )..... | 105       |

|                                          |                                                                                                      |            |
|------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 4.3.1                                    | Perhitungan <i>Cycle Time (C/T)</i> .....                                                            | 105        |
| 4.3.2                                    | Uji Keseragaman Data <i>Cycle Time (C/T)</i> .....                                                   | 109        |
| 4.3.3                                    | Perhitungan <i>Rate of Penetration (ROP)</i> .....                                                   | 112        |
| 4.3.4                                    | Interpretasi Produktivitas Berdasarkan Zona dan Kondisi Tanah....                                    | 115        |
| 4.4.                                     | Identifikasi <i>Waste</i> dan Analisis 5 <i>Why</i> .....                                            | 118        |
| 4.4.1                                    | Identifikasi <i>Waste Defect</i> .....                                                               | 118        |
| 4.4.2                                    | Identifikasi <i>Waste Overprocessing</i> .....                                                       | 119        |
| 4.4.3                                    | Identifikasi <i>Waste Waiting</i> .....                                                              | 121        |
| 4.4.4                                    | Identifikasi <i>Waste Motion</i> .....                                                               | 124        |
| 4.4.5                                    | Hasil Wawancara Tidak Terstruktur .....                                                              | 125        |
| 4.4.6                                    | Analisis Akar Penyebab Menggunakan 5 <i>Why analysis</i> .....                                       | 130        |
| 4.5.                                     | Analisis <i>Advanced Value Stream Mapping (AVSM)</i> .....                                           | 134        |
| 4.5.1                                    | Identifikasi <i>Value Adding</i> dan <i>Non Value Adding Activity</i> .....                          | 134        |
| 4.5.2                                    | Penyusunan <i>Current State Value Stream Mapping</i> .....                                           | 138        |
| 4.5.3                                    | Penyusunan <i>Future State Value Stream Mapping</i> .....                                            | 142        |
| 4.5.4                                    | Perbandingan <i>Current State</i> dan <i>Future State Value Stream Mapping</i> .....                 | 144        |
| 4.6.                                     | Pengembangan dan Simulasi <i>Building Information Modelling (BIM)</i> 4D .....                       | 147        |
| 4.6.1                                    | Penyusunan Jadwal <i>Current State</i> Berdasarkan Realisasi Lapangan .....                          | 147        |
| 4.6.2                                    | Penyusunan Jadwal <i>Future State</i> Berdasarkan Usulan Perbaikan AVSM .....                        | 149        |
| 4.6.3                                    | Integrasi Model dan Jadwal pada <i>Autodesk Navisworks Manage</i> ....                               | 151        |
| 4.6.4                                    | Perbandingan Simulasi BIM 4D <i>Current State</i> dan <i>Future State Value Stream Mapping</i> ..... | 154        |
| 4.7.                                     | Pembahasan Hasil Penelitian .....                                                                    | 155        |
| <b>BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b> |                                                                                                      | <b>158</b> |
| 5.1.                                     | Kesimpulan .....                                                                                     | 158        |
| 5.2.                                     | Saran.....                                                                                           | 160        |

|                             |            |
|-----------------------------|------------|
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b> | <b>161</b> |
| <b>LAMPIRAN.....</b>        | <b>166</b> |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 2. 1 Diagram alir tahapan pekerjaan <i>bored pile</i> .....                                                                       | 10  |
| Gambar 3. 1 Tahapan penelitian .....                                                                                                     | 47  |
| Gambar 3. 2 Pendekatan penelitian.....                                                                                                   | 48  |
| Gambar 3. 3 Lokasi Proyek Pembangunan Gedung dan Kawasan Sidang<br>Paripurna IKN .....                                                   | 53  |
| Gambar 3. 4 Denah pembagian zona pekerjaan <i>bored pile</i> .....                                                                       | 54  |
| Gambar 3. 5 Proses observasi pengambilan data pekerjaan <i>bored pile</i> .....                                                          | 60  |
| Gambar 3. 6 Format diagram <i>Value Stream Mapping</i> .....                                                                             | 72  |
| Gambar 3. 7 Model 3D BIM Pekerjaan <i>bored pile</i> pada <i>Autodesk Revit 2026</i> ....                                                | 73  |
| Gambar 3. 8 Tampilan jadwal pekerjaan <i>bored pile</i> pada <i>Microsoft Project<br/>Professional</i> .....                             | 74  |
| Gambar 3. 9 Integrasi model NWC dan jadwal pada <i>Autodesk Navisworks<br/>Manage 2026</i> .....                                         | 75  |
| Gambar 3. 10 Bagan Alir Penelitian .....                                                                                                 | 76  |
| Gambar 4. 1 Denah zona observasi pekerjaan <i>bored pile</i> .....                                                                       | 78  |
| Gambar 4. 2 <i>Shop drawing</i> denah pekerjaan <i>bored pile</i> .....                                                                  | 83  |
| Gambar 4. 3 <i>Setting</i> titik <i>bored pile</i> yang akan dibor .....                                                                 | 83  |
| Gambar 4. 4 Proses pengeboran menggunakan <i>rotary drilling</i> .....                                                                   | 84  |
| Gambar 4. 5 Pengecekan kedalaman lubang <i>bored pile</i> .....                                                                          | 84  |
| Gambar 4. 6 Pemasangan <i>casing</i> setelah pengeboran.....                                                                             | 85  |
| Gambar 4. 7 Pemasukan tulangan ke dalam lubang <i>bored pile</i> .....                                                                   | 85  |
| Gambar 4. 8 Pemasangan pipa <i>tremie</i> sebelum pengecoran .....                                                                       | 86  |
| Gambar 4. 9 Proses pengecoran lubang <i>bored pile</i> menggunakan <i>truck mixer</i> ....                                               | 86  |
| Gambar 4. 10 Pengangkatan pipa <i>tremie</i> setelah pengecoran.....                                                                     | 87  |
| Gambar 4. 11 Pengangkutan tanah sisa pengeboran dengan <i>dump truck</i> .....                                                           | 87  |
| Gambar 4. 12 Denah area titik pengamatan pekerjaan <i>bored pile</i> .....                                                               | 88  |
| Gambar 4. 13 Contoh pengisian form perhitungan waktu aktivitas pekerjaan <i>bored<br/>pile</i> .....                                     | 93  |
| Gambar 4. 14 Hasil <i>superimposed</i> titik <i>bore log</i> pada denah dan potongan<br>memanjang area pekerjaan <i>bored pile</i> ..... | 100 |

|                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4. 15 Data hasil pengujian <i>drilling log/bore log</i> BH3.09.....                         | 102 |
| Gambar 4. 16 Data jadwal pekerjaan <i>bored pile</i> pada <i>Microsoft Project</i> .....           | 103 |
| Gambar 4. 17 Visualisasi pemodelan BIM 3D pekerjaan <i>bored pile</i> .....                        | 104 |
| Gambar 4. 18 Contoh perhitungan <i>cycle time</i> pada titik <i>bored pile</i> 73.....             | 106 |
| Gambar 4. 19 Grafik rata-rata <i>Cycle Time (C/T)</i> berdasarkan zona observasi ...               | 107 |
| Gambar 4. 20 Grafik rata-rata <i>Cycle Time (C/T)</i> berdasarkan alat pengeboran..                | 108 |
| Gambar 4. 21 Grafik sebaran data hasil uji keseragaman (Sany 155R).....                            | 111 |
| Gambar 4. 22 Grafik sebaran data hasil uji keseragaman (Zoomlion) .....                            | 112 |
| Gambar 4. 23 Grafik rata-rata <i>Rate of Penetration (ROP)</i> berdasarkan zona observasi.....     | 114 |
| Gambar 4. 24 Grafik rata-rata <i>Rate of Penetration (ROP)</i> berdasarkan alat pengeboran .....   | 115 |
| Gambar 4. 25 Tulangan spiral tidak digunakan karena kurang sesuai.....                             | 118 |
| Gambar 4. 26 Hasil pengujian <i>crosshole sonic logging (CSL)</i> pada <i>bored pile</i> .         | 119 |
| Gambar 4. 27 Pemeriksaan kedalaman lubang <i>bored pile</i> sebelum pengecoran                     | 120 |
| Gambar 4. 28 Proses pengecoran lubang <i>bored pile</i> yang melebihi kedalaman.                   | 120 |
| Gambar 4. 29 Proses pengeboran ulang sampai kedalaman rencana.....                                 | 121 |
| Gambar 4. 30 Antrian keterlambatan <i>truck mixer</i> untuk melakukan pengecoran                   | 122 |
| Gambar 4. 31 Proses perbaikan pin <i>Kelly bar</i> pada saat pengeboran <i>bored pile</i>          | 123 |
| Gambar 4. 32 Operator bermain <i>handphone</i> ketika pengeboran .....                             | 123 |
| Gambar 4. 33 Perpindahan alat pengeboran pada elevasi berbeda tidak sesuai zona .....              | 124 |
| Gambar 4. 34 Hasil penyusunan <i>Current State Value Stream Mapping</i> .....                      | 140 |
| Gambar 4. 35 Hasil penyusunan <i>Future State Value Stream Mapping</i> .....                       | 143 |
| Gambar 4. 36 Jadwal <i>Current State</i> berdasarkan realisasi di lapangan .....                   | 148 |
| Gambar 4. 37 Detail durasi pelaksanaan <i>Current State</i> setiap zona .....                      | 148 |
| Gambar 4. 38 Jadwal <i>Future State</i> berdasarkan rekomendasi perbaikan .....                    | 150 |
| Gambar 4. 39 Detail durasi pelaksanaan <i>Future State</i> setiap zona .....                       | 150 |
| Gambar 4. 40 Proses ekspor model 3D format NWC dari <i>Autodesk Revit</i> .....                    | 152 |
| Gambar 4. 41 Proses <i>Input</i> model ke dalam <i>Autodesk Navisworks Manage</i> .....            | 152 |
| Gambar 4. 42 Proses <i>import</i> jadwal <i>Microsoft project</i> ke dalam <i>Navisworks</i> ..... | 153 |

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Gambar 4. 43 Proses menghubungkan jadwal pekerjaan dengan elemen model 3D .....                        | 153 |
| Gambar 4. 44 Visualisasi <i>Timeliner Current State</i> dan <i>Future State</i> pada Minggu ke-26..... | 154 |



## DAFTAR TABEL

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 1. 1 Pemangku kepentingan proyek Gedung Paripurna .....                                       | 8   |
| Tabel 2. 1 Hubungan nilai N-SPT dan Konsistensi tanah.....                                          | 13  |
| Tabel 2. 2 Simbol dan <i>grafik Current</i> dan <i>Future State Mapping</i> .....                   | 27  |
| Tabel 2. 3 Perbandingan penelitian terdahulu.....                                                   | 37  |
| Tabel 3. 1 Jadwal pelaksanaan penelitian .....                                                      | 55  |
| Tabel 3. 2 Form observasi waktu aktivitas pekerjaan <i>bored pile</i> .....                         | 60  |
| Tabel 3. 3 Rincian batas pengambilan waktu tahapan pekerjaan <i>bored pile</i> .....                | 61  |
| Tabel 3. 4 Informan penelitian .....                                                                | 62  |
| Tabel 3. 5 Form rekapitulasi data hasil observasi .....                                             | 64  |
| Tabel 3. 6 Form kejadian <i>waste</i> pada pekerjaan <i>bored pile</i> .....                        | 69  |
| Tabel 3. 7 Form analisis <i>waste</i> metode 5 <i>why analysis</i> .....                            | 71  |
| Tabel 4. 1 Data Umum Proyek Pembangunan Gedung dan Kawasan Sidang<br>Paripurna .....                | 77  |
| Tabel 4. 2 Alat pekerjaan <i>bored pile</i> .....                                                   | 79  |
| Tabel 4. 3 Spesifikasi <i>Rotary Drilling Machine</i> pekerjaan <i>bored pile</i> .....             | 81  |
| Tabel 4. 4 Material pekerjaan <i>bored pile</i> .....                                               | 82  |
| Tabel 4. 5 Data zona dan titik <i>bored pile</i> yang diamati .....                                 | 89  |
| Tabel 4. 6 Rekapitulasi jumlah sampel <i>bored pile</i> per zona .....                              | 92  |
| Tabel 4. 7 Rekapitulasi hasil observasi sampel titik <i>bored pile</i> .....                        | 94  |
| Tabel 4. 8 Titik dan koordinat <i>drilling log/bore log</i> .....                                   | 99  |
| Tabel 4. 9 Rekapitulasi data <i>drilling log/bore log</i> .....                                     | 101 |
| Tabel 4. 10 Rekapitulasi perhitungan <i>Cycle Time (C/T)</i> berdasarkan zona<br>observasi.....     | 107 |
| Tabel 4. 11 Rekapitulasi perhitungan <i>Cycle Time (C/T)</i> berdasarkan alat<br>pengeboran .....   | 108 |
| Tabel 4. 12 Rekapitulasi perhitungan uji keseragaman <i>Cycle Time (C/T)</i> .....                  | 111 |
| Tabel 4. 13 Rekapitulasi rata-rata <i>Rate of Penetration</i> (ROP) setiap zona observasi<br>.....  | 113 |
| Tabel 4. 14 Rekapitulasi rata-rata <i>Rate of Penetration</i> (ROP) setiap alat<br>pengeboran. .... | 114 |

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabel 4. 15 Hubungan kedalaman pengeboran, lapisan tanah keras, dan ROP berdasarkan Zona .....          | 116 |
| Tabel 4. 16 Klasifikasi produktivitas zona observasi berdasarkan nilai ROP dan C/T.....                 | 117 |
| Tabel 4. 17 Identifikasi <i>waste</i> jenis <i>defect</i> di lapangan.....                              | 118 |
| Tabel 4. 18 Identifikasi <i>waste</i> jenis <i>overprocessing</i> di lapangan.....                      | 119 |
| Tabel 4. 19 Identifikasi <i>waste</i> jenis <i>waiting</i> di lapangan .....                            | 121 |
| Tabel 4. 20 Identifikasi <i>waste</i> jenis <i>motion</i> di lapangan .....                             | 124 |
| Tabel 4. 21 Hasil wawancara terkait <i>waste defect</i> .....                                           | 125 |
| Tabel 4. 22 Hasil wawancara terkait <i>waste overprocessing</i> .....                                   | 126 |
| Tabel 4. 23 Hasil wawancara terkait <i>waste motion</i> .....                                           | 127 |
| Tabel 4. 24 Hasil wawancara terkait <i>waste waiting</i> .....                                          | 128 |
| Tabel 4. 25 Rekapitulasi Analisa 5 <i>why analysis</i> .....                                            | 130 |
| Tabel 4. 26 Rekomendasi perbaikan <i>waste</i> berdasarkan analisis 5 <i>why analysis</i>               | 133 |
| Tabel 4. 27 Rekapitulasi identifikasi <i>Non Value Adding Activity</i> (NVAA).....                      | 135 |
| Tabel 4. 28 Identifikasi jenis dan penyebab <i>Non Value Adding Activity</i> (NVAA)<br>.....            | 136 |
| Tabel 4. 29 Persentase <i>Non Value Adding Activity</i> pada <i>bored pile</i> .....                    | 137 |
| Tabel 4. 30 Perbandingan <i>Current State</i> dan <i>Future State Value Stream Mapping</i><br>.....     | 145 |
| Tabel 4. 31 Perbandingan jadwal <i>Current State</i> dan <i>Future State Value Stream Mapping</i> ..... | 155 |

## DAFTAR ISTILAH

- 5 Why Analysis* : Metode analisis untuk menemukan akar penyebab suatu permasalahan dengan mengajukan pertanyaan "mengapa" secara berulang hingga diperoleh penyebab utama.
- Advanced Value Stream Mapping (AVSM)* : Pengembangan dari *Value Stream Mapping* yang digunakan untuk menganalisis aktivitas bernilai tambah dan tidak bernilai tambah serta merancang perbaikan proses kerja.
- Autodesk Navisworks Manage* : Perangkat lunak yang digunakan untuk mengintegrasikan model 3D dengan jadwal proyek sehingga menghasilkan simulasi BIM 4D.
- Autodesk Revit* : Perangkat lunak *Building Information Modelling* (BIM) yang digunakan untuk membuat model tiga dimensi pekerjaan *bored pile*.
- Batching Plant* : Fasilitas produksi beton *ready mix* yang memasok kebutuhan beton untuk pekerjaan pengecoran.
- Building Information Modelling (BIM)* : Teknologi pemodelan digital yang mengintegrasikan informasi fisik dan fungsional suatu proyek konstruksi.
- BIM 3D : Penerapan BIM yang menghasilkan model tiga dimensi bangunan sebagai representasi visual elemen konstruksi.
- BIM 4D : Pengembangan BIM dengan mengintegrasikan model 3D dan jadwal proyek sehingga dapat mensimulasikan urutan pelaksanaan pekerjaan.
- Bore Log* : Dokumen hasil penyelidikan tanah yang berisi informasi lapisan tanah, kedalaman, muka air tanah, dan hasil pengujian lapangan.

|                                           |                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Bore Pile</i>                          | : Jenis pondasi dalam yang dibuat dengan cara mengebor tanah, memasang tulangan, kemudian melakukan pengecoran beton di dalam lubang bor.                  |
| <i>Casing</i>                             | : Pipa baja sementara yang dipasang pada lubang pengeboran untuk menjaga kestabilan dinding lubang agar tidak longsor.                                     |
| <i>Changeover Time (C/O)</i>              | : Parameter yang dicantumkan pada kotak data ( <i>data box</i> ) <i>Value Stream Mapping</i> untuk menunjukkan waktu pergantian pada suatu tahapan proses. |
| <i>Clayshale</i>                          | : Material batuan sedimen berbutir halus yang memiliki karakter berlapis dan dapat mengalami penurunan kekuatan akibat pelapukan atau siklus basah-kering. |
| <i>Claystone</i>                          | : Batuan sedimen berlapis yang berasal dari lempung dan memiliki karakter mudah mengalami pelapukan.                                                       |
| <i>Continuous Improvement</i>             | : Budaya perbaikan berkelanjutan dalam pendekatan <i>Lean Construction</i> yang bertujuan mengurangi pemborosan secara terus-menerus.                      |
| <i>Crawler Crane</i>                      | : Alat berat beroda rantai yang digunakan untuk membantu pengangkatan material, seperti rangkaian tulangan dan <i>casing</i> .                             |
| <i>Crosshole Sonic Logging (CSL)</i>      | : Metode pengujian nondestruktif untuk memeriksa integritas dan mutu beton pada pondasi <i>bored pile</i> setelah pengecoran.                              |
| <i>Current State Value Stream Mapping</i> | : Pemetaan kondisi proses pekerjaan yang sedang berlangsung sebagai dasar identifikasi <i>waste</i> .                                                      |
| <i>Cycle Time (C/T)</i>                   | : Waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan satu siklus pekerjaan <i>bored pile</i> dari awal hingga akhir.                                                |
| <i>Data Box</i>                           | : Kotak data pada diagram <i>Value Stream Mapping</i> yang mencantumkan parameter operasional suatu                                                        |

|                                                             |                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                             | proses, seperti <i>cycle time</i> , <i>changeover time</i> , dan <i>uptime</i> .                                                             |
| <i>Defect</i>                                               | : Jenis <i>waste</i> berupa pekerjaan yang mengalami cacat sehingga memerlukan perbaikan atau pengulangan pekerjaan.                         |
| <i>Drilling Log</i>                                         | : Catatan hasil pengeboran tanah yang menunjukkan karakteristik lapisan tanah dan batuan pada setiap kedalaman.                              |
| <i>Drilling Pipe</i>                                        | : Pipa pengeboran pada alat <i>rotary drilling machine</i> yang memerlukan penyesuaian manual selama proses pengeboran.                      |
| <i>Drilling Rig</i>                                         | : Istilah umum untuk alat berat pengeboran pondasi dalam.                                                                                    |
| <i>Erection</i>                                             | : Proses pemasangan rangkaian tulangan yang telah difabrikasi ke dalam lubang bor menggunakan bantuan <i>crane</i> .                         |
| <i>Excavator</i>                                            | : Alat berat yang digunakan untuk membersihkan dan mengumpulkan tanah sisa hasil pengeboran.                                                 |
| <i>Future State Value Stream Mapping (Future State VSM)</i> | : Pemetaan proses kerja yang diusulkan setelah dilakukan perbaikan untuk mengurangi <i>waste</i> dan meningkatkan efisiensi.                 |
| <i>Gantt Chart</i>                                          | : Diagram batang yang menampilkan jadwal pelaksanaan proyek beserta durasi dan urutan tiap aktivitas.                                        |
| <i>Gemba Walk</i>                                           | : Aktivitas pengumpulan data primer secara langsung di area kerja sebagai dasar penyusunan peta kondisi aktual ( <i>Current State map</i> ). |
| <i>Hard Rock</i>                                            | : Lapisan batuan keras yang keberadaannya dapat memicu ketidakpastian durasi siklus pengeboran.                                              |
| <i>Inventory</i>                                            | : Penumpukan material di lokasi proyek yang tidak segera digunakan, yang berpotensi memakan ruang kerja dan menurunkan kualitas material.    |

|                                                |                                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Kelly Bar (Pin Kelly Bar)</i>               | : Komponen pada drilling pipe alat <i>rotary drilling machine</i> yang harus dipasang atau dilepas secara manual selama pengeboran.                   |
| <i>Kurva-S (S-Curve)</i>                       | : Kurva yang menggambarkan progres kumulatif pelaksanaan proyek terhadap waktu.                                                                       |
| <i>Lead Time</i>                               | : Total waktu yang dibutuhkan suatu proses dari awal hingga akhir, terdiri atas waktu bernilai tambah dan waktu tidak bernilai tambah.                |
| <i>Lean Construction</i>                       | : Pendekatan manajemen konstruksi yang bertujuan memaksimalkan nilai ( <i>value</i> ) dan meminimalkan pemborosan ( <i>waste</i> ).                   |
| <i>Lean Manufacturing</i>                      | : Konsep pengelolaan produksi pada industri manufaktur yang menjadi dasar pengembangan pendekatan <i>Lean Construction</i> .                          |
| <i>Manufacturing Cycle Effectiveness (MCE)</i> | : Konsep untuk mengukur efisiensi produktivitas dengan membedakan aktivitas menjadi <i>value added activity</i> dan <i>non value added activity</i> . |
| <i>Master Schedule</i>                         | : Jadwal induk pelaksanaan proyek yang menjadi acuan urutan, durasi, serta tanggal mulai dan selesai setiap tahapan pekerjaan.                        |
| <i>Microsoft Project</i>                       | : Perangkat lunak yang digunakan untuk menyusun dan mengendalikan jadwal pelaksanaan proyek.                                                          |
| <i>Motion</i>                                  | : <i>Waste</i> berupa gerakan pekerja atau alat yang tidak diperlukan sehingga tidak memberikan nilai tambah terhadap pekerjaan.                      |
| <i>Non Value Adding Activity (NVAA)</i>        | : Aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah terhadap produk atau proses sehingga perlu dikurangi atau dihilangkan.                                 |
| <i>NWC (Navisworks Cache)</i>                  | : Format berkas hasil ekspor model dari <i>Autodesk Revit</i> agar dapat dibuka dan diolah pada <i>Autodesk Navisworks Manage</i> .                   |

|                                       |                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Overbreak</i>                      | : <i>Waste</i> material berupa luapan volume pengecoran beton yang melebihi volume teoretis lubang bor akibat karakteristik tanah yang mudah longsor. |
| <i>Overdrilling</i>                   | : Kondisi pengeboran yang melebihi kedalaman rencana, tergolong <i>waste</i> jenis <i>overprocessing</i> .                                            |
| <i>Overprocessing</i>                 | : <i>Waste</i> berupa proses kerja yang dilakukan secara berlebihan atau melebihi kebutuhan.                                                          |
| <i>Overproduction</i>                 | : Memproduksi atau menyediakan material lebih cepat atau lebih banyak dari yang dibutuhkan pada saat itu, sehingga berisiko menumpuk dan rusak.       |
| <i>Pipa Tremie</i>                    | : Pipa yang digunakan untuk menyalurkan beton dari permukaan menuju dasar lubang bor secara kontinu agar risiko segregasi beton berkurang.            |
| <i>Process Cycle Efficiency (PCE)</i> | : persentase waktu yang benar-benar digunakan untuk menghasilkan nilai tambah dibandingkan dengan keseluruhan waktu proses.                           |
| <i>Processing Time</i>                | : Waktu proses yang digunakan sebagai salah satu indikator dalam analisis <i>Value Stream Mapping</i> .                                               |
| <i>Productivity (Produktivitas)</i>   | : Tingkat kemampuan menghasilkan <i>output</i> pekerjaan dibandingkan dengan waktu atau sumber daya yang digunakan.                                   |
| <i>Purposive Sampling</i>             | : Teknik penentuan sampel berdasarkan pertimbangan atau kriteria tertentu yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.                                    |
| <i>Quality Control (QC)</i>           | : Tim yang bertugas memeriksa kedalaman dan mutu hasil pekerjaan agar sesuai dengan rencana.                                                          |
| <i>Rate of Penetration (ROP)</i>      | : Kecepatan pengeboran yang menunjukkan panjang pengeboran yang dapat dicapai dalam satuan waktu tertentu.                                            |
| <i>Rebar</i>                          | : Besi tulangan; sisa pemotongannya yang tidak terencana dapat menjadi salah satu sumber <i>waste</i> material                                        |

|                                        |                                                                                                                                                                                                                                               |
|----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Rework</i>                          | : Pekerjaan ulang yang timbul akibat <i>waste</i> jenis <i>defect</i> , berdampak pada penambahan waktu dan biaya.                                                                                                                            |
| <i>Rock Quality Designation (RQD)</i>  | : Indeks yang digunakan untuk menilai kualitas massa batuan berdasarkan panjang inti bor yang utuh.                                                                                                                                           |
| <i>Rotary Drilling Machine</i>         | : Alat berat utama yang digunakan untuk melakukan pengeboran lubang <i>bored pile</i> .                                                                                                                                                       |
| <i>Rotary Drive</i>                    | : Bagian kepala pemutar pada <i>rotary drilling machine</i> yang berfungsi menggerakkan mata bor.                                                                                                                                             |
| <i>Sandstone</i>                       | : Batuan sedimen yang tersusun dari butiran pasir dan memiliki tingkat kekerasan tertentu yang memengaruhi proses pengeboran.                                                                                                                 |
| <i>Seven Wastes</i>                    | : Klasifikasi tujuh kategori utama pemborosan menurut prinsip <i>Lean Construction</i> : <i>defect</i> , <i>overproduction</i> , <i>waiting</i> , <i>non-utilized talent</i> , <i>transportation</i> , <i>inventory</i> , dan <i>motion</i> . |
| <i>Shop drawing</i>                    | : Gambar kerja detail yang menjadi acuan pelaksanaan pekerjaan di lapangan.                                                                                                                                                                   |
| <i>Site Logistic</i>                   | : Pengelolaan logistik area kerja proyek.                                                                                                                                                                                                     |
| <i>Slovin (Rumus Slovin)</i>           | : Rumus statistik untuk menentukan jumlah sampel minimum penelitian berdasarkan jumlah populasi dan tingkat kesalahan yang ditetapkan.                                                                                                        |
| <i>Standard Penetration Test (SPT)</i> | : Pengujian lapangan untuk mengetahui tingkat kepadatan atau kekerasan tanah berdasarkan jumlah pukulan.                                                                                                                                      |
| <i>Tremie Pipe</i>                     | : Pipa yang digunakan saat pengecoran <i>bored pile</i> agar beton mengalir dari dasar lubang dan tidak tercampur lumpur atau air.                                                                                                            |
| <i>Transportation</i>                  | : Pergerakan material yang tidak efisien atau tidak perlu dari gudang ke lokasi kerja yang dapat meningkatkan risiko kerusakan material.                                                                                                      |

|                                       |                                                                                                                                                                                     |
|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Truck Mixer/Ready Mix</i>          | : Kendaraan pengangkut beton <i>ready mix</i> dari <i>batching plant</i> menuju lokasi proyek.                                                                                      |
| Uji Keseragaman Data                  | : Pengujian untuk mengetahui apakah data hasil observasi berada dalam batas kontrol yang dapat diterima, yaitu di antara Batas Kontrol Atas (BKA) dan Batas Kontrol Bawah (BKB).    |
| <i>Value Added Activity</i> (VAA)     | : Aktivitas yang memberikan nilai tambah terhadap produk atau hasil pekerjaan sesuai kebutuhan pengguna.                                                                            |
| <i>Value Stream Mapping</i> (VSM)     | : Metode <i>Lean</i> untuk memetakan seluruh aliran proses kerja guna mengidentifikasi aktivitas bernilai tambah dan pemborosan.                                                    |
| <i>Waiting</i>                        | : <i>Waste</i> berupa waktu menunggu akibat keterlambatan material, alat, tenaga kerja, atau proses lainnya.                                                                        |
| <i>Waste</i>                          | : Segala aktivitas yang menggunakan sumber daya tetapi tidak memberikan nilai tambah terhadap hasil pekerjaan.                                                                      |
| <i>Weak Rock</i>                      | : Material transisi antara tanah keras dan batuan, telah memiliki kekakuan dan tahanan penetrasi tinggi, tetapi kekuatannya masih lebih rendah dibandingkan batuan keras yang utuh. |
| <i>Work Breakdown Structure</i> (WBS) | : Struktur rincian pekerjaan yang menjadi salah satu komponen utama dalam penyusunan model BIM 4D.                                                                                  |
| <i>Work Method Statement</i> (WMS)    | : Dokumen metode kerja proyek yang menjadi acuan pelaksanaan dan sumber data sekunder mengenai alat serta tahapan pekerjaan.                                                        |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                                                                      |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Lampiran 1</b> Lembar asistensi laporan tugas akhir.....                                                          | L1   |
| <b>Lampiran 2</b> Lembar berita acara sidang tugas akhir .....                                                       | L4   |
| <b>Lampiran 3</b> <i>Shop drawing</i> denah <i>bored pile</i> .....                                                  | L6   |
| <b>Lampiran 4</b> Denah pembagian zona pekerjaan <i>bored pile</i> .....                                             | L7   |
| <b>Lampiran 5</b> Denah area observasi pekerjaan <i>bored pile</i> .....                                             | L8   |
| <b>Lampiran 6</b> <i>Superimposed</i> titik <i>bore log</i> dengan denah <i>bored pile</i> .....                     | L9   |
| <b>Lampiran 7</b> <i>Superimposed</i> kontur eksisting dengan denah <i>bored pile</i> .....                          | L10  |
| <b>Lampiran 8</b> <i>Long section</i> kondisi tanah eksisting .....                                                  | L11  |
| <b>Lampiran 9</b> Form rencana titik observasi pekerjaan <i>bored pile</i> .....                                     | L12  |
| <b>Lampiran 10</b> Form observasi perhitungan siklus pekerjaan <i>bored pile</i> .....                               | L13  |
| <b>Lampiran 11</b> Rekapitulasi hasil data observasi waktu pekerjaan <i>bored pile</i> .....                         | L94  |
| <b>Lampiran 12</b> Perhitungan <i>Cycle Time (C/T)</i> titik observasi pekerjaan <i>bored pile</i><br>.....          | L100 |
| <b>Lampiran 13</b> Perhitungan <i>Rate of Penetration (ROP)</i> titik observasi pekerjaan<br><i>bored pile</i> ..... | L105 |
| <b>Lampiran 14</b> Uji Keseragaman data berdasarkan alat berat yang digunakan .                                      | L113 |
| <b>Lampiran 15</b> Analisa <i>waste</i> metode <i>5 why analysis</i> pekerjaan <i>bored pile</i> .....               | L121 |
| <b>Lampiran 16</b> Form kejadian <i>waste</i> pada aktivitas pekerjaan <i>bored pile</i> di<br>lapangan .....        | L142 |
| <b>Lampiran 17</b> Pengolahan data <i>waste</i> hasil observasi pekerjaan <i>bored pile</i> ....                     | L156 |
| <b>Lampiran 18</b> Identifikasi jenis <i>non value adding activity (NVAA)</i> .....                                  | L166 |
| <b>Lampiran 19</b> Dokumen <i>Work Methode Statement (WMS)</i> pelaksanaan pekerjaan<br><i>bored pile</i> .....      | L167 |
| <b>Lampiran 20</b> Dokumen <i>outline</i> spesifikasi pekerjaan struktur.....                                        | L195 |
| <b>Lampiran 21</b> Hasil pengujian <i>drilling log</i> .....                                                         | L198 |
| <b>Lampiran 22</b> Tabel data monitoring <i>bored pile</i> Proyek Paripurna.....                                     | L209 |
| <b>Lampiran 23</b> Jadwal <i>Current State</i> berdasarkan realisasi di lapangan.....                                | L214 |
| <b>Lampiran 24</b> Jadwal <i>Future State</i> berdasarkan rekomendasi perbaikan.....                                 | L215 |
| <b>Lampiran 25</b> Dokumentasi observasi penelitian .....                                                            | L216 |