TUGAS AKHIR

RE-ENGINEERING PEKERJAAN GALIAN DAN TIMBUNAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN PERUMAHAN STAFF PT NATURA PASIFIC NUSANTARA KAB. BERAU DENGAN KOMBINASI ALAT BERAT

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan dalam Menyelesaikan
Program Sarjana Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung

Disusun Oleh :

DHYMAS DWY PRASETIYO
30202000053

RIZAL ADITYA PRANATA
30202000257

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
2024

LEMBAR PENGESAHAN

RE-ENGINEERING PEKERJAAN GALIAN DAN TIMBUNAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN PERUMAHAN STAFF PT NATURA PASIFIC NUSANTARA KAB.BERAU DENGAN KOMBINASI ALAT BERAT

Dhymas Dwy Prasetiyo
NIM : 30202000053

Rizal Aditya Pranata
NIM : 30202000257

Telah disetujui dan disahkan di Semarang, 05 Agustus 2024

Tim Penguji	Tanda Tangan
1. **Eko Muliawan Satrio, ST., MT** NIDN: 0610118101	.....
2. **Dr. Ir. H. Kartono Wibowo, MM, MT** NIDN: 0614066301	.....
3. **Lisa Fitriyana, ST., M.Eng** NIDN: 0631128901	.....

Ketua Program Studi Teknik Sipil

Fakultas Teknik

Universitas Islam Sultan Agung

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

NIDN: 0625059102

BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR

No: 04 / A.2 / SA – TA / V / 2024

Pada hari ini tanggal 05-08-2024 berdasarkan surat keputusan Dekan Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung perihal penunjukan Dosen Pembimbing:

1. Nama : Eko Muliawan Satrio, ST., MT.
Jabatan Akademik : Lektor
Jabatan : Dosen Pembimbing

Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa yang tersebut di bawah ini telah menyelesaikan bimbingan Tugas Akhir:

Dhymas Dwy Prasetiyo NIM : 30202000053	Rizal Aditya Pranata NIM : 30202000257

Judul : *Re-Engineering* Pekerjaan Galian dan Timbunan pada Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT Natura Pasific Nusantara Kab.Berau Dengan Kombinasi Alat Berat

Dengan tahapan sebagai berikut :

No	Tahapan	Tanggal	Keterangan
1	Penunjukan dosen pembimbing	10/05/2024	
2	Seminar Proposal	04/07/2024	ACC
3	Pengumpulan data	07/07/2024	
4	Analisis data	07/07/2024	
5	Penyusunan laporan	18/07/2024	
6	Selesai laporan	01/08/2024	ACC

Demikian Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir / Skripsi ini dibuat untuk diketahui dan dipergunakan seperlunya oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng.

Dosen Pembimbing

Eko Muliawan Satrio, ST., MT.

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Kami yang bertanda tangan di bawah ini :
NAMA : Dhymas Dwy Prasetiyo
NIM : 30202000053

NAMA : Rizal Aditya Pranata
NIM : 30202000257

dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang berjudul :
RE-ENGINEERING PEKERJAAN GALIAN DAN TIMBUNAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN PERUMAHAN STAFF PT. NATURA PASIFIC NUSANTARA KAB.BERAU DENGAN KOMBINASI ALAT BERAT
benar bebas dari plagiat, dan apabila pernyataan ini terbukti tidak benar maka kami bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Demikian surat pernyataan ini kami buat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Semarang, 05/Agustus/2024

Yang membuat pernyataan,

METERAI TEMPEL

Dhymas Dwy Prasetiyo
NIM : 30202000053

Rizal Aditya Pranata
NIM : 30202000257

PERNYATAAN KEASLIAN

Kami yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA	: Dhymas Dwy Prasetiyo
NIM	: 30202000053
NAMA	: Rizal Aditya Pranata
NIM	: 30202000257
JUDUL TUGAS AKHIR	: *Re-Engineering* Pekerjaan Galian dan Timbunan pada Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT. Natura Pasific Nusantara Kab.Berau dengan Kombinasi Alat Berat

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli kami. Kami tidak mencantumkan tanpa pengakuan bahan - bahan yang telah dipublikasikan sebelumnya atau ditulis oleh orang lain, atau sebagai bahan yang pernah diajukan untuk gelar atau ijasah pada Universitas Islam Sultan Agung Semarang atau perguruan tinggi lainnya.

Apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka kami bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Islam Sultan Agung Semarang.

Demikian pernyataan ini kami buat.

Semarang, 05/Agustus/2024

Yang membuat pernyataan,

Dhymas Dwy Prasetiyo
NIM : 30202000053

Rizal Aditya Pranata
NIM : 30202000257

MOTTO

“Kamu (umat Islam) adalah umat terbaik yang dilahirkan untuk manusia, (karenamu) menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar, dan beriman kepada Allah. Sekiranya Ahli Kitab beriman, tentulah itu lebih baik bagi mereka. Diantara mereka ada yang beriman, namun kebanyakan mereka adalah orang-orang fasik”

(Q.S. Ali ‘Imran Ayat 110)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”

(Q.S. Al-Insyirah Ayat 5-6)

“Apabila kamu diberi penghormatan dengan sesuatu penghormatan, maka balaslah penghormatan itu dengan yang lebih baik dari padanya, atau balaslah penghormatan itu (dengan yang serupa). Sesungguhnya Allah tidak memperhitungkan segala sesuatu”

(Q.S. An-Nisa Ayat 86)

“Kebajukan ringan adalah menunjukkan wajah yang berseri-seri dan mengucapkan Hamdalah”

(Umar Bin Khattab)

“Jika Hendak mengenal orang mulia, lihatlah kepada kelakuan dia. Jika hendak mengenal orang yang berilmu, bertanya dan belajar tiadalah jemu”

(Gurindam 12. Pasal 5)

“Never give up, no matter how difficult the obstacles. There is always a way”

“Kesabaranmu yang menentukan kesuksesanmu. Ketidaksabaranmu yang menjatuhkan dirimu.”

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah,

Puji Syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayahNya, sehingga penulis bisa menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Untuk kedua orang tua kami tercinta sebagai tanda bukti, hormat dan rasa terima kasih yang tak terhingga kami persembahkan karya kecil ini. Terima kasih atas segala kasih saying, dukungan dan selalu menasihati kami untuk lebih baik.
2. Terima kasih kepada Bapak Eko Muliawan Satrio, ST., MT. yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan tugas akhir kami.
3. Terima kasih kepada diri kami, Dhymas Dwy Prasetiyo dan Rizal Aditya Pranata atas segala kerja keras dan upayanya sehingga tidak menyerah dalam mengerjakan tugas akhir, ini merupakan pencapaian yang patut dibanggakan untuk diri sendiri.
4. Terima kasih rekan-rekan Teknik Sipil UNISSULA 2020 atas bantuan, dukungan dan saran yang diberikan.
5. Dan semua pihak yang telah memberikan bantuan kepada kami dalam penyusunan tugas akhir kami.

Dhymas Dwy Prasetiyo & Rizal Aditya Pranata
NIM : 30202000053 NIM : 30202000257

KATA PENGANTAR

Segala Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmatNya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul "*Re-Engineering* Pekerjaan Galian dan Timbunan pada Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT. Natura Pasific Nusantara Kab.Berau dengan Kombinasi Alat Berat" guna memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Program Studi Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.

Penulis menyadari kelemahan serta keterbatasan yang ada sehingga dalam menyelesaikan skripsi ini memperoleh bantuan dari berbagai pihak, dalam kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
2. Bapak Muhamad Rusli Ahyar, ST., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang terlah memberikan kelancaran pelayanan dalam urusan Akademik.
3. Bapak Eko Muliawan Satrio, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberikan waktu bimbingan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil UNISSULA yang telah memberikan ilmunya kepada penulis.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan baik isi maupun susunannya. Semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat tidak hanya bagi penulis juga bagi para pembaca.

Semarang, 05 Agustus 2024

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR iii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iv
PERNYATAAN KEASLIAN v
MOTTO vi
PERSEMBAHAN vii
KATA PENGANTAR viii
DAFTAR ISI viiii
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR GAMBAR xix
ABSTRAK xx

BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 3
1.4. Batasan Masalah 3
1.5. Sistematika Penulisan 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1. Proyek Konstruksi 5
2.1.1. Tahapan Proyek Konstruksi 5
2.1.1.1. *Planning* (Tahap Perencanaan) 6
2.1.1.2. *Design* (Tahap Perancangan) 6
2.1.1.3. Tahap Pengadaan/Pelelangan 6
2.1.1.4. *Construction* (Tahap Pelaksanaan) 6
2.1.1.5. Tahap Sesudah Pelaksanaan 6
2.1.2. Keterlambatan Proyek Konstruksi 6
2.2.*Re-engineering* dan *Value Engineering* dalam Konstruksi 7
2.2.1. Konsep *Re-engineering* dalam Konstruksi 7
2.2.2. Penerapan *Re-engineering* dalam Konstruksi 7
2.2.3. *Value Re-engineering* dalam Konstruksi 8

2.2.4. Penerapan *Value Re-engineering* dalam Konstruksi 8
2.3. Pengertian Alat Berat 8
2.3.1. Fungsi Alat Berat 9
2.3.1.1. *Excavator* 9
2.3.1.2. *Bulldozer* 14
2.3.2. Faktor Pemilihan Alat Berat 19
2.3.3. Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Alat Berat 21
2.4.Produktivitas Alat Berat 27
2.4.1. Waktu Siklus 23
2.4.1.1. Waktu Muat atau *Loading Time* 23
2.4.1.2.Waktu Angkut atau *Hauling Time* dan Waktu Kembali atau *Return Time* 23
2.4.1.3. Waktu Pembongkaran atau *Dumping Time* 24
2.4.1.4. Waktu Tunggu atau *Spotting Time* 24
2.4.2. Volume Material 24
2.4.2.1. Volume Material Asli 24
2.4.2.2. Volume Material Lepas 24
2.4.2.3. Volume Material Padat 25
2.4.3. Faktor Efisiensi Alat 21
2.4.3.1. Faktor Efisiensi Kerja Alat 25
2.4.3.2. Faktor Koreksi 25
2.5. Peralatan Pekerjaan Galian dan Timbunan 27
2.5.1. Produktivitas *Excavator* 28
2.5.2. Produktivitas *Bulldozer* 31
2.6. Sumber Peralatan 33
2.7. Biaya 34
2.7.1. Biaya Proyek 34
2.7.2. Biaya Penggunaan Alat Berat 35
2.7.3. Efisiensi Biaya 36
2.8. Waktu Pelaksanaan Proyek 36
2.8.1. Efektifitas Waktu 37
2.9. Analisis Perhitungan Volume 37
2.10. Penelitian Sejenis Terdahulu 37

BAB III METODE PENELITIAN 41
3.1. Tinjauan Umum 41
3.2. Subjek dan Objek Penelitian 41
3.2.1. Subjek Penelitian 41
3.2.2. Objek Penelitian 42
3.3. Item Pekerjaan Proyek 42
3.4. Metode Pengumpulan Data 43
3.4.1. Data Primer 43
3.4.1.1. Wawancara 43
3.4.1.2. Observasi 43
3.4.2. Data Sekunder 44
3.5. Metode Pengolahan Data 44
3.6. Bagan Alir 46

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 48
4.1. Tinjauan Umum 48
4.2. Analisis Data 48
4.2.1. Jenis Alat Berat pada Pekerjaan Galian dan Timbunan 48
4.2.2. Perhitungan Volume Galian dan Timbunan 49
4.2.3. Jenis Material Galian dan Timbunan 51
4.2.4. Faktor Efisiensi Alat (E) 51
4.2.5. Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* 63
4.2.6. Perhitungan Produktivitas Alat Berat 78
4.2.7. Biaya Operasional Alat Berat 115
4.2.7.1. *Excavator* Sany SY215C 115
4.2.7.2. *Bulldozer* Komatsu D31EX 116
4.2.8. Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*) 116
4.2.9. Perhitungan Alternatif Kombinasi Alat Berat 116
4.2.9.1. Kondisi *Existing* 117
4.2.9.2. Alternatif 1 120
4.2.9.3. Alternatif 2 123
4.2.9.4. Alternatif 3 125
4.2.9.5. Alternatif 4 128
4.3. Perhitungan Biaya Tak Langsung 135

4.3.1. Biaya Tak Langsung *Existing* 135
4.3.2. Biaya Tak Langsung Alternatif 1 135
4.3.3. Biaya Tak Langsung Alternatif 2 136
4.3.4. Biaya Tak Langsung Alternatif 3 136
4.3.5. Biaya Tak Langsung Alternatif 4 137
4.4. Pembahasan 137
4.4.1. Kondisi Asli (*Existing*) 138
4.4.2. Alternatif 1 140
4.4.3. Alternatif 2 141
4.4.4. Alternatif 3 142
4.4.5. Alternatif 4 143

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 147
5.1. Kesimpulan 147
5.2. Saran 147

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN
LAMPIRAN 1 Lembar Pengamatan Excavator
LAMPIRAN 2 Lembar Pengamatan Bulldozer
LAMPIRAN 3 Lembar Waktu Berhenti Alat
LAMPIRAN 4 Spesifikasi Alat

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan *Crawler Mounted* dan *Wheel Mounted*.....15
Tabel 2.2 Perbandingan *Cable Controlled* dan *Hydraulic Controlled*.....16
Tabel 2.3 Nilai Efisiensi Kerja Alat 25
Tabel 2.4 Nilai Efisiensi Operator.....26
Tabel 2.5 Nilai Efisiensi Peralatan 26
Tabel 2.6 Nilai Efisiensi Material.....26
Tabel 2.7 Nilai Efisiensi Cuaca 26
Tabel 2.8 Nilai Efisiensi Kondisi Medan 27
Tabel 2.9 Nilai Efisiensi Manejemen Kerja 27
Tabel 2.10 Faktor *Bucket Excavator* 29
Tabel 2.11 Waktu Gali *Excavator*.....29
Tabel 2.12 Waktu Putar *Excavator* 30
Tabel 2.13 Faktor Koreksi (S) untuk Kedalaman dan Sudut Putar.....30
Tabel 2.14 Faktor Koreksi (BFF) untuk Alat Gali 30
Tabel 2.15 Faktor Sudu *Bulldozer*.....32
Tabel 2.16 Waktu Ganti Persneling 32
Tabel 2.17 Penelitian Terdahulu 38
Tabel 3.1 Item Pekerjaan Proyek Pembangunan Perumahan *Staff*.....42
Tabel 3.2 Daftar Pertanyaan dan Data yang Diharapkan dalam Wawancara.....43
Tabel 4.1 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (22/11/23).....53
Tabel 4.2 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (23/11/23) 53
Tabel 4.3 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (24/11/23) 54
Tabel 4.4 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (25/11/23).....54
Tabel 4.5 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (27/11/23).....55
Tabel 4.6 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (28/11/23) 55

Tabel 4.7 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (29/11/23).....56
Tabel 4.8 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (30/11/23).....56
Tabel 4.9 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (01/12/23).....57
Tabel 4.10 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (02/12/23).....57
Tabel 4.11 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (04/12/23).....58
Tabel 4.12 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (05/12/23).....58
Tabel 4.13 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (06/12/23).....59
Tabel 4.14 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (07/12/23).....59
Tabel 4.15 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (08/12/23).....60
Tabel 4.16 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (09/12/23).....60
Tabel 4.17 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (11/12/23).....61
Tabel 4.18 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (12/12/23).....61
Tabel 4.19 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (13/12/23).....62
Tabel 4.20 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (14/12/23).....62
Tabel 4.21 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (15/12/23).....63
Tabel 4.22 Rekapitulasi Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat.....64

Tabel 4.23 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (22/11/23) 66
Tabel 4.24 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (23/11/23) 67
Tabel 4.25 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (24/11/23) 67
Tabel 4.26 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (25/11/23) 68
Tabel 4.27 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (27/11/23) 68
Tabel 4.28 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (28/11/23) 69
Tabel 4.29 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (29/11/23) 69
Tabel 4.30 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (30/11/23) 70
Tabel 4.31 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (01/12/23) 70
Tabel 4.32 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (02/12/23) 71
Tabel 4.33 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (04/12/23) 71
Tabel 4.34 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (05/12/23) 72
Tabel 4.35 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (06/12/23) 72
Tabel 4.36 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (07/12/23) 73
Tabel 4.37 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (08/12/23) 73
Tabel 4.38 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (09/12/23) 74

Tabel 4.39 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (11/12/23) 74
Tabel 4.40 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (12/12/23) 75
Tabel 4.41 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (13/12/23) 75
Tabel 4.42 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (14/12/23) 76
Tabel 4.43 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* pada Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (15/12/23) 76
Tabel 4.44 Rekapitulasi Hasil Observasi Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade*.....77
Tabel 4.45 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (22/11/23) 79
Tabel 4.46 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (23/11/23) 80
Tabel 4.47 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (24/11/23) 80
Tabel 4.48 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (25/11/23) 81
Tabel 4.49 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (27/11/23) 81
Tabel 4.50 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (28/11/23) 82
Tabel 4.51 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (29/11/23) 82
Tabel 4.52 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (30/11/23) 83
Tabel 4.53 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (01/12/23) 83
Tabel 4.54 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (02/12/23) 84

Tabel 4.55 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (04/12/23) 84
Tabel 4.56 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (05/12/23) 85
Tabel 4.57 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (06/12/23) 85
Tabel 4.58 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (07/12/23) 86
Tabel 4.59 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (08/12/23) 86
Tabel 4.60 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (09/12/23) 87
Tabel 4.61 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (11/12/23) 87
Tabel 4.62 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (12/12/23) 88
Tabel 4.63 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (13/12/23) 88
Tabel 4.64 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (14/12/23) 89
Tabel 4.65 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (15/12/23) 89
Tabel 4.66 Rekapitulasi Waktu Siklus Rata-Rata *Excavator* Sany SY215C 90
Tabel 4.67 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Sany SY215C 91
Tabel 4.68 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (22/11/23) 93
Tabel 4.69 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (23/11/23) 94
Tabel 4.70 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (24/11/23) 95
Tabel 4.71 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (25/11/23) 96

Tabel 4.72 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (27/11/23) 97
Tabel 4.73 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (28/11/23) 98
Tabel 4.74 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (29/11/23) 99
Tabel 4.75 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (30/11/23) 100
Tabel 4.76 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (01/12/23) 101
Tabel 4.77 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (02/12/23) 102
Tabel 4.78 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (04/12/23) 103
Tabel 4.79 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (05/12/23) 104
Tabel 4.80 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (06/12/23) 105
Tabel 4.81 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (07/12/23) 106
Tabel 4.82 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (08/12/23) 107
Tabel 4.83 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (09/12/23) 108
Tabel 4.84 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (11/12/23) 109
Tabel 4.85 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (12/12/23) 110
Tabel 4.86 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (13/12/23) 111
Tabel 4.87 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (14/12/23) 112

Tabel 4.88 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (15/12/23) 113
Tabel 4.89 Rekapitulasi Waktu Siklus Rata-Rata *Bulldozer* Komatsu D31EX ..114
Tabel 4.90 Rekapitulasi Produktivitas *Bulldozer* Komatsu D31EX 115
Tabel 4.91 Rekapitulasi Produktivitas Alat Berat 115
Tabel 4.92 Penentuan Alternatif Kombinasi Alat Berat.....117
Tabel 4.93 Rekapitulasi Perhitungan *Idle Time* Kombinasi Alat Berat 132
Tabel 4.94 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Operasional Kombinasi Alat Berat 133
Tabel 4.95 Rekapitulasi Perhitungan Efisiensi Biaya Operasional Kombinasi Alat Berat.....134
Tabel 4.96 *Time Schedule Existing* 139
Tabel 4.97 *Time Schedule* Alternatif 1.....140
Tabel 4.98 *Time Schedule* Alternatif 2.....141
Tabel 4.99 *Time Schedule* Alternatif 3.....142
Tabel 4.100 *Time Schedule* Alternatif 4.....143
Tabel 4.101 Hasil Rekapitulasi Selisih dan Perbandingan Durasi Alternatif 144
Tabel 4.102 Hasil Rekapitulasi Selisih dan Perbandingan Biaya Alternatif.....144
Tabel 4.103 Hasil Rekapitulasi Selisih dan Perbandingan *Idle Time* Alternatif..145
Tabel 4.104 Hasil Rekapitulasi Selisih dan Perbandingan Biaya *Idle* Alternatif 145

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Power Shovel* 10
Gambar 2.2 *Dragline* 10
Gambar 2.3 *Clamshell* 11
Gambar 2.4 *Backhoe (Pull Shovel)* 11
Gambar 2.5 Struktur *Excavator* 12
Gambar 2.6 Perlengkapan *Excavator* 14
Gambar 2.7 Tipe *Blade Bulldozer* 17
Gambar 2.8 Struktur *Bulldozer* 18
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian 47
Gambar 4.1 Peta Elevasi Tanah Asli Proyek Pembangunan Perumahan *Staff* PT. Natura Pasific Nusantara 49
Gambar 4.2 Luas *Layer* 1 dan *Layer* 2 50
Gambar 4.3 Material Galian dan Timbunan Tanah 51
Gambar 4.4 *Bulldozer* Berhenti Bekerja Karena Pengarahan 52
Gambar 4.5 *Excavator* Berhenti Bekerja Karena Operator Istirahat 52
Gambar 4.6 *Bucket Excavator* Terisi 100% oleh Material Tanah 63
Gambar 4.7 *Blade Bulldozer* Terisi 100% oleh Material Tanah 63
Gambar 4.8 Excavator Sany SY215C 78
Gambar 4.9 Bulldozer Komatsu D31EX 91

RE-ENGINEERING PEKERJAAN GALIAN DAN TIMBUNAN PADA PROYEK PEMBANGUNAN PERUMAHAN STAFF PT NATURA PASIFIC NUSANTARA KAB. BERAU DENGAN KOMBINASI ALAT BERAT

Abstrak

Pada pekerjaan galian dan timbunan dalam proyek pembangunan perumahan staff PT Natura Pasific Nusantara terdapat alat yang kurang optimal dalam pekerjaan dimana terdapat waktu tunda alat (*idle time*) yang cukup lama. Dalam upaya mengatasi kendala-kendala tersebut, penerapan pendekatan *re-engineering* menjadi sangat relevan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi dan efektifitas kombinasi alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan proyek pembangunan perumahan staff PT Natura Pasific Nusantara. Efisiensi dan efektifitas tersebut merupakan factor kunci keberhasilan suatu proyek.

Pengambilan data penelitian dilakukan dengan wawancara dan observasi lapangan. Proses observasi lapangan dilakukan selama 21 hari. Data penelitian kemudian dianalisis menggunakan metode analisis efisiensi dan efektifitas alat berat.

Hasil analisis kombinasi *existing* dengan 4 alternatif menunjukkan bahwa alternatif kombinasi alat berat 1 memiliki *idle time* lebih kecil dari kondisi *existing* sebesar 1,91 jam/hari (59,32%) dan juga total biaya yang lebih murah Rp82.306.000,00 (9,10%) serta durasi pekerjaan yang lebih cepat 30 hari (40%). Dengan demikian, alternatif 1 merupakan alternatif kombinasi yang efisien dan efektif untuk digunakan.

Kata Kunci: *biaya; durasi; efektifitas; efisiensi; idle time; kombinasi*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Efisiensi dan efektivitas penggunaan alat berat merupakan faktor kunci dalam keberhasilan suatu proyek konstruksi. Penggunaan alat berat yang efisien berarti memaksimalkan *output* dengan sumber daya yang minimal seperti waktu, tenaga kerja, dan bahan bakar. Di sisi lain, efektivitas alat berat mengacu pada kemampuan alat dalam menyelesaikan tugas yang spesifik dengan kualitas yang sesuai standar. Kombinasi yang optimal dari berbagai jenis alat berat dapat meningkatkan produktivitas, menekan biaya operasional, dan pekerjaan diselesaikan dalam jangka waktu yang sudah ditentukan. Dalam hal konstruksi, penerapan prinsip-prinsip efisiensi dan efektivitas sangat penting untuk mencapai tujuan proyek yang menyeluruh.

Pekerjaan galian dan timbunan ialah tahap yang krusial dalam setiap proyek konstruksi. Pekerjaan ini melibatkan penggalian tanah untuk membuat pondasi dan penimbunan tanah untuk mencapai level permukaan yang diinginkan. Tantangan utama dalam pekerjaan galian dan timbunan ialah kondisi tanah, volume pekerjaan, dan kebutuhan yang presisi. Kesalahan dalam tahap ini dapat berakibat fatal pada stabilitas dari struktur bangunan. Sehingga, pemilihan dan penggunaan alat berat yang sesuai sangat penting untuk memastikan bahwa pekerjaan galian dan timbunan dikerjakan secara efisien dan efektif, mengurangi resiko kesalahan dan mempercepat waktu pengerjaan.

PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) yang merupakan salah satu perusahaan swasta perkebunan kelapa sawit di Kalimantan Timur, dengan lokasi perkebunan yang terdapat di Kecamatan Segah Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur merencakan pembangunan infrastruktur untuk mendukung kegiatan operasional. Infrastruktur yang dibangun berupa perumahan staff pekerja PT. Natura Pasific Nusantara.

Proyek pembangunan perumahan staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) menghadapi berbagai tantangan dalam pekerjaan galian dan timbunan. Proyek ini melibatkan pekerjaan dalam skala yang membutuhkan pemanfaatan kombinasi berbagai jenis alat berat. Namun, sering kali ditemukan kendala seperti

ketidakoptimalan waktu pengerjaan, tingginya biaya operasional, serta hasil pekerjaan yang tidak sesuai dengan spesifikasi teknis yang diharapkan. Pada pekerjaan galian dan timbunan dalam proyek ini terdapat alat yang kurang optimal dalam pekerjaan dimana terdapat waktu tunda alat (*idle time*) yang cukup lama.

Dalam upaya mengatasi kendala-kendala tersebut, penerapan pendekatan *re-engineering* menjadi sangat relevan. *Re-engineering* ialah proses mendesain ulang sistem kerja untuk mencapai peningkatan signifikan dalam produktivitas, kualitas, dan kecepatan pelaksanaan. Dalam konteks pekerjaan galian dan timbunan pada proyek ini, *re-engineering* berfokus pada optimalisasi penggunaan alat berat untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merancang ulang proses pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) di Kab. Berau dengan menggunakan kombinasi alat berat yang optimal. Penelitian ini dimulai dengan memahami proses pekerjaan galian dan timbunan yang berjalan untuk diidentifikasi masalah dan hambatan yang dihadapi. Selanjutnya, akan dilakukan analisis kebutuhan alat berat yang sesuai berdasarkan jenis tanah, volume pekerjaan, dan kondisi lapangan. Setelah itu, akan dirancang ulang proses pekerjaan dengan menggunakan kombinasi alat berat yang optimal. Desain ulang ini bertujuan untuk mengurangi waktu pengerjaan, menekan biaya operasional, dan meningkatkan kualitas hasil pekerjaan.

Desain ulang yang telah dirancang akan diimplementasikan dan dievaluasi untuk mengukur efisiensi waktu, pengurangan biaya, dan peningkatan kualitas pekerjaan. Evaluasi ini akan menjadi dasar untuk perbaikan lebih lanjut dan penerapan di proyek-proyek di masa mendatang. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi signifikan dalam bidang manajemen konstruksi, khususnya optimalisasi penggunaan alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan. Selain itu, hasil penelitian ini juga dapat menjadi referensi bagi proyek-proyek pembangunan serupa di masa mendatang, membantu meningkatkan efisiensi dan efektivitas operasional secara keseluruhan, oleh karena itu penelitian ini penting untuk dilakukan.

1.2. Rumusan Masalah

Penggunaan dan pemilihan kombinasi alat berat yang tepat dilakukan guna mengoptimalkan kualitas dari suatu pekerjaan. Penelitian ini dilaksanakan untuk mengetahui kemungkinan alternatif yang efektif dan efisien dibandingkan dengan kombinasi alat berat yang ada di lapangan pada proyek pembangunan perumahan staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN). Berdasarkan latar belakang yang diangkat, permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian laporan tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana biaya opersional alat berat dalam mendukung pekerjaan galian dan timbunan Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT. Natura Pasific Nusantara (NPN)?
2. Apasajakah alternatif kombinasi alat berat yang digunakan dalam mendukung pekerjaan galian dan timbunan?
3. Bagaimana efisiensi dan efektifitas kombinasi alat berat hasil dari *re-engineering* pekerjaan galian dan timbunan?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan permasalahan-permasalahan yang dihadapi sesuai kondisi lapangan, peneliti melakukan penelitian dengan tujuan berikut ini.

1. Mengidentifikasi biaya operasional alat berat dalam mendukung pekerjaan galian dan timbunan.
2. Mengetahui kombinasi-kombinasi dari alat berat yang digunakan dalam mendukung pekerjaan galian dan timbunan guna meningkatkan produktivitas dan mengurangi biaya oprasional.
3. Mengetahui efisiensi dan efektifitas kombinasi alat berat hasil dari *re-engineering* pekerjaan galian dan timbunan terhadap kondisi *existing*.

1.4. Batasan Masalah

Peneliti menyadari keterbatasan waktu dan kemampuan dalam penyusunan penilitian yang dilakukan, sehingga pada penelitian ini diberlakukan batasan masalah guna mencapai tujuan utama dalam penelitian. Batasan-batasan masalah pada penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan di Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT. Natura Pasific Nusantara (NPN).

2. Pekerjaan galian dan timbunan menjadi fokus penelitian.
3. Alat berat yang dianalisis yaitu *excavator* Sany SY215C dan *bulldozer* Komatsu D31EX dengan kondisi diasumsikan 80%.
4. Alat berat yang dianalisis tidak mengalami kerusakan *spare part* selama pekerjaan berlangsung.
5. Kondisi area kerja diamsusikan bersih dari gangguan non tanah.
6. Alternatif kombinasi berdasarkan alat berat untuk pekerjaan galian dan timbunan maksimal 3 *excavator* dan 5 *bulldozer*.
7. Jam minimal sewa alat 8 jam/hari.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini disusun sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan peneitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini mencakup penelitian yang memperkenalkan pembaca pada studi literatur terkait yang sejalur dengan topik penelitian. Selain itu juga membahas pedoman yang dipakai dalam penyusunan analisis data yang diperoleh.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisi tentang penelitian yang menggunakan metode yang dipakai untuk mengumpulkan dan menganalisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini mencakup pembahasan data yang diperoleh dan diolah sesuai dengan referensi dan teori galian dan timbunan menggunakan alat berat yang sesuai dengan tugas dan memiliki dampak terhadap produktivitas.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan tentang kesimpulan yang didapatkan dari pembahasan pada bab sebelumnya, dan memberikan saran mengenai hasil penelitian.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Proyek Konstruksi

Menurut (Soeharto, 1999), kegiatan suatu proyek konstruksi ialah kegiatan sementara yang dilakukan dalam jangka waktu yang sudah ditentukan, dimana sumber daya tertentu yang digunakan untuk mengerjakan tugas dan tujuannya ditetapkan dengan jelas. Biaya dan penjadwalan serta mutu merupakan batasan untuk mencapai hasil akhir suatu proyek konstruksi, sehingga proyek harus dilakukan tepat waktu dan biaya harus sesuai dengan anggaran dan mutu yang telah ditetapkan (Sari, 2022). Kegiatan suatu proyek konstruksi yang memakai alat berat memiliki faktor yang harus ditentukan dengan cara menghitung dari kapasitas produksi alat berat, sehingga perlu diketahui perhitungan alat berat secara teori dan efesiensi kerja yang sesuai dengan *job site* yang berhubungan, hasilnya dapat diperkirakan dengan tepat waktu dari penyelesian volume pekerjaan.

Menurut (Ervianto, 2002), proyek konstruksi adalah tahapan kegiatan atau pekerjaan yang dilakukan sekali serta bersifat jangka pendek. Proyek pertanian adalah material yang terus beriringan dengan teknik sipil, tanah adalah bagian terpenting dalam perencanaan suatu konstruksi (Dipohusodo, 1996). Karakteristik suatu proyek konstruksi adalah sebagai berikut (Soeharto, 1999):

1. Bermotif dinamis dan non-rutin.
2. Siklus proyek yang relatif singkat.
3. Intensitas pekerjaan dapat bervariasi selama siklus proyek.
4. Pekerjaan wajib diselesaikan sesuai data estimasi biaya dan penjadwalan yang disepakati.
5. Mencakup berbagai macam pekerjaan yang membutuhkan berbagai disiplin ilmu.
6. Perubahan kebutuhan sumber daya, seperti jenis dan volume pekerjaan.

2.1.1. Tahapan Proyek Konstruksi

Menurut (Tuelah, 2014) proyek konstruksi dapat dibagi dalam 5 (lima) tahapan yaitu sebagai berikut:

2.1.1.1. *Planning* (Tahap Perencanaan)

Tahap ini menentukan sasaran utama dari sebuah proyek. Kegiatan yang dikerjakan ditahap ini ialah penyusunan rencana kerja, memperluas sasaran proyek, penentuan alokasi sumber biaya, merencanakan syarat mutu, menyiapkan ruang lingkup kegiatan dan optimasi penjadwalan.

2.1.1.2. *Design* (Tahap Perancangan)

Kegiatan yang dikerjakan pada tahap ini diantaranya menentukan tata letak, melakukan perancangan (*design*), metode pelaksanaan konstruksi, dan estimasi biaya, serta menyiapkan data-data pelaksanaan yang dibutuhkan. Data tersebut yaitu *design* dari skema, gambar kerja, dan spesifikasi serta estimasi biaya dan penjadwalan.

2.1.1.3. Tahap Pengadaan/Pelelangan

Tahap ini mempunyai tujuan dalam memilih dan menentukan kontraktor pelaksana atau beberapa kontraktor maupun sub kontraktor yang mengerjakan sebuah proyek konstruksi. Prakualifikasi dan dokumen kontrak merupakan hal yang perlu diperhatikan.

2.1.1.4. *Construction* (Tahap Pelaksanaan)

Kegiatan dimulai ketika sudah ditetapkannya pemenang dari lelang. Tujuannya ialah untuk mewujudkan konstruksi yang dibutuhkan *owner* yang telah direncanakan konsultan perencana dengan batasan waktu dan dana yang telah ditentukan dan disetujui serta mutu yang sudah disyaratkan. Pekerjaan yang dikerjakan ialah merencanakan, mengkoordinasikan, dan mengendalikan pekerjaan yang ada di lapangan.

2.1.1.5. Tahap Sesudah Pelaksanaan

Tahap ini mempunyai tujuan untuk menjamin konstruksi yang sudah selesai harus sesuai dokumen kontrak serta fasilitas-fasilitas yang dapat digunakan sebagaimana mestinya.

2.1.2. Keterlambatan Proyek Konstruksi

Menurut (Kusjadmikahadi, 1999), keterlambatan pada suatu proyek artinya waktu kegiatan untuk menyelesaikan proyek bertambah dari rencana penjadwalan yang

ada dan sudah tercantum pada dokumen kontrak proyek. Akibat kegiatan yang tidak selesai tepat waktu ialah pemborosan biaya baik biaya langsung maupun tidak langsung.

2.2. *Re-engineering* dan *Value Engineering* dalam Konstruksi

2.2.1. Konsep *Re-engineering* dalam Konstruksi

Re-engineering atau rekayasa ulang ialah proses mendesain ulang proses bisnis dan sistem kerja guna meningkatkan kinerja dan efisiensi yang signifikan. Konsep ini pertama kali dikenalkan oleh Michael Hammer dan James Champy dalam buku mereka dengan judul *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution* (1993). Dalam hal konstruksi, re-engineering dapat diterapkan untuk mengoptimalkan penggunaan sumber daya, mengurangi biaya, meningkatkan kualitas, serta mempercepat penyelesaian proyek.

Menurut (Hammer dan Champy, 1993), *re-engineering* melibatkan pemikiran kembali yang fundamental dan perancangan ulang untuk mencapai perbaikan yang baik dari segi biaya, mutu, dan layanan serta kecepatan. Prosesnya melibatkan analisis yang mendalam tentang bagaimana pekerjaan yang dikerjakan dan mencari cara inovatif untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas.

2.2.2. Penerapan *Re-engineering* dalam Konstruksi

Dalam dunia konstruksi, penerapan *re-engineering* melibatkan penilaian ulang dan perancangan ulang proses kerja, penggunaan teknologi, dan perubahan struktur orgnanisasi untuk meningkatkan efisiensi. Menurut Peurifoy dan Schexnayder (2002), tahapan-tahapan utama dalam *re-engineering* proyek konstruksi ialah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi proses kunci yang mempengaruhi kinerja proyek secara keseluruhan.
2. Melakukan analisis tentang bagaimana proses tersebut dikerjakan saat ini dan mengidentifikasi kelemahan atau inefisiensi.
3. Mendesain ulang proses untuk menghilangkan inefisiensi dan meningkatkan kinerja.
4. Mengadopsi teknologi baru untuk mendukung proses yang telah didesain ulang.

5. Mengukur kinerja proses yang telah didesain ulang dan melakukan evaluasi untuk memastikan peningkatan yang berkelanjutan.

2.2.3. *Value Engineering* dalam Konstruksi

Value Engineering merupakan pendekatan yang terstruktur yang berguna untuk mengoptimalkan nilai dari proyek dengan mempertimbangkan biaya dan fungsi. *Value Engineering* juga berfokus pada identifikasi cara-cara untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas, mengurangi biaya, serta tetap mempertahankan kualitas dan kinerja. Menurut Dell'Isola (1997), *Value Engineering* merupakan proses sistematis dan terorganisir untuk menganalisis fungsi suatu sistem atau produk untuk mencapai kinerja terbaik dengan biaya yang rendah.

2.2.4. Penerapan *Value Engineering* dalam Konstruksi

Menurut (Cooper dan Slagmulder, 1997), *value engineering* dalam proyek konstruksi dapat membantu mengindentifikasi peluang untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi biaya tanpa mengorbankan kualitas. Penerapan *value engineering* melibatkan tahapan-tahapan berikut:

1. Memilih kombinasi alat berat dengan kinerja yang optimal serta biaya operasional yang rendah.
2. Menyempurnakan metode kerja guna mengurangi waktu siklus, meningkatkan produktivitas, dan mengurangi biaya tenaga kerja.
3. Menggunakan material yang sesuai dengan spesifikasi teknis namun dengan biaya yang lebih rendah.
4. Menghilangkan kegiatan yang tidak menambah nilai dalam proses kontruksi.

2.3. Pengertian Alat Berat

Pada awal pekerjaan konstruksi, kontraktor akan menentukan dan memilih peralatan yang akan dipakai pada proyek konstruksi tersebut. Pemilihan peralatan atau alat berat yang digunakan adalah faktor terpenting dalam keberlangsungan dan keberhasilan proyek yang berlangsung dengan lancar. Jika terdapat kesalahan dalam menentukan dan memilih perlalatan atau alat berat akan mengakibatkan terjadinya pembengkakan atau kenaikan biaya, jadi dalam memilih alat berat harus

diperhatikan klasifikasi dari alat yang dipakai, faktor pemilihan alat, dan biaya produksi dari alat berat dan *time schedule*. Alat berat adalah faktor terpenting dalam berjalannya suatu proyek konstruksi dengan skala besar. Tujuan dari penggunaan alat berat ini akan memudahkan manusia dalam mengoptimalkan pekerjaan dengan hasil akhir yang diharapkan sesuai dengan rencana dan juga tercapai lebih mudah dan waktu yang efektif.

Menurut (Wilopo, 2009), Keuntungan yang didapatkan dalam menggunakan peralatan atau alat berat sebagai berikut:

a. Waktu pekerjaan lebih cepat, mempermudah proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikejar target penyelesainya.
b. Tenaga besar, melakukan pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh manusia.
c. Ekonomis, karena cepat, ketebatasan tenaga kerja manusia, keamanan dan faktor ekonomis lainya.
d. Mutu hasil kerja yang lebih baik, dengan menggunakan alat berat.

2.3.1. Fungsi Alat Berat

Penggunaan dari alat berat jadi kebutuhan wajib suatu proyek konstruksi, setiap alat berat memiliki fungsi yang beragam namun tujuannya serupa yaitu penghematan biaya dan waktu, sumber daya manusia, dan hasil pekerjaan yang baik. Pada pekerjaan galian dan timbunan proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara, alat berat yang digunakan berupa *excavator* dan *bulldozer*. Fungsi dari keduanya dijelaskan dalam sub bab berikut.

2.3.1.1. Excavator

Menurut (Tenrisukki, 2003), Karakteristik terpenting dari alat berat *excavator* ialah umumnya menggunakan tenaga *diesel engine* dan *full hydraulic system*. *Excavating operation* yang paling cepat dalam segi waktu adalah memakai metode *heel* and *tor*, mulai dari atas. Pada konfigurasi *backhoe*, ukuran dari *boom* lebih panjang sehingga jangkauan akan lebih jauh, tetapi ukuran *bucket* lebih kecil. Faktor dari pemilihan *excavator* yang harus diperhatikan ialah kapasitas *bucket*, kondisi alat, dan dapat melakukan penggalian pada daerah yang lunak maupun keras.

Menurut (Suhariyanto dan Lydianingtias, 2018), *excavator* dapat dibagi dalam jenis-jenis berikut ini.

1. Power shovel

Ppower shovel biasa digunakan pada pekerjaan penggalian tebing yang lebih tinggi dari posisi atau elevasi alat. Contoh *power shovel* dilihat pada gambar berikut.

Gambar 2.1 *Power Shovel*

2. Dragline

Excavator jenis *dragline* ialah *excavator* dengan *bucket* yang mirip dengan serok raksasa dari bahan material baja. *Excavator* jenis ini juga biasa dipakai untuk pekerjaan galian kedalaman sungai, drainase, dan saluran irigasi. Tanah yang digali biasanya berupa tanah yang lunak. *Excavator* jenis *dragline* dapat dilihat seperti gambar berikut.

Gambar 2.2 *Dragline*

3. Clamshell

Clamshell adalah jenis *excavator* yang cocok dipakai untuk melakukan pekerjaan galian material tanah atau material yang lepas. Prinsip kerjanya dengan menjatuhkan *bucket* secara *vertical* dengan beban *excavator*, kemudian diangkat dengan cara *vertical* pula. Setelahnya, *clamshell* akan bergerak menumpahkan material di lokasi yang menjadi sasaran.

Gambar 2.3 *Clamshell*

4. *Backhoe* (*Pull shovel*)

Backhoe merupakan jenis *excavator* yang dipergunakan untuk melakukan pekerjaan penggalian tanah yang berada di bagian bawah posisi atau elevasi dari alat, seperti galian parit, pondasi, dan sodetan. Jenis *backhoe* mempunyai dua jenis yaitu dengan roda rantai dan roda karet.

Gambar 2.4 *Backhoe*

Salah satu *excavator* yang digunakan pada Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT. Natura Pasific Nusantara adalah *excavator* jenis *backhoe* dengan merk Sany SY215C dengan tipe roda rantai. *Excavator* jenis *backhoe* yang digunakan ini khusus untuk pekerjaan penggalian yang posisinya dibawah kedudukan alat itu sendiri. Keuntungannya apabila dibandingkan dari *clamshell* dan *dragline* yang memiliki fungsi hampir sama ialah dapat digunakan untuk penggalian dengan kedalaman lebih teliti, dan bisa dipakai sebagai pemuat bagi *dump truck*. Menurut (Rochmanhadi, 1992), struktur dari alat berat excavator terdiri atas tiga bagian inti yaitu bagian atas yang bisa berputar (*revolving unit*), bagian bawah yang bisa berjalan (*travel unit*), dan bagian yang dapat diganti (*attachment unit*). Struktur dan bentuk dari *excavator* dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 2.5 Struktur *Excavator*

Keterangan:

1. *Boom*
2. *Bucket*
3. *Arm*
4. *Arm cylinder*
5. *Bucket cylinder*
6. *Boom cylinder*
7. *Shoe*
8. *Tracker*
9. *Engine/mesin*
10. *Cabin*

Bagian-bagian struktur *excavator* diatas memiliki fungsi sebagai berikut.

a. *Upper structure* (bagian atas)

   Bagian atas memiliki beberapa struktur yang bekerja sebagai mesin penggerak pada *excavator*. Mesin tersebut berfungsi untuk memberi tenaga guna menggerakan *excavator* bergerak maju maupun bergerak mundur, dan penggerak *attachment*.

b. *Undercarriage* (bagian bawah)

   Bagian bawah memiliki beragam struktur sebagai berikut.

   1) Shoe, berfungsi sebagai penggerak alat, bentuknya yaitu rantai yang terletak menempel pada permukaan tanah.

   2) Tracker, berfungsi untuk roda alat

c. Bagian *attachment*

   Bagian *attachment* memiliki beragam struktur sebagai berikut.

   1) Arm, berguna sebagai pengayun *bucket* sehingga dapat bergerak naik dan turun.

   2) Arm cylinder, berfungsi sebagai penggerak *arm*.

   3) Bucket, berguna untuk menggali material tanah.

   4) Bucket cylinder, berguna untuk menggerakan *bucket*.

   5) Boom, berfungsi sebagai penggerak *arm* sehingga dapat naik turun ketika pekerjaan.

   6) Cabin, berguna untuk mengendalikan alat dan sebagai pelindung untuk melindungi operator ketika sedang mengoperasikan alat.

Menurut (Sugiyanto, 1984), perlengkapan pada alat berat *excavator* terdiri dari berbagai ragam jenis seperti berikut.

a. *Ejector bucket*, digunakan pada penggalian dengan tempat yang sempit dan berlumpur.

b. *Trapezoidal bucket*, digunakan untuk pekerjaan pembuatan drainase dan saluran irigasi.

c. *Slope finishing bucket*, dipakai untuk pekerjaan menggali, meratakan timbunan, dan memadatkan tanah.

d. *Ripper bucket*, dipakai untuk pekerjaan penggalian tanah yang keras dan bebatuan.

e. *Single/Triple shank ripper*, dipakai untuk pekerjaan penggalian dan pembongkaran tunggal seperti beton.
f. *Clamshell bucket*, dipakai untuk pekerjaan penggalian yang vertikal contohnya penggalian pondasi pada jembatan.
g. *Side cutter bucket*, dipakai untuk pekerjaan penggalian pada sisi tembok. Bucket jenis ini ialah yang dipakai pada Proyek Perumahan Staff PT. Natura Pasific Nusantara (NPN).

Jenis perlengkapan alat berat *excavator* ini dapat dilihat sebagai berikut.

Gambar 2.6 Perlengkapan *Excavator*

(Sumber: Sugiyanto, 1984)

2.3.1.2. Bulldozer

Menurut (Fatena, 2008), pada setiap proyek konstruksi memiliki bermacam – macam alat untuk pengolahan lahan seperti *dozer*, *ripper*, *motor grader*, dan *scraper*. Fungsi dari alat ini ialah antara lain:

a) Mengupas dari lapisan permukaaan.
b) Membuka jalan baru.
c) Menyebarkan material.

Dozer merupakan traktor yang dipasang pisau atau *blade* dibagian depannya. Pisaunya bertujuan untuk mendorong, atau memotong material yang ada didepannya. Menurut (Tenrisukki, 2003), alat berat berupa *bulldozer* ialah alat berat yang memakai traktor sebagai penggerak inti atau utamanya, berarti traktor yang dilengkapi dengan *dozer attachment* dalam hal tersebut ialah *blade*. *Bulldozer* merupakan salah satu jenis dari *dozer* yang hanya bergerak mendorong lurus ke depan. Macam dan tipe dari *bulldozer* dapat dibedakan menjadi beberapa macam tergantung dari alat geraknya, kendali alat gerak, dan macam pisaunya.

Menurut (Kholil, 2012), alat gerak atau *mounted bulldozer* dibagi dalam dua tipe, yaitu *Crawler Tractor Mounted* (dengan roda rantai), *Wheel Tractor Dozer* (dengan roda ban karet), dan *Swamp Bulldozer*. Perbandingan antara *Crawler Mounted* dan *Wheel Mounted* pada tabel berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan *Crawler Mounted* dan *Wheel Mounted*

Roda Ban Karet	**Roda *Crawler***
Dipakai pada *surface* yang baik seperti beton	Untuk dipakai beragam jenis *surface*
Bekerja baik pada *surface* yang menurun dan datar	Dapat bekerja pada berbagai *surface*
Cuaca yang lembab dapat menyebabkan slip	Dapat bekerja pada tanah yang lembab atau berlumpur
Bekerja bagus untuk jarak tempuh yang Panjang	Memiliki jarak tempuh yang pendek
Digunakan untuk mengatasi tanah yang lepas	Dapat digunakan untuk mengatasi tanah yang keras
Kecepatan alat dalam keadaan kosong tinggi	Kecepatan alat dalam keadaan kosong rendah

(Sumber: Kholil, 2012)

Menurut (Kholil, 2012), alat kendali pisau *dozer* (*blade*) dapat dibedakan dalam *Cable Controlled* (alat kendali dengan kabel) dan *Hydraulic Controlled* (alat kendali dengan hidraulik). Berikut keuntungan dan kerugian dari dua jenis kendali yang tercantum pada table 2.4 berikut.

Tabel 2.2 Perbandingan *Cable Controlled* dan *Hydraulic Controlled*

Cable Controlled	***Hydraulic Controlled***
Sederhana dalam pemasangan dan pemakaian	Tekanan dari *blade* yang lebih besar
Pemeliharaan yang mudah	Kedudukan *blade* yang mudah diatur
Bahaya untuk kerusakan alat yang kurang, karena *blade* dapat naik sendiri jika menemukan rintangan yang berat	Pemeliharaan yang berat dan harus teliti
Tidak cocok untuk tanah keras	Kadang kesulitan untuk menyediakan minyak hidrolis jika lokasi di pedalaman

(Sumber: Kholil, 2012)

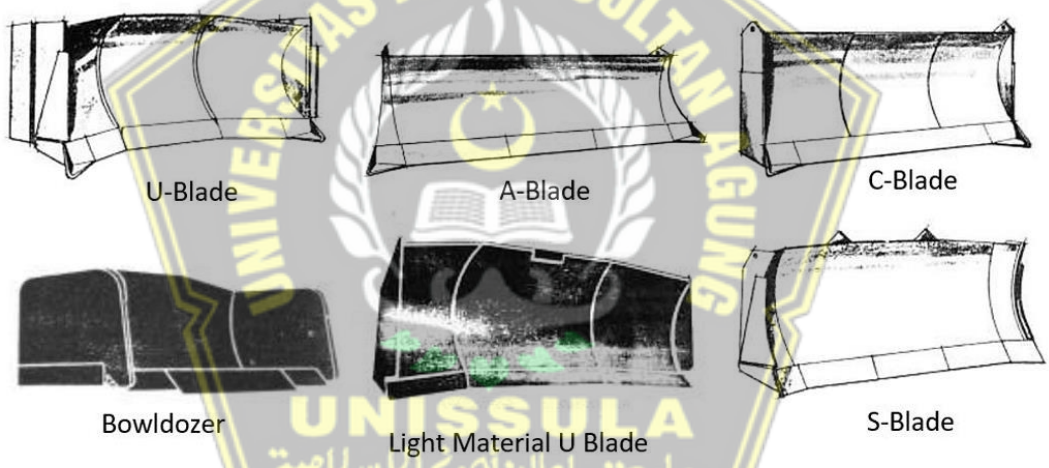
Menurut (Tenrisukki, 2003), dilihat dari tipe *blade*, *bulldozer* dapat dibedakan menjadi *straight dozer* (mendorong lurus), *angle dozer* (pisau serong), dan *tilt dozer* (pisau serong dilihat dari depan). Macam – macam *blade* yang umumnya dipakai pada alat berat *bulldozer* ialah sebagai berikut.

1. *U-Blade (Universal Blade)*, digunakan untuk menahan material supaya tetap berada pada jalur dorong. Hal tersebut membuat *bulldozer* dapat mendorong material lebih banyak karena *bulldozer* hanya kehilangan material yang relatif kecil dalam jarak dorong yang jauh. Pekerjaan dengan memakai jenis *blade* ini ialah penyediaan material, reklamasi tanah, dan lain-lain.
2. *S-Blade (Straight Blade)*, jenis *straight blade* cocok dipakai untuk berbagai jenis lapangan. *Straight blade* jenis ini ialah hasil modifikasi jenis *Universal Blade* dengan kemampuan mengatasi material yang lebih mudah.
3. *C-Blade (Cushion Blade)*, tipe *C-Blade* dilengkapi dengan bantalan karet (*rubber cushion*) yang berguna untuk meredamkan benturan, digunakan dalam

pekerjaan pemeliharaan jalan dan *push loading*. Ukurannya cukup lebar sehingga mampu untuk meningkatkan kemampuan manuver alat.

4. *Bowldozer,* tipe ini digunakan untuk mendorong atau membawa material supaya jumlah kehilangan material selama proses pengusuran dapat diminimalkan yang disebabkan oleh dinding-dinding besi pada samping *blade.*
5. *U- Blade (Universal Blade) for Light Material,* tipe ini dipakai untuk pekerjaan material non kohesif atau material lepas, seperti *stockpile* dan reklamasi dengan tanah lepas atau gembur.
6. *A-Blade (Angling Blade),* tipe ini dipakai *bulldozer* pada pekerjaan pembuangan ke samping, menggali saluran, pembukaan jalan, dan pekerjaan yang sesuai. Pada Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) ini menggunakan jenis *blade* ini.

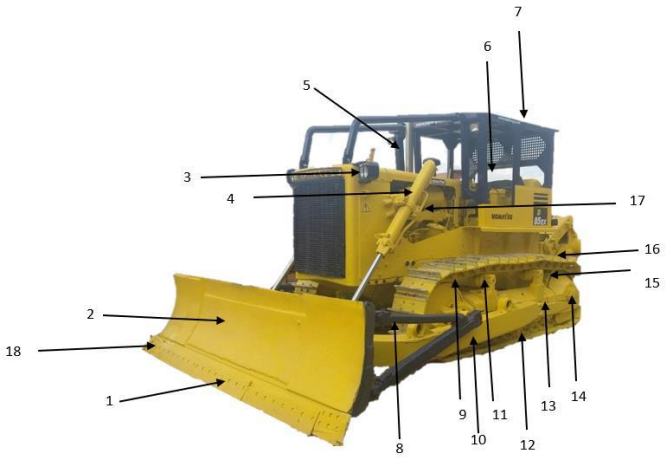
   Gambar dari blade dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.7 Tipe *Blade Bullodozer*

(Sumber: Tenrisukki, 2003)

Menurut Dapertemen Pekerjaan Umum (2017), struktur dari *bulldozer* terdiri atas *attachment,* mesin penggerak, badan, dan penghubung tenaga. Bentuk dan struktur dari *bulldozer* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.8 Struktur *Bullodozer*

Keterangan:

1. *Cutting edge*
2. *Blade*
3. *Work lamp*
4. *Lift cylinder*
5. *Exhaust pipe*
6. *Operator seat*
7. *Cabin*
8. *Brance*
9. *Front idler*
10. *Straight frame*
11. *Upper roller*
12. *Lower roller*
13. *Track frame*
14. *Final drive*
15. *Sprocket*
16. *Track shoe assy*
17. *Engine*
18. *End bit*

Fungsi dari masing-masing bagian struktur ialah sebagai berikut.

1. *Cutting edge*, merupakan bagian *blade* yang mempunyai tugas memotong dan meratakan dari permukaan tanah, berbentuk mata pisau serta mempunyai gerigi.
2. *Blade*, merupakan bagian yang berguna untuk memindahkan, mendorong, serta mengangkat material.
3. *Work lamp*, berfungsi memberikan pencahayaan untuk operator dalam melihat area yang akan dikerjakan, *bulldozer* mempunyai *work lamp* pada bagian depan dan bagian belakang untuk digunakan saat malam hari.

4. *Lift cylinder,* berguna mengangkat dan menggerakan *blade* untuk naik turun dengan hidrolik, sehingga operator mampu memposisikan *blade* sesuai yang dikontrol melalui dalam *cabin*.
5. *Exhaust pipe,* adalah tempat asap sisa dari pembakaran keluar.
6. *Operator seat,* tempat duduk dari operator dalam *cabin*.
7. *Cabin,* tempat ruang kendali dari *bulldozer*.
8. *Brance,* letaknya menyepit antara *straight frame* dan *blade* sehingga dapat bergerak baik dan sebagai penahan.
9. *Front Idler*, berbentuk bulat didepan yang digunakan untuk mengarahkan *track assembly* serta peredam kejut saat benturan dengan gundukan.
10. *Straight frame*, digunakan sebagai batang penyangga dari *blade* untuk menyambungkan antara *track frame* dengan pisau (*blade)* yang dihubungkan menggunakan engsel sehingga *bulldozer* akan dapat bergerak naik dan turun.
11. *Upper roller,* merupakan *roller* pada bagian atas yang digunakan menahan *track* supaya *track* berada pada posisinya sehingga *bulldozer* bisa bergerak.
12. *Lower roller*, merupakan *roller* pada bagian bawah yang digunakan untuk menahan *track* untuk dapat bergerak dan berada pada tempatnya.
13. *Track frame,* digunakan sebagai penyangga pada bagian bawah serta dudukan *undercarriage*. Tempat duduk dari *final drive, straight frame,* dan *roller*.
14. *Final drive,* yang digunakan sebagai penggerak *track* atau pemutar *track shoe*.
15. *Sprocket,* bentuknya seperti *gear* yang berfungsi memberikan tenaga putar dari *final drive* sebagai penggerak *bulldozer*.
16. *Track shoe assy,* sebagai pengikat *track shoe* dan *track link* dengan baut.
17. *Engine,* berupa mesin disel (*diesel engine*) dimana 70 hp berfungsi untuk mendorong sampah, antara 405 hp berfungsi untuk pertambangan dan antara 104 hp sampai 200 hp untuk pekerjaan jalan.
18. *End bit,* ialah bagian samping atau pojok pada *blade* yang menjorok keluar berfungsi untuk material supaya dapat masuk kedalam *blade*.

2.3.2. Faktor Pemilihan Alat Berat

Menurut (Wilopo, 2011), Manajamen pemilihan dan pengendalian peralatan merupakan proses merencanakan, mengatur, memimpin, dan mengendalikan alat

untuk mencapai visi pekerjaan telah ditetapkan. Selain itu faktor-faktor yang perlu digarisbawahi dalam rencana kerja alat berat sebagai berikut:

a. Fungsi yang harus dilakukan

   Alat atau alat berat dapat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti untuk menggali, mengangkut, meratakan permukaan, dan lain-lain

b. Kapasitas peralatan

   Pemilihan alat berat berdasarkan pada volume total atau berat material yang harus diangkut atau dikerjakan. Kapasitas alat yang dipilih harus tepat sehingga dapat menyelesaiakn pekerjaan pada waktu yang sudah ditentukan.

c. Cara operasi

   Alat berat ditentukan didasarkan arah, kecepatan, frekuensi, dan lain-lain.

d. Pembatasan dari metode yang dipakai

   Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan peralatan atau alat berat yaitu peraturan lalulintas, biaya dan pembongkaran. Selain itu, metode konstruksi yang digunakan dapat membuat pemilihan alat dapat berubah.

e. Ekonomi

   Selain ongkos investasi atau ongkos sewa peralatan, biaya operasional dan pemeliharan adalah faktor yang penting di dalam pemilihan alat atau alat berat.

f. Jenis proyek

   Beberapa macam proyek yang umumnya memakai alat berat. Proyek-proyek tersebut antara lain proyek jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan, dam, dan lain-lain.

g. Lokasi proyek

   Lokasi proyek juga merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam menentukan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek di dataran tinggi diperlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah.

h. Jenis dan daya dukung tanah

   Jenis tanah di lokasi proyek dan material yang akan digarap dapat mempengaruhi alat berat yang akan digunakan. Tanah dapat dalam kondisi padat, lepas, keras atau lembek.

i. Kondisi lapangan

Kondisi lapangan yang sulit dengan kondisi lapangan yang baik ialah faktor lain yang dapat mempengaruhi pemilihan alat berat.

Dilihat dari faktor-faktor diatas, maka diperlukan adanya pemilihan alat berat secara tepat yang dapat digunakan dengan optimal ialah sebagai berikut.

1. Pemilihan alat berat yang tepat dengan proyek

   Pemilihan alat yang sesuai sangat mempengaruhi waktu proyek dan biaya proyek. Proyek yang memiliki skala besar dengan waktu sedikit akan membutuhkan jumlah alat berat yang lebih banyak. Sedangkan, proyek dalam skala besar dengan waktu lama cenderung menggunakan alat berat dengan jumlah yang lebih sedikit.
2. Pemilihan alat berat sesuai dengan pekerjaan yang digunakan

   Alat berat mempunyai fungsi dan kemampuan yang berbeda. Misal, *excavator* berfungsi menggali, *dump truck* berfungsi untuk muat material, dan *bulldozer* berfungsi meratakan tanah. Kombinasi ini dipilih berdasarkan pekerjaan yang akan dilaksanakan.
3. Keputusan untuk beli atau sewa

   Kontraktor dapat mengadakan peralatan untuk pekerjaan suatu proyek dengan cara membeli atau sewa. Keduanya mempunyai keuntungan dan kekurangan masing-masing.

2.3.3. Faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Alat Berat

Tidak semua alat berat dapat digunakan untuk semua proyek konstruksi. Pemilihan alat berat yang tidak tepat dapat menyebabkan keterlambatan, peningkatan biaya proyek, dan hasil yang tidak sesuai rencana (Rostiyanti, 2008).

Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pemilihan Alat Berat :

1. Fungsi yang perlu dijalankan, alat berat diklasifikasikan berdasarkan fungsi seperti menggali, mengangkut, dan grading, serta fungsi lainnya.
2. Kapasitas Peralatan, pemilihan alat berat didasarkan pada total volume atau berat material yang diangkut atau ditangani. Kemampuan alat yang dipilih harus memadai untuk menyelesaikan tugas dalam waktu yang ditentukan.

3. Operasi, alat berat dipilih berdasarkan arah, jarak tempuh, kecepatan, frekuensi perjalanan, dll.
4. Keterbatasan metode yang digunakan, kendala yang mempengaruhi alat berat antara lain *traffic*, biaya, dan pembongkaran. Metode konstruksi dapat mengubah pemilihan peralatan.
5. Ekonomi, selain biaya investasi atau sewa peralatan, biaya pengoperasian dan pemeliharaan juga menjadi faktor ekonomis dalam pemilihan alat berat.
6. Jenis proyek, seperti proyek konstruksi, jalan, jembatan, irigasi, penggundulan hutan, bendungan, dan lain-lain.
7. Lokasi proyek saat memilih, yang penting adalah lokasi proyek dataran tinggi berbeda dengan lokasi proyek dataran rendah.
8. Jenis tanah dan daya dukung, jenis tanah di lokasi proyek, dan jenis material yang dikerjakan akan mempengaruhi alat berat yang digunakan. Tanah bisa keras, gembur, keras atau lunak.
9. Kondisi lapangan, kondisi medan yang sulit dan medan yang menguntungkan menjadi faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat.

2.4. Produktivitas Alat Berat

Produktivitas alat berat ialah kesanggupan alat berat berproduksi yang dinilai dalam satuan jam atau satuan waktu. Sebuah alat berat dapat disebut produktif jika alat berat mampu bekerja terus-menerus pada jam kerjanya sesuai dengan tugasnya serta tujuan dari penggunaan alat berat dalam pekerjaan (Rochmanhadi, 1992).

Fakor dari produktivitas maupun volume pekerjaan akan berdampak langsung pada waktu kerja. Produktivitas ialah perbandingan dari hasil yang didapat dengan sumber daya yang dipakai, bergantung pada *capacity* serta *cycle time* dari alat berat. Rumus dasar untuk menghitung produktivitas alat berat ialah sebagai berikut (Rostiyanti, 2008).

$$\text{Produktivitas} = \frac{Kapasitas}{Cycle\ Time\ (menit)} \quad \text{.....(2.1)}$$

Cara mencari nilai taksiran dari produktivitas suatu alat berat mempunyai beragam cara selaras dengan fungsi alat berat, namun dasar dari perhitungannya sama seperti berikut:

Produktivitas = Kapasitas x $\frac{60}{Cycle\ Time}$ x Efisiensi.....(2.2)

Rumus yang masih dipakai untuk mencari jumlah dari kebutuhan alat berat berdasarkan AHSP Bina Marga ialah sebagai berikut:

n = $\frac{V}{Q\ x\ Ts}$

keterangan:

n = jumlah alat berat

V = volume pekerjaan (m^3)

Q = produksi alat berat (m^3/jam)

Ts = waktu siklus (menit)

Setelah jumlah setiap alat berat diperoleh, berikutnya ialah menghitung waktu pekerjaan dapat diselesaikan. Metode untuk mengetahui produktivitas alat berat adalah dengan mengalikan nilai produktivitas masing-masing alat dengan jumlahnya, kemudian membandingkannya dengan produktivitas total alat berat yang diperoleh dari nilai total produktivitas terkecil. Durasi pekerjaan dihitung dengan rumus berikut.

Durasi = $\frac{Volume\ Pekerjaan}{Produktivitas\ Terkecil}$.....(2.3)

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi dari produktivitas alat berat ialah waktu siklus, volume material, dan faktor efisiensi alat (Rostiyanti, 2008).

2.4.1. Waktu Siklus

Waktu siklus dari pemindahan material ialah aktivitas yang dikerjakan secara berulang, yang berarti ialah waktu yang dibutuhkan sebuah alat dalam siklus aktivitas seperti penggalian, memuat muatan, memindahkan muatan, membongkar muatan, dan kembali seperti semula. Waktu siklus terdiri dari empat unsur yaitu waktu muat, waktu angkut, waktu bongkar, dan waktu tunggu (Rostiyanti, 2008).

2.4.1.1. Waktu Muat atau *Loading Time*

Loading time atau waktu muat (LT) ialah waktu yang diperlukan alat guna memuat material kedalam alat angkut sesuai dengan kapasitas dari alat angkut. Nilai *loading time* biasanya bergantung pada jenis tanah, metode muat, ukuran alat muat dan efisiensi dari alat.

2.4.1.2. Waktu Angkut atau *Hauling Time dan Waktu Kembali atau Return Time*

Waktu angkut atau *hauling time* (HT) ialah waktu yang diperlukan suatu alat untuk bergerak dari tempat pemuatan ke tempat pembongkaran. Waktu angkut bergantung pada jarak tempuh, kondisi jalan, dan tenaga alat. Sedangkan, waktu atau *return time* (RT) ialah waktu yang digunakan suatu alat untuk ke tempat pemuatan.

2.4.1.3. Waktu Pembongkaran atau *Dumping Time*

Dumping time atau waktu pembongkaran (DT) ialah waktu yang penting dalam waktu siklus, waktu ini bergantung pada jenis tanah dan jenis alat serta metode yang dipakai. Waktu pembongkaran ialah bagian paling kecil dari waktu siklus.

2.4.1.4. Waktu Tunggu atau *Spotting Time*

S*potting time* atau waktu tunggu (ST) ialah waktu yang dibutuhkan oleh alat menuju ke tempat pemuatan dan alat tersebut mengantre serta menunggu alat terisi muatan. Waktu antre yang disebut yaitu waktu tunggu.

Berdasarkan dari empat unsur diatas dapat disimpulkan suatu persamaan ialah sebagai berikut.

CT = LT + HT + DT + RT + ST .....(2.4)

Keterangan:

LT = *loading time*

HT = *hauling time*

DT = *dumping time*

RT = *return time*

ST = *spotting time*

2.4.2. Volume Material

Pekerjaan pemindahan material dimana volume dari material ditentukan sesuai dengan keadaan material dalam proses pemindahan material. Ada 3 jenis satuan dari volume material diantaranya yaitu volume material asli, volume material lepas, dan volume material padat.

2.4.2.1. Volume Material Asli

Volume material asli ialah volume yang dapat diukur apabila keberadaanya masih ditempat aslinya atau belum terganggu.

2.4.2.2. Volume Material Lepas

Volume material lepas ialah volume yang dapat diukur dalam keadaan lepas, yaitu saat material dipindahkan atau mengalami perubahan bentuk.

2.4.2.3. Volume Material Padat

Volume material padat ialah volume yang dapat diukur dalam keadaan material sudah dipadatkan dengan memakai *compacted material.*

2.4.3. Faktor Efisiensi Alat

Faktor efisiensi dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu faktor efisiensi kerja alat dan faktor koreksi. Penjelasan dari kedua faktor ialah sebagai berikut.

2.4.3.1.Faktor Efisiensi Kerja Alat

Hasil produksi suatu alat pada kondisi asli atau kondisi *existing*, tidak sama dengan hasil perhitungan yang ditulis dalam brosur dikarenakan banyak faktor yang dapat mempengaruhinya. Faktor yang dimaksud ialah faktor efisiensi kerja alat (Fa). Nilai dari faktor ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.3 Nilai Efisiensi Kerja Alat

Kondisi Operasi Alat	**Pemeliharaan Mesin**				
Berat	**Sangat Baik**	**Baik**	**Sedang**	**Buruk**	**Sangat Buruk**
Sangat Baik	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Sangat Buruk	0,53	0,50	0,47	0,42	0,32

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

2.4.3.2. Faktor Koreksi

Faktor koreksi ini dapat meliputi faktor operator, faktor material, faktor cuaca, faktor kondisi medan, dan faktor manajemen kerja. Besar dari faktor yang dapat mempengaruhi dijelaskan sebagai berikut.

1. Faktor Operator

   Faktor efisiensi operator harus diperhitungkan untuk menentukan taksiran dari produksi alat berat. Nilai efisiensi sangat dipengaruhi oleh keterampilan operator yang dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Nilai Efisiensi Operator

Kondisi Kerja	Efisiensi
Alat baru	1,00
Alat baik (lama)	0,90
Alat rusak ringan	0,80

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

2. Faktor Peralatan

   Faktor peralatan harus dihitung karena mempengaruhi pemelihan mesin atau peralatan yang ada pada pekerjaan, nilai faktor ini dapat dilihat pada tabel 2.5.

Tabel 2.5 Nilai Efisiensi Peralatan

Kelas	Efisiensi
Operator Kelas I	1,00
Operator Kelas II	0,80
Operator Kelas II	0,70

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

3. Faktor Material

   Faktor material ialah salah satu faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas alat berat dari sebuah pekerjaan dan faktor bawaan sesuai dengan jenis materialnya. Nilai faktor ini tidak dapat bisa diubah, yang dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.6 Nilai Efisiensi Material

Jenis Material	Efisiensi
Kohesif	0,75 – 1,00
Non Kohesif	0,60 – 1,00

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

4. Faktor Cuaca

   Faktor cuaca merupakan bahan pertimbangan keberlangsungan pekerjaan yang ada dilapangan. Cuaca kerja yang kurang nyaman akan menurunkan efisiensi dan produktivitas kerja. Nilai faktor cuaca dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Nilai Efisiensi Cuaca

Cuaca	Efisiensi
Baik	1,00
Sedang	0,80

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

5. Faktor Kondisi Medan

   Faktor kondisi lapangan atau medan menjadi perhitungan dalam efisiensi kerja, kondisi dengan medan yang sulit akan mempengaruhi produktivitas kerja dan pemeliharaan alat berat. Nilainya dapat dilihat pada tabel 2.8.

Tabel 2.8 Nilai Efisiensi Kondisi Medan

Kondisi Lapangan	Efisiensi
Ringan	1,00
Sedang	0,80
Berat	0,70

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

6. Faktor Manajemen Kerja

   Faktor manajemen kerja dalam kegiatan pekerjaan atau proyek perlu diperhitungkan karena setiap kegiatan dan pekerjaan yang dilakukan harus diperkirakan dengan detail dan tepat. Nilainya dapat dilihat pada tabel 2.9.

Tabel 2.9 Nilai Efisiensi Manejemen Kerja

Manajemen Kerja	Efisiensi
Sempurna	1,00
Baik	0,92
Sedang	0,82
Buruk	0,75

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

2.5. Peralatan Pekerjaan Galian dan Timbunan

Pemilihan peralatan dapat dilakukan berdasarkan pada beberapa faktor, diantaranya yaitu jenis pekerjaan yang dikerjakan, jenis material, volume pekerjaan, serta kondisi lapangan di lokasi pekerjaan. Karena faktor-faktor tersebut, maka diperlukan pemilihan kombinasi dari alat berat yang sesuai untuk dapat berjalan dan bekerja secara efisien dan efektif. Pada pekerjaan galian dan timbunan di

Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) dipakai 2 alat berat yaitu *excavator* dan *bulldozer*. Produktivitas alat berat dapat dilihat sebagai berikut.

2.5.1. Produktivitas *Excavator*

Aktivitas yang dikerjakan oleh *excavator* pada pekerjaan galian dan timbunan ialah pengerukan, penggalian, dan pengangkutan dari beragam jenis material. Bagian utama dari *excavator* terdapat bagian atas atau *revolving unit* (bagian yang dapat berputar), bagian bawah atau *travel unit* (bagian untuk berjalan), dan bagian *attachment* (bagian yang dapat diganti). 4 gerakan yang dapat menentukan lamanya waktu siklus ialah sebagai berikut:

1. *Land bucket* (mengisi bucket).
2. *Swing loaded* (mengayun).
3. *Dump bucket* (membongkar beban)
4. *Swing empty* (mengayun balik)

Waktu siklus bergantung pada ukuran *excavator* dan kondisi kerjanya, contohnya *excavator* berukuran kecil, maka waktu siklusnya akan lebih cepat dibanding dengan *excavator* berukuran besar. Kondisi kerja yang bagus dapat membuat waktu siklu (*cycle time*) lebih cepat dibanding dengan kondisi kerja yang kurang bagus seperti menggali tanah keras, dan lain-lain.

Nilai produksi *excavator* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Rostiyanti, 2008).

$$Q = V \times \frac{3600}{Cycle\ Time} \times S \times BFF \times E \quad \text{.....(2.5)}$$

Keterangan:

Q = produksi per jam (m^3/jam)

V = kapasitas alat (m^3)

CT = waktu siklus dalam detik

S = faktor koreksi untuk kedalaman dan sudut putar

BFF = faktor koreksi untuk alat gali

E = efisiensi kerja

Untuk kapasitas *bucket excavator* dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$V = q' \times K \quad \text{.....(2.6)}$$

Keterangan:

q’ = kapasitas munjung (penuh)

K = faktor *bucket* besarnya tergantung tipe dan kondisi tanah

Faktor *bucket* yang dibutuhkan dalam data dapat ditentukan sebagai berikut.

Tabel 2.10 Faktor *Bucket Excavator*

Kondisi Pemuatan		**Faktor**
Ringan	Menggali dan memuat dari *stockpile* atau material yang sudah dikeruk oleh *excavator* lain, yang tidak dibutuhkan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam bucket. Pasir, tanah berpasir, tanah kolodial dengan kadar air yang sedang.	0,8 – 1,00
Sedang	Menggali dan memuat *stockpile* lepas dari tanah keras yang sulit digali dan dikeruk namun dapat dimuat hampir munjung. Pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran, tanah liat, *gravel* yang belum disaring, atau menggali dan memuat *gravel* langsung dari bukit *gravel* yang asli.	0,6 – 0,8
Agak sulit	Bucket dapat memuat tanah liat yang keras, pasir campur kerikil, tanah berpasir, tanah kolodial liat dan batu pecah. Tetapi, kondisi ini sulit untuk mengisi bucket.	0,5 – 0,6
Sulit	*Bucket* dapat memuat serta menggali bongkahan dari batu besar yang tak beraturan. Ukuran serta bentuk yang tidak beragam membuat *bucket* kesulitan untuk menampung material sehingga kemampuan tampungan dari *bucket* tidak maksimal.	0,4 – 0,5

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

Nilai dari waktu siklus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

CT = waktu gali+(2 x waktu putar)+waktu buang .....(2.7)

Waktu penggalian dari *excavator* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.11 Waktu Penggalian *Excavator*

Kedalaman (m)	Kondisi galian (detik)			
	Ringan	Rata-rata	Agak sulit	Sulit
0 – 2	6	9	15	30
0 – 4	7	11	17	28
> 4	8	13	19	26

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

Waktu putar dapat dipengaruhi oleh sudut putaran dari *excavator*. Nilainya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2.12 Waktu Putar *Excavator*

Sudut Putar	Waktu Putar (detik)
45 – 90	4 – 7
90 – 180	5 – 8

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

Waktu pembuangan material dari *excavator* ialah sebagai berikut.

1. Pembuangan material kedalam *dump truck* = 5 – 8 detik
2. Pembuangan material ke tempat pembuangan = 3 – 6 detik

Perhitungan dari produktivitas alat berat memerlukan faktor koreksi yaitu berupa sudut putar dan alat gali. Berikut ini ialah nilai dari faktor-faktor tersebut.

Tabel 2.13 Faktor Koreksi (S) untuk Kedalaman dan Sudut Putar

Kedalaman Penggalian (% dari Maks.)	Sudut Putar					
	45	60	75	90	120	180
30	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	0,9
50	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	0,9
70	1,2	1,2	1,0	1,0	0,9	0,8
90	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,7

(Sumber: *Construction Methods and Management*, 1998 dalam Rostiyanti, 2008)

Tabel 2.14 Faktor Koreksi (BFF) untuk Alat Gali

Material	BFF
Tanah dan tanah organik	80% – 110%
Pasir dan kerikil	90% – 100%
Lempung keras	65% – 95%
Lempung basah	50% – 90%
Batuan dengan peledak buruk	40% – 70%
Batuan dengan peledak baik	70% – 90%

(Sumber: Rostiyanti, 2008)

2.5.2. Produktivitas *Bulldozer*

Bulldozer mempunyai kemampuan untuk mendorong ke depan dan ke samping. Pekerjaan pemindahan material yang dilakukan oleh *bulldozer*, terdapat beberapa komponen waktu yang dapat memengaruhi waktu siklus kerja *bulldozer* sebagai berikut:

Cycle time = *dozing+reversing+gear shifting*

Keterangan:

Dozing = waktu mendorong kembali material

Reversing = waktu kembali mundur

Gear shifting = waktu ganti persneling

(*Specification and Application Handbook* (Komatsu), *edition* 30)

Faktor yang dapat mempengaruhi waktu siklus dari *bulldozer* ialah:

1. Ukuran alat, semakin besar alat maka *cycle time* akan semakin lambat.
2. Jenis material yang dikerjakan, bongkahan material dengan ukuran besar dan dalam kondisi basah akan menyebabkan daya dorong yang tinggi dan berpengaruh pada lamanya waktu penggusuran.
3. Keterampilan operator, semakin terampil operator dalam mengoperasikan alat maka waktu siklusnya akan semakin cepat.

(*Specification and Application Handbook* (Komatsu), *edition* 30)

Nilai produksi dari alat berat bulldozer ini dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Q = V \times \frac{3600}{Cycle\ Time} \times E \quad \text{.....(2.8)}$$

Keterangan:

Q = produksi per jam (m^3/jam)

V = kapasitas alat (m^3)

CT = waktu siklus dalam detik

S = faktor koreksi untuk kedalaman dan sudut putar

BFF = faktor koreksi untuk alat gali

E = efisiensi kerja

Kapasitas *blade* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$V = L \times H^2 \times a$ .....(2.9)

Keterangan:

L = lebar blade (m)

H = tinggi blade (m)

a = faktor blade

Nilai faktor *blade* dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Tabel 2.15 Faktor Sudu *Bulldozer*

Derajat Pelaksanaan Penggusuran		**Faktor Sudu**
Penggusuran Ringan	Tanah lepas, kadar air rendah, tanah berpasir, tanah biasa (sudu penuh)	1,1 – 0,9
Penggusuran Sedang	Tanah lepas (sudu tidak penuh), tanah bercampur, kerikil, split atau batu pecah	0,9 – 0,7
Penggusuran Agak Sulit	Kadar air tinggi dan tanah liat, pasir bercampur kerikil, tanah liat yang sangat kering, tanah asli	0,7 – 0,6
Penggusuran Sulit	Batu hasil ledakan, batu berukuran besar	0,6 – 0,4

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

Waktu siklus dari alat berat *bulldozer* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$CT = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + z$ .....(2.10)

Keterangan:

D = Jarak Dorong/gusur (m)

F = Kecepatan maju (m/detik)

R = Kecepatan mundur (m/detik)

Z = Waktu ganti persneling (detik)

Waktu yang dipakai untuk ganti persneling ialah sebagai berikut.

Tabel 2.16 Waktu Ganti Persneling

Jenis Mesin	Waktu untuk Ganti Persneling
Mesin gerak langsung	
1. Tongkat tunggal	0,10 menit
2. Tongkat ganda	0,20 menit
Mesin-mesin TORQFLOW	0,05 menit

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

2.6. Sumber Peralatan

Dalam melaksanakan pembangunan, proyek konstruksi dapat memperoleh peralatan dengan cara menyewa atau membeli. Dalam kondisi tertentu, membeli peralatan secara ekonomis bermanfaat, sedangkan dalam kondisi lain akan lebih ekonomis dan efisien jika menyewanya.

Ada tiga opsi untuk kepemilikikan alat:

1. Pembelian alat konstruksi, pembelian alat mengurangi biaya penggunaan alat per jam.
2. Penyewaan peralatan konstruksi (biasanya kontrak sewa). Mesin konstruksi umumnya digunakan untuk pekerjaan hanya dalam jangka waktu yang relatif singkat. Dengan menyewa, biaya per jam penggunaan peralatan lebih tinggi, namun risiko bagi kontraktor lebih rendah.
3. Menyewa peralatan konstruksi dan berencana membelinya di masa depan. Hal ini umumnya disebabkan oleh keadaan keuangan sehingga tidak memungkinkan untuk membeli peralatan. Namun, pembelian alternatif diharapkan dapat dilakukan jika kondisi keuangan di masa depan diperkirakan membaik.

2.7. Biaya

Biaya dinyatakan sebagai harga pertukaran atau pengorbanan yang dilakukan untuk mencapai suatu manfaat. Secara khusus, ketika kita menggunakan istilah "biaya", kita melengkapi istilah ini dengan menunjukkan objek seperti biaya langsung, biaya peralihan, biaya tetap, biaya variabel, biaya standar, dan biaya peluang. Setiap perlengkapan memiliki arti dalam menghitung dan mengukur biaya untuk membantu pimpinan mencapai tujuan perencanaan dan pemantauan (Purba, 2006).

2.7.1 Biaya Proyek

Selain waktu, biaya proyek juga penting. Keduanya berkaitan erat dan dipengaruhi oleh metode pelaksanaan, peralatan, bahan, dan penggunaan tenaga kerja. Ketika terjadi persaingan harga dalam penawaran, maka diperlukan perkiraan biaya yang tepat dan akurat sejak awal proses penawaran, karena biaya yang telah disepakati dalam kontrak tidak dapat diubah tanpa alasan yang dapat dibenarkan. Hal ini memerlukan perhitungan analitis dan banyak pengalaman profesional untuk menghindari kerugian di kemudian hari (Ervianto, 2002).

Biaya konstuksi dapat dibagi menjadi dua macam yaitu biaya langsung dan biaya tidak langsung, sebagai berikut :

1. Biaya Langsung, adalah biaya yang langsung berhubungan dengan konstruksi atau bangunan yang didapat dengan mengalikan volume pekerjaan dengan harga satuan pekerjaan tersebut. Yang termasuk biaya langsung meliputi :
    a. Biaya Material
    b. Upah Pekerja
    c. Biaya Peralatan
    d. Biaya Operasional
2. Biaya Tak Langsung, adalah biaya yang tidak secara langsung berhubungan dengan konstruksi, tapi harus ada dan tidak dapat dilepaskan dari proyek tersebut. Biaya tak langsung meliputi :
    a. Biaya *overhead*, adalah biaya untuk menjalankan suatu usaha dilapangan.
    b. Biaya tak terduga, adalah biaya untuk kejadian yang mungkin terjadi atau tidak terjadi.
    c. Keuntungan, adalah hasil jerih payah keahlian ditambah hasil dari faktor resiko.

2.7.2 Biaya Penggunaan Alat Berat

Menurut (Lantang, 2014), biaya adalah harga dari bangunan yang dapat dihitung dengan cermat dan teliti serta memenuhi syarat, harga antara kota satu dan kota lainnya berbeda dikarenakan adanya perbedaan harga bahan dan upah tiap daerah. Perencanaan biaya dalam suatu pekerjaan atau proyek ialah perhitungan biaya digunakan untuk bahan dan upah, serta biaya penunjang yang berhubungan langsung dengan pelaksanaan proyek. Biaya ini salah satunya untuk penggunaan dari alat berat. Komponen terpenting dalam penggunaan biaya sewa alat berat yaitu sebagai berikut (Gransberg, dkk, 2006).

1. Pembelian bahan bakar.

   Kebutuhan bahan bakar alat berat pada saat pengoperasian. Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan oleh sebuah alat berat per jam dapat diperkirakan dengan mengalikan kebutuhan bahan bakar per jam dengan *unit* biaya bahan bakar.

2. Pembelian minyak pelumas

   Jumlah minyak pelumas yang digunakan oleh mesin akan berubah-ubah terhadap ukuran mesin, kapasitas bak mesin, kondisi *ring piston*, serta jumlah jam antara penggantian oli, penggantian dilakukan 100 – 200 jam. Kebutuhan pelumas tiap jamnya berbanding lurus dengan kekuatannya.

3. Biaya mobilisasi dan demobilisasi

   Biaya tersebut ialah biaya dari pemindahan alat dari suatu lokasi ke lokasi kerja lainnya. Biaya ini termasuk dari biaya pengangkatan khusus untuk alat berat yang akan disewakan. Harganya bergantung pada jarak dari tempat sewa ke lokasi pekerjaan atau proyek.

4. Biaya operator

   Biaya operator meliputi biaya upah per hari, besarnya bergantung pada lokasi pekerjaaan, perusahaan, serta peraturan yang berlaku di lokasi.

5. Biaya sewa

   Biaya sewa akan muncul jika kontraktor menyediakan alat berat dengan cara disewa. Harga dari penyewaan bisa dihitung dalam biaya per jam. Biaya ini harus dipisah dengan biaya operasi. Besar biayanya bergantung pada tempat penyewaan alat.

Pada penelitian Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN), komponen dari biaya penggunaan alat berat yang akan dihitung ialah biaya sewa alat berat per jam, biaya bahan bakar, biaya minyak pelumas, biaya mobilisasi dan demobilisasi, serta biaya operator.

2.7.3 Efisiensi Biaya

Efisiensi berarti menyelesaikan pekerjaan dengan benar. Efisiensi berkaitan dengan masalah pengendalian biaya. Efisiensi biaya berarti biaya yang dikeluarkan untuk menghasilkan keuntungan lebih kecil dibandingkan dengan keuntungan yang diperoleh dari penggunaan aset tersebut.(Fitryani, 2010).

2.8. Waktu Pelaksanaan Proyek

Waktu pelaksanaan proyek merupakan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan dari awal hingga selesai. Supaya proyek dapat selesai tepat waktu diperlukan penjadwalan proyek.

1. Penjadwalan dibutuhkan untuk membantu:
    a. Menunjukkan hubungan tiap kegiatan lainnya dan terhadap keseluruhan proyek.
    b. Mengidentifikasikan hubungan yang harus didahulukan di antara kegiatan.
    c. Menunjukkan perkiraan biaya dan waktu yang realistis untuk tiap kegiatan.
    d. Membantu penggunaan tenaga kerja, uang dan sumber daya lainnya dengan cara hal-hal kritis pada proyek
2. Faktor-faktor yang harus dipertimbangkan dalam membuat jadwal pelaksanaan proyek:
    a. Kebutuhan dan fungsi proyek tersebut. Dengan selesainya proyek itu proyek diharapkan dapat dimanfaatkan sesuai dengan waktu yang sudah ditentukan.
    b. Keterkaitannya dengan proyek berikutnya ataupun kelanjutan dari proyek selanjutnya.
    c. Alasan sosial politik lainnya, apabila proyek tersebut milik pemerintah.
    d. Kondisi alam dan lokasi proyek.
    e. Keterjangkauan lokasi proyek ditinjau dari fasilitas perhubungannya.

f. Ketersediaan dan keterkaitan sumber daya material, peralatan, dan material pelengkap lainnya yang menunjang terwujudnya proyek tersebut.
g. Kapasitas atau daya tampung area kerja proyek terhadap sumber daya yang dipergunakan selama operasional pelaksanaan berlangsung.
h. Produktivitas sumber daya, peralatan proyek dan tenaga kerja proyek, selama operasional berlangsung dengan referensi dan perhitungan yang memenuhi aturan teknis.
i. Cuaca, musim dan gejala alam lainnya.
j. Referensi hari kerja efektif.

2.8.1 Efektifitas Waktu

Efektifitas ialah tingkat dimana organisasi dapat merealisasikan tujuan dan pengukuran efektifitas dapat dilakukan dengan melihat sejauh mana organisasi mampu mencapai tingkat yang diinginkan (Muharam, 2005).

2.9. Analisis Perhitungan Volume

Beberapa metode yang digunakan untuk menghitung volume tanah yaitu metode *grid*, metode *depth area*, metode prismodal, metode *average area*, dan metode kontur. Perhitungan volume pada penelitian ini menggunakan metode kontur. Metode kontur memanfaatkan ketinggian garis kontur yang digambar pada topografi area pekerjaan dari muka tanah asli dan muka tanah rencana untuk menghitung volume galian dan timbunan. Perhitungan volume menggunakan metode ini berdasar pada perbedaan elevasi dari kedua permukaan. Perhitungan metode kontur dapat dilihat pada persamaan berikut.

$$V = H \times \left(\frac{A1+A2}{2}\right) \quad \text{.....(2.11)}$$

Keterangan:

V = volume tanah

A = luas hasil potongan

H = elevasi/*interval* antar kontur

2.10. Penelitian Sejenis Terdahulu

Beberapa penelitian sejenis pernah dilakukan oleh peneliti lain. Perbandingan penelitian-penelitian tersebut dapat dilihat dalam tabel berikut.

Tabel 2.17 Penelitian Terdahulu

Penulis	Tahun	Judul	Objek Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
Ahmad Zaki dan Muhammad Rizki	2021	Analisis Efisiensi Penggunaan Alat Berat dalam Pekerjaan Galian dan Timbunan	Penggunaan alat berat dalam pekerjaan galian dan timbunan	Jawa Barat	Analisis efisiensi penggunaan kombinasi alat berat	Kombinasi alat berat yang tepat dapat mengurangi biaya operasional hingga 20% dan waktu penyelesaian proyek hingga 15%
Dian Sari dan Irwan Setiawan	2019	Penerapan *Value Engineering* untuk Meningkatkan Efisiensi Biaya pada Proyek Konstruksi Gedung (Studi Kasus Proyek Perkantoran)	Penerapan *value engineering* pada proyek pembangunan gedung perkantoran	Jakarta	Analisis alternatif material dan metode kerja menggunakan *value engineering*	Identifikasi alternatif material dan metode kerja yang dapat mengurangi biaya konstruksi hingga 12% tanpa mengorbankan kualitas dan kinerja bangunan

Budi Santoso dan Lina Marlina	2020	Pengaruh *Re-Engineering* Proses Kerja terhadap Produktivitas Proyek Konstruksi (Studi Kasus Proyek Perumahan)	Dampak *re-engineering* proses kerja terhadap produktivitas proyek	Surabaya	Evaluasi dampak *re-engineering* proses kerja	Penerapan *re-engineering* dapat meningkatkan produktivitas hingga 18% dan mengurangi biaya tenaga kerja sebesar 10%.
Siti Aisyah dan Andi Prasetyo	2018	Implementasi *Value Engineering* dalam Proyek Infrastruktur untuk Meningkatkan Efisiensi dan Efektivitas (Studi Kasus Proyek Jembatan)	Implementasi *value engineering* pada proyek infrastruktur	Sumatera	Analisis alternatif desain dan material menggunakan value engineering	Identifikasi alternatif desain dan material yang dapat mengurangi biaya proyek hingga 15% dan mempercepat waktu penyelesaian hingga 20%.

Arif Hidayat dan Rina Susanti	2022	Optimalisasi Penggunaan Alat Berat dengan Pendekatan *Value Engineering* pada Proyek Konstruksi Jalan Raya	Optimalisasi penggunaan alat berat pada proyek konstruksi jalan raya	Kalimantan Timur	Analisis efisiensi penggunaan alat berat dengan pendekatan *value engineering*	Dengan *value engineering*, biaya operasional alat berat dapat dikurangi sebesar 14% dan produktivitas meningkat hingga 16%.

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Maka dengan ini peneliti menyatakan keaslian Tugas Akhir dengan judul Re-engineering Pekerjaan Galian dan Timbunan pada Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) dengan Kombinasi Alat Berat asli karena berbeda dengan tugas akhir yang sebelumnya pernah dibuat baik dari segi judul, tujuan, latar belakang, dan isi.

Penelitian ini memiliki keaslian yang kuat karena:

1. Fokus spesifik pada proyek pembangunan perumahan dan pekerjaan galian serta timbunan dengan kombinasi alat berat.
2. Metode yang digunakan, meskipun mirip dengan konsep *re-engineering* dan *value engineering*, diterapkan dalam konteks yang berbeda.
3. Hasil yang diharapkan berbeda dan spesifik untuk proyek pembangunan perumahan.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Tinjauan Umum

Bab ini menjelaskan metodologi penelitian yang digunakan. Metode penelitian adalah langkah-langkah yang dilakukan peneliti untuk memperoleh data pada saat melakukan penelitian. Prosesnya diawali dengan tinjauan pustaka untuk mencari informasi dan data terkait topik penelitian. Data tersebut dapat diperoleh dari bahan perkuliahan, media internet, buku, jurnal, dan lain-lain.

Berdasarkan kealamiannya, metode penelitian dapat dibedakan menjadi metode penelitian eksperimen, metode penelitian survei, dan metode penelitian naturalistik. Sedangkan penelitian berdasarkan tingkat eksplanasinya dibedakan menjadi penelitian deskriptif, penelitian komparatif, dan penelitian asosiatif. (Sugiyono, 2017).

3.2 Subjek dan Objek Penelitian

Sebelum tahapan pengumpulan data, perlu ditentukan mengenai subjek dan objek dari penelitian yang dilakukan. Proses penelitian jadi lebih mudah jika subjek dan objek dari penelitian telah ditentukan, dan dapat pula diketahui untuk teknik pengambilan data. Teknik dari pengambilan data yang digunakan pada penelitian ini ialah menggunakan wawancara dan observasi di lokasi proyek. Subjek dan objek dari penelitian ini ialah sebagai berikut.

3.2.1 Subjek Penelitian

Subjek penelitian mengacu pada fenomena yang menjadi fokus atau objek pengamatan, analisis, atau investigasi dalam suatu penelitian ilmiah. Subjek penelitian dapat berupa individu, kelompok, organisasi, proses, atau fenomena tertentu yang ingin dipelajari atau dipahami lebih dalam (Sekaran & Bougie, 2016). Dalam konteks penelitian ini, subjek penelitian adalah Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN).

3.2.2 Objek Penelitian

Objek penelitian mengacu pada aspek atau fenomena yang diobservasi, dianalisis, atau dijelaskan dalam penelitian tersebut. Objek penelitian sering kali merupakan

bagian atau atribut dari subjek penelitian yang menjadi fokus pengamatan atau analisis (Bungin, 2005). Pada penelitian ini objek penelitiannya ialah pekerjaan galian dan timbunan serta penggunaan alat berat berupa *excavator* dan *bulldozer* pada pekerjaan galian dan timbunan.

3.3 Item Pekerjaan Proyek

Rangkaian dari pekerjaan yang ada di Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) ini adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 Item Pekerjaan Proyek Pembangunan Perumahan Staff

No	Jenis Pekerjaan
A	**Pekerjaan Persiapan, Galian dan Timbunan**
1	Pekerjaan Persiapan
2	Pekerjaan Galian dan Timbunan
B	**Pekerjaan Perkuatan dan Pembentukan Tapak**
1	Layer I: elevasi +30 untuk Tapak Bawah
2	Layer II: elevasi +34 untuk Tapak Atas
3	Pekerjaan Loading Tanah

Pekerjaan yang diamati pada penelitian ini, hanya pekerjaan galian untuk tanah. Pengamatan digunakan untuk mengetahui produktivitas alat berat dari *excavator* dan *bulldozer* ketika sedang mengejerkan pekerjaan.

3.4 Metode Pengumpulan Data

Sebelum dilakukan pengolahan data, diperlukan data penelitian yang sudah diamati sebelumnya, baik data primer maupun data sekunder. Setelah itu, tentukan metode dari pengumpulan data tersebut. Penjelasan terkait dengan data dan metode pengumpulannya ialah sebagai berikut.

3.4.1 Data Primer

Data primer merupakan informasi yang dikumpulkan langsung oleh sumber pertama atau melalui penelitian yang dikerjakan oleh peneliti sendiri. Data ini bersifat baru dan belum diproses sebelumnya oleh orang lain, dan dapat diperoleh melalui berbagai metode seperti survei, wawancara, observasi langsung, atau eksperimen (Sekaran & Bougie, 2016). Sumber data primer dalam penulisan tugas akhir ini yaitu wawancara dan observasi.

3.4.1.1. Wawancara

Wawancara merupakan metode pengumpulan data penelitian yang melibatkan interaksi langsung antara peneliti dan responden untuk memperoleh informasi atau pendapat yang mendalam pada topik tertentu. Wawancara dapat dikerjakan secara tatap muka, melalui telepon, atau menggunakan teknologi komunikasi lainnya, serta melibatkan pertanyaan terbuka yang memungkinkan responden memberikan jawaban yang lebih rinci dan kualitatif (Creswell, 2016).

Wawancara pada pengumpulan data dari penelitian ini dilaksanakan secara terstruktur mengenai jam kerja dari masing-masing alat berat. Hasil dari wawancara ini akan dibandingkan dengan kondisi yang ada di lapangan. Responden dari penelitian ini yaitu Asisten Infrastruktur Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN). Berikut ialah beberapa pertanyaan wawancara yang diajukan terkait jam kerja dari masing-masing alat berat dalam Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara:

Tabel 3.2 Daftar Pertanyaan dan Data yang Diharapkan dalam Wawancara

Pertanyaan	Data yang diharapkan
Berapa jam kerja rata-rata setiap alat berat per hari?	Jam kerja alat berat
Bagaimana jadwal operasional harian untuk alat berat tersebut?	Jadwal operasional alat berat
Apakah ada batasan maksimal jam kerja harian untuk setiap alat berat?	Batas maksimal harian jam kerja alat berat
Bagaimana peraturan waktu istirahat untuk operator alat berat?	Waktu istirahat operator alat berat

3.4.1.2. Observasi

Observasi merupakan metode pengumpulan data penelitian di mana peneliti secara sistematis melihat, mencatat, serta menganalisis perilaku atau kejadian yang terjadi dalam situasi alami atau yang dirancang. Observasi bisa bersifat partisipatif, di mana peneliti ikut serta dalam kegiatan yang diamati, atau non-partisipatif, di mana peneliti hanya mengamati tanpa berpartisipasi (Creswell, 2016).

Observasi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu observasi non partisipan atau observasi terang-terangan, dimana peneliti langsung ke tempat pekerjaan yang diamati namun tidak terlibat dalam pekerjaan tersebut. Peneliti juga sudah mempersiapkan *form* dan pekerjaan yang akan dikerjakan selama observasi. Observasi dikerjakan dengan cara pengamatan di lapangan pekerjaan yang sedang berlangsung guna mengetahui kondisi nyata jam kerja alat berat. Observasi ini pekerjaan alat berat di Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) dapat diketahui.

Tahapan dalam observasi yang dikerjakan untuk mencatat dari kondisi nyata jam kerja alat berat ialah sebagai berikut.

a. Observasi dikerjakan dengan pengamatan waktu siklus dari masing-masing alat berat yang ada di lapangan pekerjaan atau proyek.
b. Pencatatan waktu dibantu dengan menggunakan *stopwatch* dan aplikasi avenza *maps*.
c. Setelah diperoleh waktu siklus, kemudian dirata-ratakan dan didapat waktu siklus dari setiap alat berat.

3.4.2 Data Sekunder

Data sekunder adalah informasi yang sudah dikumpulkan dan diproses sebelumnya oleh pihak lain atau peneliti sebelumnya. Data ini tidak diperoleh langsung oleh peneliti melalui pengumpulan langsung dari sumber aslinya, tetapi diambil dari sumber yang sudah ada seperti publikasi, *database*, atau dokumen lainnya (Sekaran & Bougie, 2016). Pada penelitian ini, data sekuder berupa:

a. Denah lokasi
b. Durasi dari pekerjaan Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN).
c. Spesifikasi dari alat berat, tipe, *merk* alat berat, dan biaya sewa alat berat.
d. Data pekerjaan dan volume pekerjaan galian tanah.

3.5 Metode Pengolahan Data

Metode pengolahan data merupakan proses atau teknik yang dipakai untuk membersihkan, mengorganisir, menganalisis, serta menafsirkan data yang dikumpulkan dalam penelitian. Tujuan dari pengolahan data ialah untuk mengubah

data mentah menjadi informasi yang dapat dipakai untuk menjawab pertanyaan penelitian atau mengambil keputusan (Sekaran & Bougie, 2016).

Analisis yang dikerjakan pada penelitian ini menggunakan analisis perhitungan produktivitas alat berat dengan tujuan untuk mengetahui alternatif kombinasi alat berat untuk pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN).

Tahapan yang wajib dikerjakan sebelum melakukan kegiatan pengolahan data ialah sebagai berikut.

1. Melakukan studi pustaka yang berhubungan dengan topik penelitian, dapat diperoleh dari buku, jurnal, internet, dan literatur lainnya.
2. Mencatat materi-materi penting yang berkaitan dengan manajemen konstruksi.
3. Mengumpulkan data primer dan data sekunder yang diperoleh dari observasi dan wawancara di lapangan.
4. Melakukan analisis data untuk kombinasi alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan tanah.

Analisis dari kombinasi alat berat yang paling efisien dan efektif dalam faktor biaya dan waktu diperoleh melalui beberapa tahapan berikut.

1. Menghitung volume galian dan timbunan berdasar pada peta kontur tanah asli terhadap elevasi rencana (lihat pers. 2.11).
2. Menghitung produktivitas setiap alat berat yang dianalisis yaitu *excavator* dan *bulldozer* (lihat pers. 2.5 dan pers. 2.8).
3. Menghitung biaya operasional setiap alat berat.
4. Menentukan alternatif kombinasi alat berat yang dianalisis.
5. Menghitung total waktu yang dihabiskan alternatif kombinasi alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan.
6. Menghitung waktu tunda (*idle time*) alternatif kombinasi alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan.
7. Menghitung total biaya yang dihabiskan alternatif kombinasi alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan.
8. Menghitung selisih biaya yang dihabiskan antara kondisi *existing* dengan alternatif kombinasi yang diperoleh.

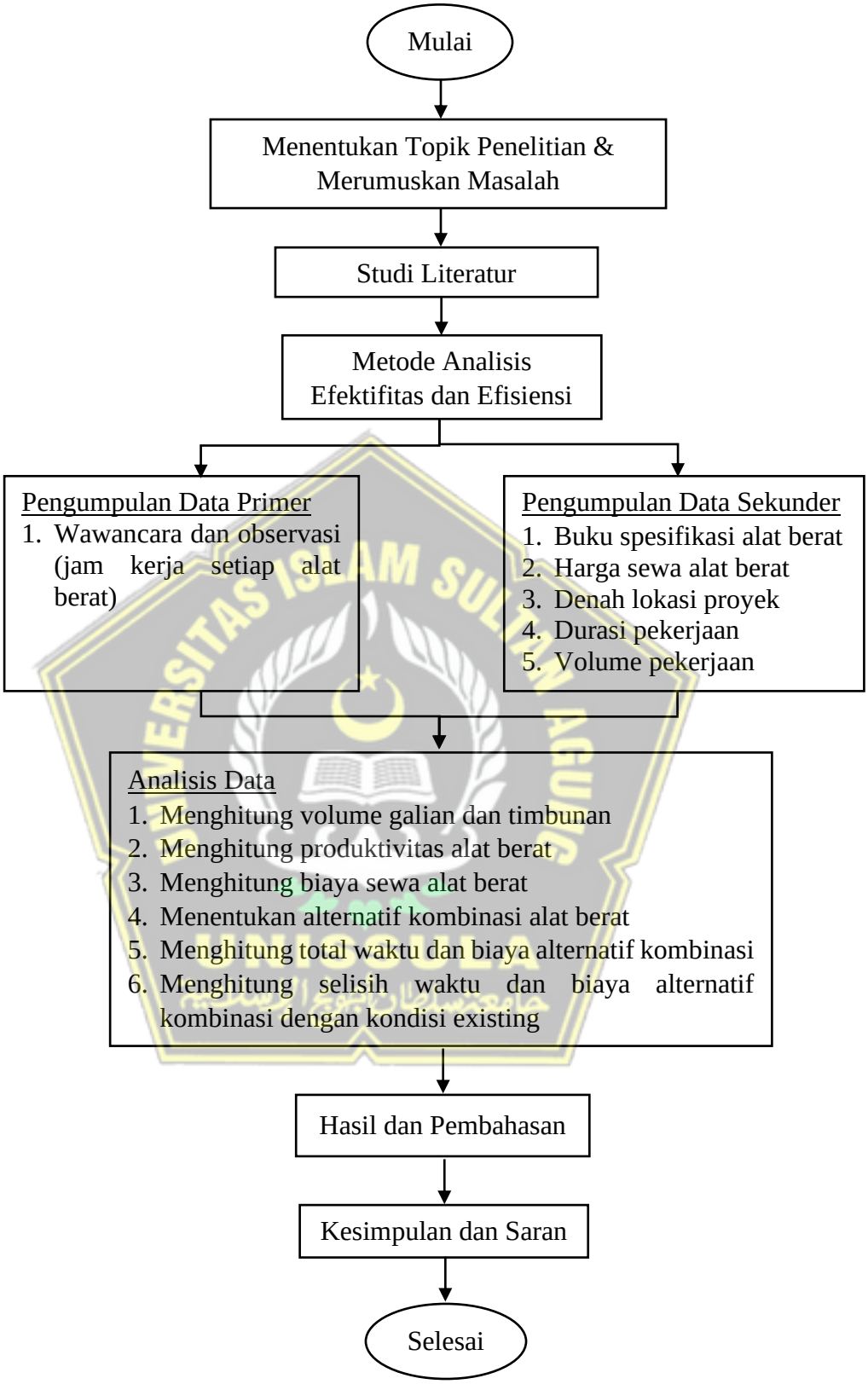
9. Menghitung selisih waktu yang dihabiskan antara kondisi *existing* dengan alternatif kombinasi yang diperoleh.

Setelah melakukan tahapan analisis, selanjutnya dilakukan pembahasan terkait hasil penelitian. Langkah dari pembahasan ialah membandingkan hasil dari alternatif kombinasi alat berat yang diperoleh dengan kondisi *existing*.

3.6 Bagan Alir

Berikut merupakan bagan alir (*flowchart*) dalam pembuatan Tugas Akhir dengan judul *Re-engineering* Pekerjaan Galian dan Timbunan pada Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara Kab. Berau dengan Kombinasi Alat Berat.

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tinjauan Umum

Pada penelitian ini, studi kasus dikerjakan pada Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT. Natura Pasific Nusantara Kab. Berau. Data-data proyek yang didapatkan ialah sebagai berikut.

Lokasi Proyek	:	Desa Long Ayan, Kecamatan Segah, Kabupaten Berau, Kalimantan Timur (2.246394291935789^{o}LU, 116.985086642675^{o}BT)
Luas Pekerjaan	:	1,56 hektare
Waktu Pekerjaan	:	Agustus 2023 – Desember 2023

Pada kondisi asli di lapngan (*existing*) pekerjaan galian dan timbunan menggunakan alat berat 1 *unit excavator* dan 1 *unit bulldozer*.

4.2 Analisis Data

4.2.1 Jenis Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan

Pada penelitian ini, alat berat di lapangan (*existing*) yang dipakai untuk analisis perhitungan kombinasi pada Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT. Natura Pasific Nusantara ialah sebagai berikut.

1. Alat : Excavator
   Merk alat : Sany SY215C
   Capacity : 0,8 m^3
   Jenis alat : *Backhoe* (*Pull shovel*)
   Tipe bucket : *Side cutter bucket*
   Tahun alat : 2018
   Kondisi alat : Sedang
   Fungsi alat : Menggali dan menimbun tanah
2. Alat : *Bulldozer*
   Merk alat : Komatsu D31EX
   Capacity : 1,3 m^3
   Jenis alat : *Crawler dozer*
   Tipe *blade* : *Angle Blade*

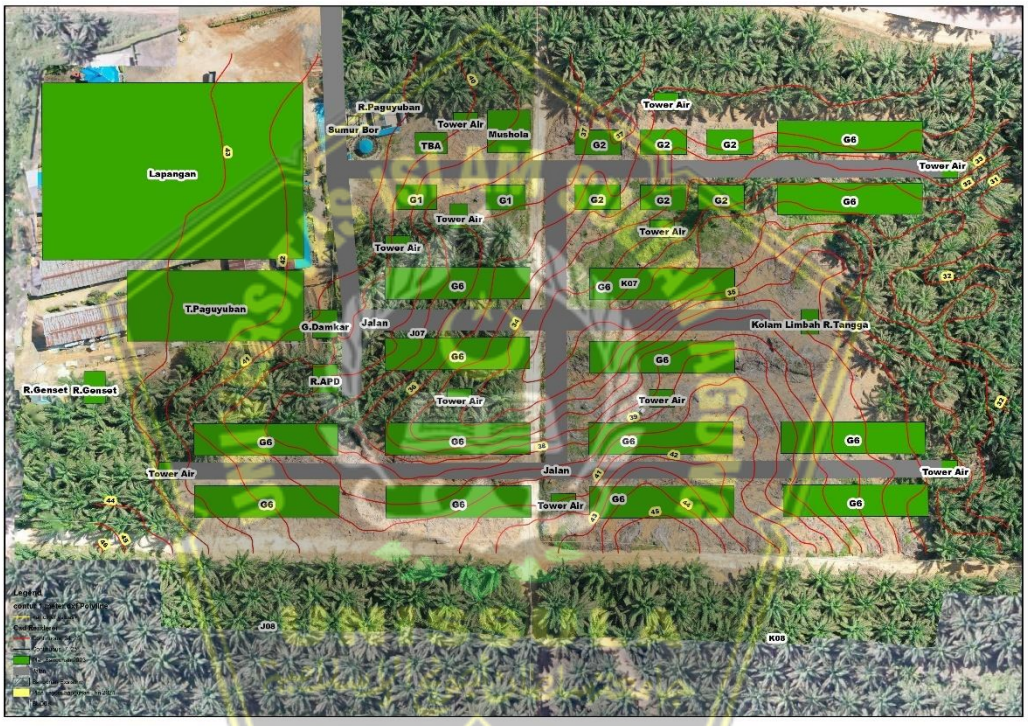
Tahun alat : 2012

Kondisi alat : Sedang

Fungsi alat : Meratakan timbunan

4.2.2 Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

Berdasarkan hasil data yang sudah dikumpulkan dari Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT. Natura Pasific Nusantara Kab. Berau diperoleh *siteplan* dan elevasi rencana. Berikut ialah gambar dan perhitungan volume galian dan timbunan.

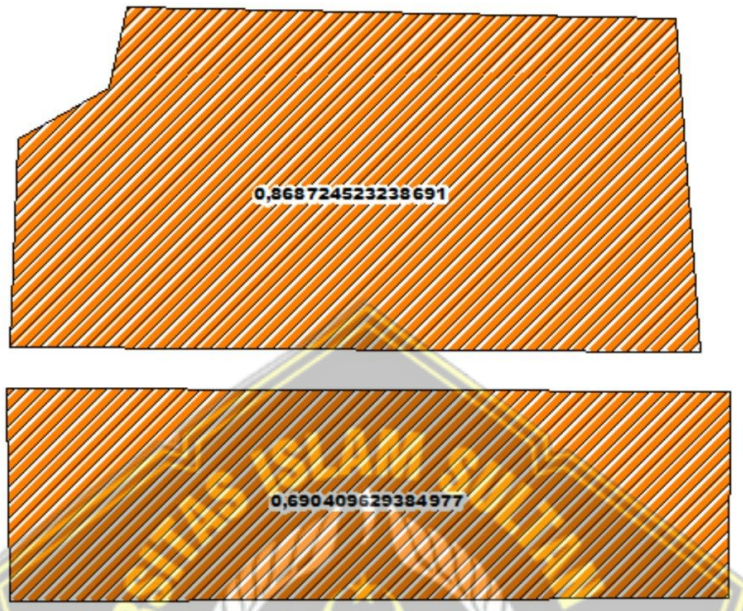


Gambar 4.1 Peta Elevasi Tanah Asli Proyek Pembangunan Perumahan *Staff* PT. Natura Pasific Nusantara

(Sumber: Dokumen Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT NPN, 2023)

Volume galian dan timbunan didapatkan dari elevasi tanah asli yang ditimbun sesuai dengan elevasi rencana. Berdasarkan data yang didapatkan terdapat 2 *layer* pekerjaan galian dan timbunan yang akan dibentuk terasiring dengan elevasi tanah sebesar +30 meter untuk *layer* 1, dan elevasi +34 meter untuk *layer* 2. Perhitungan

luas pekerjaan didapatkan dari *Software Agisoft.* Perhitungan total volume dalam kondisi padat dilihat sebagai berikut.



Gambar 4.2 Luas *Layer* 1 dan *Layer* 2
(Sumber: Dokumen Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT NPN, 2023)

Perhitungan volume galian dan timbunan dengan ketebalan *layer* masing-masing 3 meter:

1. Konversi luas dari hektare ke meter persegi

   Luas *layer* 1 = 0,69 *hektare* x 10.000 m^2*/hektare*
   = 6.900 m^2

   Luas *layer* 2 = 0,87 *hektare* x 10,000 m^2*/hektare*
   = 8.700 m^2

2. Hitung volume galian dan timbunan untuk masing-masing *layer*

   Volume *layer* 1 = Luas l*ayer* 1 x t1
   = 6,900 m^2 x 3 *m*
   = 20,700 m^3

   Volume *layer* 2 = Luas *layer* 2 x t2

= 8,700 m^2 x 3 m

= 26,100 m^3

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan total volume galian dan timbunan sebagai berikut.

Total volume galian dan timbunan = volume *layer* 1 + volume *layer* 2

= 20.700 m^3 + 26.100 m^3

= 46.800 m^3

4.2.3 Jenis Material Galian dan Timbunan

Pengamatan perhitungan produktivitas alat berat dikerjakan selama dua pekan yaitu hari Senin - Jumat dari pukul 09.00 – 17.00 WITA. Material yang dikerjakan pada pekerjaan galian dan timbunan ialah material tanah. Material tanah berupa galian dan timbunan *limestone* serta tanah merah yang dihitung menjadi satu.

Gambar 4.3 Material Galian dan Timbunan Tanah

(Sumber: Dokumen Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT NPN, 2023)

4.2.4 Faktor Efisiensi Alat (E)

Menurut Peurifoy, Schexnayder, Shapira, dan Schmitt (2010), faktor efisiensi alat merupakan indikator yang menunjukkan seberapa efektif suatu alat berat dipakai dalam mencapai tujuan proyek. Efisiensi alat tidak hanya ditentukan oleh spesifikasi teknisnya, tetapi juga oleh bagaimana alat tersebut dioperasikan dan dirawat di lapangan, sehingga harus dilakukan pengamatan terhadap waktu alat berat berhenti dalam 1 jam. Penyebab dari alat berat berhenti berdasarkan hasil pengamatan ialah pengarahan dari asisten infrastruktur, operator istirahat seperti

minum, merokok, dan malas. Berikut ialah beberapa dokumentasi *excavator* dan *bulldozer* berhenti bekerja.

Gambar 4.4 *Bulldozer* Berhenti Bekerja Karena Pengarahan
(Sumber: Dokumen Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT NPN, 2023)

Gambar 4.5 *Excavator* Berhenti Bekerja Karena Operator Istirahat
(Sumber: Dokumen Proyek Pembangunan Perumahan Staff PT NPN, 2023)

Berdasarkan hasil dari pengamatan diatas dicatat waktu berhenti setiap alat berat dalam menit sebagai berikut.

1. Pengamatan Hari Rabu, 22 November 2023

   Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (22/11/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	15	15
	Siang	16	
	Sore	14	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	17	16,333
	Siang	16	
	Sore	16	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

2. Pengamatan Hari Kamis, 23 November 2023

   Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (23/11/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	17	16
	Siang	14	
	Sore	17	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	18	16,667
	Siang	15	
	Sore	17	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

3. Pengamatan Hari Jumat, 24 November 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (24/11/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	14	15,667
	Siang	17	
	Sore	16	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	16	17
	Siang	18	
	Sore	17	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

4. Pengamatan Hari Sabtu, 25 November 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (25/11/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	15	15
	Siang	16	
	Sore	14	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	17	16,333
	Siang	16	
	Sore	16	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

5. Pengamatan Hari Senin, 27 November 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (27/11/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	14	16,333
	Siang	18	
	Sore	17	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	18	16,333
	Siang	17	
	Sore	14	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

6. Pengamatan Hari Selasa, 28 November 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (28/11/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	19	18
	Siang	18	
	Sore	17	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	16	17,667
	Siang	17	
	Sore	20	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

7. Pengamatan Hari Rabu, 29 November 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (29/11/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	18	18
	Siang	19	
	Sore	17	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	20	17,333
	Siang	15	
	Sore	17	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

8. Pengamatan Hari Kamis, 30 November 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

Tabel 4.8 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (30/11/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	20	17,667
	Siang	18	
	Sore	15	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	18	17
	Siang	14	
	Sore	19	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

9. Pengamatan Hari Jumat, 01 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

Tabel 4.9 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (01/12/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	15	15
	Siang	16	
	Sore	14	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	17	16,333
	Siang	16	
	Sore	16	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

10. Pengamatan Hari Sabtu, 02 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.10 berikut.

Tabel 4.10 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (02/12/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	17	16,333
	Siang	14	
	Sore	18	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	15	16
	Siang	14	
	Sore	19	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

11. Pengamatan Hari Senin, 04 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut.

Tabel 4.11 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (04/12/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	19	18,667
	Siang	20	
	Sore	17	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	19	18
	Siang	16	
	Sore	19	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

12. Pengamatan Hari Selasa, 05 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut.

Tabel 4.12 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (05/12/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	19	19
	Siang	20	
	Sore	18	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	19	17,333
	Siang	15	
	Sore	18	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

13. Pengamatan Hari Rabu, 06 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.13 berikut.

Tabel 4.13 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (06/12/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	16	17,667
	Siang	17	
	Sore	20	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	19	18,333
	Siang	17	
	Sore	19	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

14. Pengamatan Hari Kamis, 07 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut.

Tabel 4.14 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (07/12/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	19	18,667
	Siang	20	
	Sore	17	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	19	18,333
	Siang	16	
	Sore	20	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

15. Pengamatan Hari Jumat, 08 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.15 berikut.

Tabel 4.15 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (08/12/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	17	17,667
	Siang	21	
	Sore	15	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	18	19,333
	Siang	20	
	Sore	20	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

16. Pengamatan Hari Sabtu, 09 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut.

Tabel 4.16 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (09/12/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	18	19,333
	Siang	21	
	Sore	19	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	17	19
	Siang	19	
	Sore	21	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

17. Pengamatan Hari Senin, 11 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.17 berikut.

Tabel 4.17 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (11/12/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	17	18
	Siang	21	
	Sore	16	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	15	18
	Siang	19	
	Sore	20	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

18. Pengamatan Hari Selasa, 12 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut.

Tabel 4.18 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (12/12/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	16	17,667
	Siang	19	
	Sore	18	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	18	18,333
	Siang	20	
	Sore	17	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

19. Pengamatan Hari Rabu, 13 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.19 berikut.

Tabel 4.19 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (13/12/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	17	17,333
	Siang	16	
	Sore	19	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	16	17
	Siang	16	
	Sore	19	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

20. Pengamatan Hari Kamis, 14 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.20 berikut.

Tabel 4.20 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (14/12/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	16	16,667
	Siang	15	
	Sore	19	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	18	18,333
	Siang	19	
	Sore	18	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

21. Pengamatan Hari Jumat, 15 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan dapat dilihat pada Tabel 4.21 berikut.

Tabel 4.21 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (15/12/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)**	**Rata-rata (menit)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	18	20,333
	Siang	21	
	Sore	22	
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	21	19,667
	Siang	18	
	Sore	20	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Berdasarkan data rekapitulasi di atas, diperoleh rata-rata waktu berhenti dan rata-rata efektif, dari hasil data tersebut dapat dihitung rata-rata faktor efisiensi alat berat.

a. *Excavator* Sany SY215C

Rata-rata waktu berhenti hari senin $= \frac{(16{,}333+18{,}667+18{,}000)}{3}$

$= 17{,}667$ menit

Rata-rata waktu berhenti hari selasa $= \frac{(18{,}000+19{,}000+17{,}667)}{3}$

$= 18{,}222$ menit

Rata-rata waktu berhenti hari rabu $= \frac{(15{,}000+18{,}000+17{,}667+17{,}333)}{4}$

$= 17$ menit

Rata-rata waktu berhenti hari kamis $= \frac{(16{,}000+17{,}667+18{,}667+16{,}667)}{4}$

$= 17{,}250$ menit

Rata-rata waktu berhenti hari jumat $= \frac{(15{,}667+15{,}000+17{,}667+20{,}333)}{4}$

$= 17{,}167$ menit

Rata-rata waktu berhenti hari sabtu $= \frac{(15{,}000+16{,}333+19{,}333)}{3}$

$= 16{,}889$ menit

Waktu berhenti rata-rata alat berat ialah sebagai berikut.

Rata-rata waktu berhenti $= \frac{(17{,}667+18{,}222+17{,}000+17{,}250+17{,}167+16{,}889}{6}$

= 17 menit

Rata-rata efektif bekerja = 60 menit – 17 menit

= 43 menit

= 43 menit

Faktor efisiensi alat $= \left(\frac{43}{60}\right)$ x 100%

= 72%

= 0,72

Hasil rekapitulasi perhitungan alat berat yang lain dapat dilihat pada tabel sebagai berikut.

Tabel 4.22 Rekapitulasi Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat

***Excavator* Sany SY215C**	
Hari Pengamatan	**Waktu**
Senin	17,667 menit
Selasa	18,222 menit
Rabu	17 menit
Kamis	17,250 menit
Jumat	17,167 menit
Sabtu	17,111 menit
Rata-rata waktu berhenti (menit)	17
Rata-rata waktu efektif (menit)	43
Faktor efisiensi alat (menit/jam)	0,72

***Bulldozer* Komatsu D31EX**

Hari Pengamatan	**Waktu**
Senin	17,444 menit
Selasa	17,778 menit
Rabu	17,250 menit
Kamis	17,583 menit
Jumat	18,083 menit
Sabtu	17,111 menit
Rata-rata waktu berhenti (menit)	17

Rata-rata waktu efektif (menit)	43
Faktor efisiensi alat (menit/jam)	0,72

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

4.2.5 Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade*

Faktor *bucket* merupakan ukuran yang dipakai untuk menilai efisiensi dan kapasitas penggunaan *bucket* pada alat berat seperti *excavator* atau *loader* dalam proses pemindahan material. Faktor ini mencakup berbagai aspek seperti ukuran, bentuk, kondisi *bucket*, dan kemampuan *bucket* untuk mengisi dan mengosongkan material dengan efisien (Peurifoy, Schexnayder, Shapira, & Schmitt, 2010).

Faktor *blade* merupakan ukuran yang dipakai untuk menilai efisiensi dan kinerja *blade* pada alat berat seperti *bulldozer* dalam kegiatan pemindahan tanah, penggusuran, serta perataan material. Faktor ini melibatkan aspek seperti ukuran, bentuk, sudut, kondisi *blade*, serta kemampuan *blade* untuk mengolah material secara efektif (Peurifoy, Schexnayder, Shapira, & Schmitt, 2010). Gambar *bucket and blade* yang terisi oleh material tanah dapat dilihat pada gambar berikut.

Gambar 4.6 *Bucket Excavator* Terisi 100% oleh Material Tanah

Gambar 4.7 *Blade Bulldozer* Terisi 100% oleh Material Tanah

Besarnya *factor bucket and blade* dapat dihitung dengan cara sebagai berikut.

1. Pengamatan Hari Rabu, 22 November 2023

   a. *Excavator* Sany SY215C

      Bagian terisi oleh material tanah (%)

      Sesi pagi + siang + sore $= \frac{(100+100+100)}{3}$

      = 100%

   b. *Bulldozer* Komatsu D31EX

      Bagian terisi oleh material tanah (%)

      Sesi pagi + siang + sore $= \frac{(100+100+100)}{3}$

      = 100%

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.23 berikut.

Tabel 4.23 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (22/11/23)

Jenis Alat	**Sesi**	**Bagian Terisi (%)**	**Jenis Material**	**Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)**
Excavator Sany SY215C	Pagi	100	Tanah	100
	Siang	100		
	Sore	100		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	100
	Siang	100		
	Sore	100		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

2. Pengamatan Hari Kamis, 23 November 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.24 berikut.

Tabel 4.24 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (23/11/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	100	Tanah	100
	Siang	100		
	Sore	100		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	100
	Siang	100		
	Sore	100		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

3. Pengamatan Hari Jumat, 24 November 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.25 berikut.

Tabel 4.25 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (24/11/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	100	Tanah	95
	Siang	95		
	Sore	90		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	96,667
	Siang	95		
	Sore	95		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

4. Pengamatan Hari Sabtu, 25 November 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.26 berikut.

Tabel 4.26 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (25/11/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	100	Tanah	97,667
	Siang	98		
	Sore	95		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	99,333
	Siang	98		
	Sore	100		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

5. Pengamatan Hari Senin, 27 November 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.27 berikut.

Tabel 4.27 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (27/11/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	98	Tanah	97,667
	Siang	100		
	Sore	95		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	95
	Siang	98		
	Sore	90		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

6. Pengamatan Hari Selasa, 28 November 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.28 berikut.

Tabel 4.28 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (28/11/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	90	Tanah	91,667
	Siang	95		
	Sore	90		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	96	Tanah	95,333
	Siang	90		
	Sore	100		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

7. Pengamatan Hari Rabu, 29 November 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.29 berikut.

Tabel 4.29 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (29/11/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	100	Tanah	95
	Siang	90		
	Sore	95		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	93,333
	Siang	90		
	Sore	90		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

8. Pengamatan Hari Kamis, 30 November 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.30 berikut.

Tabel 4.30 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (30/11/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	95	Tanah	98,333
	Siang	100		
	Sore	100		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	95	Tanah	96,667
	Siang	98		
	Sore	97		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

9. Pengamatan Hari Jumat, 01 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.31 berikut.

Tabel 4.31 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (01/12/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	90	Tanah	91,667
	Siang	90		
	Sore	95		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	90	Tanah	95,667
	Siang	97		
	Sore	100		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

10. Pengamatan Hari Sabtu, 02 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.32 berikut.

Tabel 4.32 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (02/12/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	100	Tanah	96,667
	Siang	100		
	Sore	90		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	95
	Siang	95		
	Sore	90		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

11. Pengamatan Hari Senin, 04 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.33 berikut.

Tabel 4.33 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (04/12/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	100	Tanah	98,333
	Siang	95		
	Sore	100		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	95,667
	Siang	90		
	Sore	97		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

12. Pengamatan Hari Selasa, 05 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.34 berikut.

Tabel 4.32 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (05/12/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	100	Tanah	100
	Siang	100		
	Sore	100		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	98,333
	Siang	95		
	Sore	100		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

13. Pengamatan Hari Rabu, 06 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.35 berikut.

Tabel 4.35 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (06/12/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	100	Tanah	96,667
	Siang	95		
	Sore	95		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	95	Tanah	95
	Siang	90		
	Sore	100		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

14. Pengamatan Hari Kamis, 07 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.36 berikut.

Tabel 4.36 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (07/12/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	100	Tanah	100
	Siang	100		
	Sore	100		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	96,667
	Siang	100		
	Sore	90		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

15. Pengamatan Hari Jumat, 08 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.37 berikut.

Tabel 4.37 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (08/12/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	95	Tanah	93,333
	Siang	90		
	Sore	95		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	98,333
	Siang	95		
	Sore	100		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

16. Pengamatan Hari Sabtu, 09 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.38 berikut.

Tabel 4.38 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (09/12/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	100	Tanah	95
	Siang	95		
	Sore	90		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	96,667
	Siang	100		
	Sore	90		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

17. Pengamatan Hari Senin, 11 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.39 berikut.

Tabel 4.39 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (11/12/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	95	Tanah	95
	Siang	90		
	Sore	100		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	90	Tanah	91,667
	Siang	90		
	Sore	95		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

18. Pengamatan Hari Selasa, 12 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.40 berikut.

Tabel 4.40 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (12/12/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	95	Tanah	96,667
	Siang	100		
	Sore	95		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	90	Tanah	96,667
	Siang	100		
	Sore	100		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

19. Pengamatan Hari Rabu, 13 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.41 berikut.

Tabel 4.41 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (13/12/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	90	Tanah	91,667
	Siang	95		
	Sore	90		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	98,333
	Siang	95		
	Sore	100		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

20. Pengamatan Hari Kamis, 14 Desember 2023

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.42 berikut.

Tabel 4.42 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (14/12/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	95	Tanah	98,333
	Siang	100		
	Sore	100		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	100
	Siang	100		
	Sore	100		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

21. Pengamatan Hari Jumat, 15 Desember 2024

Hasil rekapitulasi pengamatan lapangan dapat dilihat pada Tabel 4.43 berikut.

Tabel 4.43 Observasi Faktor *Bucket* dan *Blade* Pada Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (15/12/23)

Jenis Alat	Sesi	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Sany SY215C	Pagi	100	Tanah	99
	Siang	97		
	Sore	100		
Bulldozer Komatsu D31EX	Pagi	100	Tanah	98,333
	Siang	100		
	Sore	95		

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Berdasarkan hasil data pengamatan di atas, diperoleh rata-rata *bucket* serta *blade* yang berisi material dalam persen, hasil tersebut dapat dihitung rata-rata persen yang berisi material dan didapatkan faktor *bucket* dan faktor *blade*.

a. *Excavator* Sany SY215C – Material Tanah

Rata-rata material terisi tanah hari senin $= \frac{(97{,}667+98{,}333+95{,}000)}{3}$

= 97%

Rata-rata material terisi tanah hari selasa $= \frac{(91{,}667+100+96{,}667)}{3}$

= 96,11%

Rata-rata material terisi tanah hari rabu $= \frac{(100+95+96{,}667+91{,}667)}{4}$

= 95,83%

Rata-rata material terisi tanah hari kamis $= \frac{(100+98{,}333+100+98{,}333)}{4}$

= 99,17%

Rata-rata material terisi tanah hari jumat $= \frac{(95+91{,}667+93{,}333+99)}{4}$

= 94,75

Rata-rata material terisi tanah hari sabtu $= \frac{(97{,}667+96{,}667+95)}{3}$

= 96,44%

Sehingga dari hasil perhitungan rata-rata harian diatas dicari rata-rata *bucket* terisi material tanah ialah sebagai berikut.

Rata-rata waktu *bucket* terisi material $= \frac{(97+96{,}11+95{,}83+99{,}17+94{,}75+96{,}44)}{6}$

= 96,55%

Faktor *bucket* = 0,966

Hasil rekapitulasi perhitungan faktor *bucket* dan *blade* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.44 Rekapitulasi Hasil Observasi Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade*

***Excavator* Sany SY215C**	
Hari Pengamatan	**Material Tanah**
Senin	97%
Selasa	96,11%
Rabu	95,83%
Jumat	99,17%
Sabtu	94,75%
Rata-rata (%)	96,44%
Faktor *Bucket*	0,966

Bulldozer Komatsu D31EX	
Hari Pengamatan	**Material Tanah**
Senin	94,11%
Selasa	96,78%
Rabu	96,67%
Kamis	98,33%
Jumat	97,25%
Sabtu	97%
Rata-rata (%)	96,69%
Faktor *Blade*	0,967

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

4.2.6 Perhitungan Produktivitas Alat Berat

Perhitungan produktivitas alat berat berupa *excavator* dan *bulldozer* dapat dilihat sebagai berikut.

1. *Excavator* Sany SY215C

Gambar 4.8 *Excavator* Sany SY215C

Bucket Capacity (q') = 0,8 m^3

Efisiensi kerja Alat (E) = 0,72 (lihat Tabel 4.22)

Faktor *bucket* = 0,966 (lihat Tabel 4.44)

Hasil pengamatan *cycle time excavator* Sany SY215C dapat dilihat pada lampiran. Pengamatan dikerjakan dengan mencatat waktu gali, waktu putar terisi, waktu bongkar, waktu putar kosong, dan jenis material pada sesi pagi, siang, serta sore. Waktu yang diperoleh kemudian dirata-rata hingga didapatkan

waktu gali rata-rata, waktu putar terisi rata-rata, waktu bongkar rata-rata, dan waktu putar kosong rata-rata serta jenis material. Rata-rata waktu siklus *excavator* (lihat pers 2.7) dapat dilihat sebagai berikut.

Rata-rata waktu gali $= \frac{(6,77+4,05+6,13+4,54+4,58+6,57+6,31+5,16+5,77)}{9}$

= 5,542 detik (lihat Lampiran 1)

Rata-rata waktu putar terisi = 3,078 detik (lihat Lampiran 1)

Rata-raya waktu bongkar = 2,647 detik (lihat Lampiran 1)

Rata-rata waktu putar kosong = 5,443 detik (lihat Lampiran 1)

Cycle time (CT) = waktu gali + waktu putar terisi isi + waktu bongkar + waktu putar kosong

= 5,542 + 3,078 + 2,647 + 5,443

= 16,710 detik

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.45 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (22/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	6,77	2,66	2,43	4,18	Tanah
		2	4,05	1,17	3,95	6,29	
		3	6,13	4,69	1,10	4,69	
13.15	Siang	1	4,54	2,61	2,84	4,76	Tanah
		2	4,58	3,17	2,15	5,14	
		3	6,57	2,65	2,48	3,53	
15.42	Sore	1	6,31	3,53	2,20	11,45	Tanah
		2	5,16	3,02	3,11	4,30	
		3	5,77	4,20	3,56	4,65	
Rata-rata			**5,542**	**3,078**	**2,647**	**5,443**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**16,710**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.46 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (23/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	7,31	3,25	1,62	3,64	Tanah
		2	5,43	2,15	2,00	4,19	
		3	7,14	3,90	2,19	3,65	
13.15	Siang	1	7,53	3,26	2,14	7,86	Tanah
		2	8,27	4,29	3,25	8,23	
		3	6,07	5,49	2,69	7,41	
15.42	Sore	1	7,06	3,81	2,99	6,63	Tanah
		2	7,33	5,60	2,62	7,56	
		3	7,04	5,11	2,88	6,76	
Rata-rata			**7,020**	**4,096**	**2,487**	**6,214**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**19,817**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.47 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (24/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	5,07	2,39	2,19	4,54	Tanah
		2	7,93	2,87	1,37	3,88	
		3	6,82	4,01	2,43	5,00	
13.15	Siang	1	6,29	3,64	3,43	5,64	Tanah
		2	4,38	2,69	2,73	3,50	
		3	5,09	3,79	2,54	4,70	
15.42	Sore	1	6,05	3,84	2,48	4,14	Tanah
		2	5,08	3,19	4,14	5,26	
		3	7,85	3,73	2,67	4,88	
Rata-rata			**6,062**	**3,350**	**2,664**	**4,616**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**16,692**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.48 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (25/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	6,04	3,96	3,16	5,26	Tanah
		2	5,34	3,63	3,47	4,31	
		3	6,25	4,53	2,89	5,78	
13.15	Siang	1	6,67	4,79	1,84	7,29	Tanah
		2	5,89	3,93	2,93	6,67	
		3	7,27	2,99	2,89	4,70	
15.42	Sore	1	6,05	3,84	2,48	4,14	Tanah
		2	5,08	3,19	4,14	5,26	
		3	7,85	3,73	2,67	4,88	
Rata-rata			**6,271**	**3,843**	**2,941**	**5,366**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**18,421**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.49 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (27/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	6,17	2,27	1,89	2,86	Tanah
		2	7,59	3,53	1,77	2,48	
		3	4,33	2,01	1,73	2,80	
13.15	Siang	1	9,60	2,39	1,36	2,34	Tanah
		2	7,49	3,30	1,86	4,57	
		3	6,79	2,86	2,45	3,64	
15.42	Sore	1	8,64	3,35	6,29	7,81	Tanah
		2	6,73	4,76	2,76	5,60	
		3	5,00	4,55	2,70	4,69	
Rata-rata			**6,927**	**3,224**	**2,534**	**4,088**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**16,773**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.50 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (28/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	6,53	2,46	2,41	4,80	Tanah
		2	7,68	2,33	2,18	3,96	
		3	6,16	3,45	2,55	3,96	
13.15	Siang	1	4,59	1,94	2,46	6,13	Tanah
		2	7,22	3,09	2,16	3,06	
		3	6,13	2,05	2,21	3,42	
15.42	Sore	1	4,99	2,46	1,67	4,66	Tanah
		2	3,94	2,66	2,12	3,73	
		3	6,61	4,57	2,43	4,26	
Rata-rata			**5,983**	**2,779**	**2,243**	**4,220**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**15,226**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.51 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (29/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	5,79	3,70	3,04	4,83	Tanah
		2	5,64	2,46	2,00	3,60	
		3	5,05	3,82	2,99	4,50	
13.15	Siang	1	4,27	2,75	3,05	7,13	Tanah
		2	6,58	3,64	2,83	5,65	
		3	4,60	2,47	2,74	5,23	
15.42	Sore	1	4,34	3,31	3,03	4,57	Tanah
		2	4,85	2,83	2,89	4,94	
		3	5,61	3,01	1,96	3,81	
Rata-rata			**5,192**	**3,110**	**2,726**	**4,918**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**15,946**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.52 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (30/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	8,92	4,40	3,83	6,44	Tanah
		2	8,45	3,86	2,56	5,10	
		3	7,68	3,94	3,39	5,79	
13.15	Siang	1	12,54	4,39	3,69	5,29	Tanah
		2	6,81	3,18	2,54	4,55	
		3	7,39	3,23	2,33	3,40	
15.42	Sore	1	9,33	2,98	2,92	4,12	Tanah
		2	7,37	3,68	2,28	7,54	
		3	8,30	2,68	3,01	5,13	
Rata-rata			**8,532**	**3,593**	**2,950**	**5,262**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**20,338**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.53 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (01/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	4,55	4,01	2,38	3,78	Tanah
		2	9,67	3,17	2,37	3,41	
		3	6,08	2,97	3,59	4,90	
13.15	Siang	1	8,43	2,75	2,13	4,42	Tanah
		2	3,87	2,84	2,67	4,38	
		3	3,12	2,76	1,56	2,03	
15.42	Sore	1	6,41	3,44	4,14	5,56	Tanah
		2	4,66	2,88	2,27	4,89	
		3	5,64	3,18	3,14	4,90	
Rata-rata			**5,826**	**3,111**	**2,694**	**4,252**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**15,883**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.54 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (02/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	5,22	3,40	2,74	4,56	Tanah
		2	7,69	3,26	2,92	4,91	
		3	11,48	4,48	3,09	5,30	
13.15	Siang	1	12,48	3,16	3,04	3,30	Tanah
		2	7,80	3,36	2,67	4,58	
		3	6,47	3,39	3,76	4,23	
15.42	Sore	1	7,19	4,18	3,69	5,01	Tanah
		2	7,64	3,29	2,30	3,64	
		3	6,69	3,55	4,53	5,10	
Rata-rata			**8,073**	**3,563**	**3,193**	**4,514**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**19,344**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.55 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (04/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	7,01	4,78	3,24	5,22	Tanah
		2	6,95	4,01	4,01	5,06	
		3	6,71	4,36	2,96	4,27	
13.15	Siang	1	3,66	4,42	2,26	4,26	Tanah
		2	6,05	3,78	4,21	7,36	
		3	6,50	4,29	3,27	6,27	
15.42	Sore	1	4,01	3,19	4,33	5,48	Tanah
		2	6,85	4,75	3,12	6,80	
		3	7,84	4,56	5,23	6,49	
Rata-rata			**6,176**	**4,238**	**3,626**	**5,690**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**19,729**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.56 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (05/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	9,28	3,50	2,27	3,84	Tanah
		2	8,34	3,55	2,31	5,34	
		3	5,96	4,34	1,72	3,70	
13.15	Siang	1	5,90	3,86	2,05	5,27	Tanah
		2	8,82	4,36	2,38	6,21	
		3	7,79	3,88	2,13	6,35	
15.42	Sore	1	7,73	5,40	3,05	8,50	Tanah
		2	4,37	2,41	2,13	5,26	
		3	5,21	2,41	3,50	6,69	
Rata-rata			**7,044**	**3,746**	**2,393**	**5,684**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**18,868**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.57 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (06/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	7,04	5,11	2,88	6,76	Tanah
		2	5,16	3,00	2,84	6,75	
		3	8,43	5,06	3,12	7,91	
13.15	Siang	1	7,20	5,14	2,25	6,77	Tanah
		2	7,71	5,73	2,36	7,10	
		3	7,03	5,62	2,05	5,53	
15.42	Sore	1	7,46	4,66	3,65	6,65	Tanah
		2	6,50	4,69	3,41	6,48	
		3	4,75	2,05	1,58	4,64	
Rata-rata			**6,809**	**4,562**	**2,682**	**6,510**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**20,563**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.58 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (07/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	5,13	3,43	2,40	4,32	Tanah
		2	8,62	4,34	2,52	6,30	
		3	5,17	2,66	2,12	4,94	
13.15	Siang	1	6,14	4,14	3,66	4,08	Tanah
		2	3,92	3,40	4,03	6,21	
		3	7,77	3,64	3,37	6,00	
15.42	Sore	1	9,35	3,35	3,66	6,47	Tanah
		2	6,39	2,38	1,95	3,80	
		3	7,23	3,15	3,14	5,08	
Rata-rata			**6,636**	**3,388**	**2,983**	**5,244**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**18,251**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.59 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (08/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	6,24	2,81	3,01	5,35	Tanah
		2	5,10	2,89	2,25	5,88	
		3	2,59	2,28	2,26	3,55	
13.15	Siang	1	6,78	2,79	1,91	4,96	Tanah
		2	6,42	3,18	2,54	3,39	
		3	5,68	3,89	2,92	6,08	
15.42	Sore	1	7,26	2,66	2,78	3,55	Tanah
		2	5,75	2,50	2,94	5,89	
		3	8,26	4,83	3,18	6,26	
Rata-rata			**6,009**	**3,092**	**2,643**	**4,990**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**16,734**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.60 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (09/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	6,53	2,15	2,51	4,71	Tanah
		2	5,24	1,84	2,12	3,36	
		3	7,60	1,63	1,75	5,44	
13.15	Siang	1	5,25	1,96	1,78	3,96	Tanah
		2	7,43	2,67	2,28	3,57	
		3	5,29	1,46	2,09	5,22	
15.42	Sore	1	5,93	2,32	1,56	2,34	Tanah
		2	6,16	2,41	2,13	3,30	
		3	6,80	2,09	1,67	2,94	
Rata-rata			**6,248**	**2,059**	**1,988**	**3,871**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**14,166**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.61 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (11/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	4,66	3,70	2,13	4,52	Tanah
		2	6,08	3,35	2,22	3,40	
		3	5,73	3,66	2,09	5,03	
13.15	Siang	1	6,24	3,66	2,36	4,97	Tanah
		2	5,56	3,96	2,21	5,43	
		3	8,89	4,43	4,82	8,26	
15.42	Sore	1	7,89	4,93	3,10	6,49	Tanah
		2	7,26	4,04	3,59	4,39	
		3	5,63	4,36	3,27	6,79	
Rata-rata			**6,438**	**4,010**	**2,866**	**5,476**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**18,789**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.62 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (12/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	4,95	3,47	3,08	3,88	Tanah
		2	7,16	4,44	3,62	3,19	
		3	6,13	4,25	1,93	2,13	
13.15	Siang	1	7,33	5,35	2,74	4,14	Tanah
		2	6,90	4,84	2,83	6,59	
		3	5,87	4,70	3,65	6,60	
15.42	Sore	1	7,54	4,30	3,80	4,91	Tanah
		2	6,20	4,11	4,30	5,17	
		3	6,24	4,10	4,41	5,22	
Rata-rata			**6,480**	**4,396**	**3,373**	**4,648**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**18,897**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.63 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (13/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	6,24	3,66	2,36	4,97	Tanah
		2	5,56	3,96	2,21	5,43	
		3	5,29	1,46	2,09	5,22	
13.15	Siang	1	6,53	2,15	2,51	4,71	Tanah
		2	5,24	1,84	2,12	3,36	
		3	7,60	1,63	1,75	5,44	
15.42	Sore	1	5,93	2,32	1,56	2,34	Tanah
		2	5,87	4,70	3,65	6,60	
		3	5,24	1,84	2,12	3,36	
Rata-rata			**5,944**	**2,618**	**2,263**	**4,603**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**15,429**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.64 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (14/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	6,31	3,53	2,20	11,45	Tanah
		2	5,16	3,02	3,11	4,30	
		3	5,77	4,20	3,56	4,65	
13.15	Siang	1	5,87	4,70	3,65	6,60	Tanah
		2	6,13	4,25	1,93	2,13	
		3	3,92	3,40	4,03	6,21	
15.42	Sore	1	5,10	2,89	2,25	5,88	Tanah
		2	4,01	3,19	4,33	5,48	
		3	5,22	3,40	2,74	4,56	
Rata-rata			**5,277**	**3,620**	**3,089**	**5,696**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**17,681**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.65 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Sany SY215C Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (15/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Terisi (detik)	Waktu Bongkar (detik)	Putar Kosong (detik)	Material
09.10	Pagi	1	6,42	3,18	2,54	3,39	Tanah
		2	5,17	2,66	2,12	4,94	
		3	6,14	4,14	3,66	4,08	
13.15	Siang	1	5,29	1,46	2,09	5,22	Tanah
		2	5,93	2,32	1,56	2,34	
		3	6,16	2,41	2,13	3,30	
15.42	Sore	1	5,24	1,84	2,12	3,36	Tanah
		2	6,24	3,66	2,36	4,97	
		3	7,54	4,30	3,80	4,91	
Rata-rata			**6,014**	**2,886**	**2,487**	**4,057**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**15,443**				

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.66 Rekapitulasi Waktu Siklus Rata-Rata *Excavator* Sany SY215C

Hari Pengamatan	Waktu Siklus rata-rata (detik)
Senin	18,430
Selasa	17,663
Rabu	17,162
Kamis	19,022
Jumat	16,188
Sabtu	17,310

Perhitungan produktivitas *excavator* Sany SY215C dapat dilihat sebagai berikut.

a. Hari Senin

Cycle time (CT) = 18,430 detik (lihat Tabel 4.66)

Bucket capacity (q') = 0,8 m^3

Faktor *bucket* (K) = 0,966 (lihat Tabel 4.44)

Produksi per siklus (V) = q' x K (lihat pers. 2.6)

= 0,8 x 0,966

= 0,773 m^3

Efisiensi kerja alat (E) = 0,72 (lihat Tabel 4.22)

Faktor koreksi (S) = 1,15 (lihat Tabel 2.13)

Faktor koreksi (BFF) = 1 (lihat Tabel 2.14)

Produktivitas *excavator* per jam (lihat pers. 2.5)

$$Q = V \times \frac{3600}{CT} \times S \times BFF \times E$$

$$= 0{,}773 \times \frac{3600}{18{,}430} \times 1{,}15 \times 1 \times 0{,}72$$

= 124,988 m^3/jam

Hasil rekapitulasi analisis perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.67 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Sany SY215C

Jenis Alat Berat	**Waktu Pengamatan**	**Produktivitas (m^3/jam)**
Excavator Sany SY215C	Senin	124,988
	Selasa	130,415
	Rabu	134,225
	Kamis	121,102
	Jumat	142,298
	Sabtu	133,074
Rata-rata Produktivitas		**131,017**

2. *Bulldozer* Komatsu D31EX

Gambar 4.9 *Bulldozer* Komatsu D31EX

Blade capacity (q') = 1,3 m^3

Efisiensi kerja alat (E) = 0,72 (lihat Tabel 4.22)

Faktor *blade* (a) = 0,967 (lihat Tabel 4.44)

Hasil pengamatan *cycle time bulldozer* Komatsu D31EX dapat dilihat pada lampiran. Pencatatan pengamatan meliputi jarak dorong, waktu untuk maju, waktu untuk mundur, serta waktu untuk mengganti persneling yang dikerjakan selama 21 hari. Waktu yang diperoleh kemudian dirata-rata sehingga

memperoleh rata-rata jarak dorong, rata-rata kecepatan maju, rata-rata kecepatan mundur, rata-rata waktu ganti persneling.

Rata-rata waktu siklus *bulldozer* (lihat pers. 2.10) dapat dilihat sebagai berikut.

Rata-rata waktu maju = (32,04+27,32+28,28+57,16+56,20+69,02+ 55,21+26,58+55,08)/9
= 45,21 detik

Rata-rata waktu mundur = (23,17+16,09+21,04+48,23+28,32+46,21+ 33,17+37,42+28,13)/9
= 31,309 detik

Rata-rata jarak dorong (D) = (30+30+30+40+40+40+50+50+50)/9
= 40 m

Rata-rata kecepatan maju (F) = (0,936+1,098+1,061+0,7+0,712+0,58+ 0,906+1,881+0,908)/9
= 0,976 m/detik

Rata-rata kecepatan mundur (R) = (1,295+1,865+1,426+0,829+1,412+0,866+ 1,507+1,336+1,777)/9
= 1,368 m/detik

Rata=rata ganti persneling (Z) = (0,53+0,95+1,19+0,98+1,22+1,19+1,40+ 1,19+0,94)/9
= 1,066 detik

Waktu siklus (CT) $= \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z$

$= \frac{40}{0,976} + \frac{40}{1,368} + 1,066$

= 71,3 detik

Hasil rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.68 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (22/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	30	32,04	0,936	23,17	1,295	0,53	Tanah
		2	30	27,32	1,098	16,09	1,865	0,95	
		3	30	28,28	1,061	21,04	1,426	1,19	
13.15	Siang	1	40	57,16	0,700	48,23	0,829	0,98	Tanah
		2	40	56,20	0,712	28,32	1,412	1,22	
		3	40	69,02	0,580	46,21	0,866	1,19	
15.42	Sore	1	50	55,21	0,906	33,17	1,507	1,40	Tanah
		2	50	26,58	1,881	37,42	1,336	1,19	
		3	50	55,08	0,908	28,13	1,777	0,94	
Rata-rata			**40,000**	**45,210**	**0,976**	**31,309**	**1,368**	**1,066**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata				**71,300**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.69 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (23/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	60	69,51	0,863	42,05	1,427	0,63	Tanah
		2	60	55,10	1,089	40,15	1,494	0,63	
		3	60	79,15	0,758	45,51	1,318	0,64	
13.15	Siang	1	30	35,15	0,853	27,10	1,107	0,94	Tanah
		2	30	40,45	0,742	24,03	1,248	0,67	
		3	30	31,45	0,954	20,52	1,462	0,69	
15.42	Sore	1	40	38,30	1,044	23,05	1,735	0,70	Tanah
		2	40	51,15	0,782	24,16	1,656	0,78	
		3	40	38,05	1,051	23,17	1,726	0,94	
Rata-rata			**43,333**	**48,701**	**0,904**	**29,971**	**1,464**	**0,736**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata				**78,268**					

Sumber:Analisis dari Peneliti

Tabel 4.70 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (24/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	30	41,28	0,727	32,08	0,935	0,73	Tanah
		2	30	41,15	0,729	31,15	0,963	0,93	
		3	30	40,04	0,749	31,42	0,955	0,70	
13.15	Siang	1	30	35,52	0,845	29,21	1,027	1,02	Tanah
		2	30	36,41	0,824	30,35	0,988	0,92	
		3	30	38,32	0,783	30,17	0,994	0,92	
15.42	Sore	1	30	40,17	0,747	31,11	0,964	0,81	Tanah
		2	30	41,52	0,723	29,23	1,026	0,62	
		3	30	42,08	0,713	31,05	0,966	0,80	
Rata-rata			**30,000**	**39,610**	**0,760**	**30,641**	**0,980**	**0,828**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata				**70,922**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.71 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (25/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	40	49,28	0,812	32,18	1,243	0,88	Tanah
		2	40	44,15	0,906	31,28	1,279	0,75	
		3	40	47,58	0,841	36,32	1,101	0,90	
13.15	Siang	1	30	36,07	0,832	27,34	1,097	0,73	Tanah
		2	30	33,21	0,903	26,15	1,147	0,75	
		3	30	37,54	0,799	26,31	1,140	0,97	
15.42	Sore	1	40	51,04	0,784	32,01	1,250	0,58	Tanah
		2	40	42,41	0,943	32,18	1,243	0,87	
		3	40	45,52	0,879	37,38	1,070	1,20	
Rata-rata			**36,667**	**42,978**	**0,855**	**31,239**	**1,175**	**0,848**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata				**74,934**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.72 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (27/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	40	47,13	0,849	41,04	0,975	0,91	Tanah
		2	40	53,17	0,752	40,52	0,987	0,88	
		3	40	48,02	0,833	44,07	0,908	0,97	
13.15	Siang	1	20	23,42	0,854	15,42	1,297	0,73	Tanah
		2	20	27,37	0,731	17,28	1,157	0,66	
		3	20	29,18	0,685	19,19	1,042	0,73	
15.42	Sore	1	40	51,23	0,781	36,09	1,108	0,54	Tanah
		2	40	48,18	0,830	39,24	1,019	0,90	
		3	40	62,06	0,645	37,37	1,070	0,65	
Rata-rata			**33,333**	**43,307**	**0,773**	**32,247**	**1,063**	**0,774**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata				**75,247**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.73 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (28/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	40	46,11	0,867	35,04	1,142	0,79	Tanah
		2	40	57,47	0,696	36,13	1,107	0,76	
		3	40	52,50	0,762	33,10	1,208	0,84	
13.15	Siang	1	40	50,29	0,795	42,05	0,951	0,65	Tanah
		2	40	45,13	0,886	39,28	1,018	0,58	
		3	40	49,01	0,816	39,19	1,021	0,69	
15.42	Sore	1	40	40,05	0,999	46,27	0,864	0,92	Tanah
		2	40	53,28	0,751	44,13	0,906	0,66	
		3	40	47,45	0,843	40,21	0,995	0,87	
Rata-rata			**40,000**	**49,032**	**0,824**	**39,489**	**1,024**	**0,751**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata				**88,371**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.74 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (29/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	30	47,20	0,636	19,45	1,542	0,77	Tanah
		2	30	42,10	0,713	26,28	1,142	0,55	
		3	20	24,12	0,829	11,17	1,791	0,82	
13.15	Siang	1	20	17,54	1,140	16,13	1,240	0,76	Tanah
		2	20	15,26	1,311	16,08	1,244	0,75	
		3	20	18,05	1,108	15,05	1,329	0,68	
15.42	Sore	1	20	19,15	1,044	16,21	1,234	0,88	Tanah
		2	20	14,07	1,421	10,24	1,953	0,91	
		3	20	14,32	1,397	12,52	1,597	1,06	
Rata-rata			**22,222**	**23,534**	**1,067**	**15,903**	**1,452**	**0,798**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata				**36,934**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.75 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (30/11/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	40	49,53	0,808	37,12	1,078	0,76	Tanah
		2	40	50,08	0,799	40,58	0,986	0,51	
		3	40	47,18	0,848	38,01	1,052	0,65	
13.15	Siang	1	20	24,05	0,832	12,52	1,597	0,65	Tanah
		2	20	13,15	1,521	11,38	1,757	0,67	
		3	20	20,08	0,996	10,25	1,951	0,86	
15.42	Sore	1	30	39,28	0,764	30,27	0,991	1,11	Tanah
		2	30	42,15	0,712	31,16	0,963	0,71	
		3	30	43,17	0,695	33,09	0,907	0,83	
Rata-rata			**30,000**	**36,519**	**0,886**	**27,153**	**1,254**	**0,750**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata				**58,545**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.76 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (01/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	30	58,02	0,517	31,35	0,957	0,78	Tanah
		2	30	29,08	1,032	29,05	1,033	0,70	
		3	30	23,42	1,281	27,16	1,105	0,88	
13.15	Siang	1	20	27,32	0,732	15,02	1,332	1,02	Tanah
		2	20	14,57	1,373	18,17	1,101	0,88	
		3	20	21,26	0,941	17,28	1,157	0,71	
15.42	Sore	1	40	49,27	0,812	25,31	1,580	0,79	Tanah
		2	40	53,31	0,750	38,43	1,041	0,76	
		3	40	56,42	0,709	37,57	1,065	0,81	
Rata-rata			**30,000**	**36,963**	**0,905**	**26,593**	**1,152**	**0,814**	
Waktu Siklus Rata-rata				**59,995**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.77 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (02/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	40	42,34	0,945	33,55	1,192	0,94	Tanah
		2	40	32,07	1,247	23,01	1,738	0,73	
		3	40	40,32	0,992	23,56	1,698	0,92	
13.15	Siang	1	40	58,01	0,690	24,18	1,654	0,97	Tanah
		2	40	39,20	1,020	25,52	1,567	0,79	
		3	40	39,12	1,022	26,31	1,520	0,90	
15.42	Sore	1	40	36,10	1,108	27,18	1,472	0,76	Tanah
		2	40	36,54	1,095	25,54	1,566	0,91	
		3	40	45,26	0,884	26,32	1,520	0,58	
Rata-rata			**40,000**	**40,996**	**1,000**	**26,130**	**1,548**	**0,833**	
Waktu Siklus Rata-rata				**66,667**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.78 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (04/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	40	27,08	1,477	22,52	1,776	0,83	Tanah
		2	40	33,12	1,208	24,41	1,639	0,89	
		3	40	30,21	1,324	24,32	1,645	0,73	
13.15	Siang	1	50	33,38	1,498	26,51	1,886	0,83	Tanah
		2	50	34,27	1,459	23,27	2,149	0,86	
		3	50	39,52	1,265	28,16	1,776	0,83	
15.42	Sore	1	50	38,01	1,315	22,58	2,214	0,81	Tanah
		2	50	37,16	1,346	28,47	1,756	0,84	
		3	50	51,28	0,975	30,12	1,660	0,89	
Rata-rata			**46,667**	**36,003**	**1,319**	**25,596**	**1,833**	**0,834**	
Waktu Siklus Rata-rata				**61,680**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.79 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (05/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	30	35,23	0,852	28,09	1,068	0,85	Tanah
		2	30	20,87	1,437	28,45	1,054	0,82	
		3	30	30,04	0,999	26,78	1,120	0,84	
13.15	Siang	1	20	28,00	0,714	14,06	1,422	0,68	Tanah
		2	20	16,88	1,185	15,00	1,333	0,85	
		3	20	18,20	1,099	13,89	1,440	0,66	
15.42	Sore	1	20	12,90	1,550	13,76	1,453	0,90	Tanah
		2	20	15,73	1,271	15,06	1,328	0,62	
		3	20	15,07	1,327	12,99	1,540	0,74	
Rata-rata			**23,333**	**21,436**	**1,159**	**18,676**	**1,307**	**0,773**	
Waktu Siklus Rata-rata				**38,756**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.80 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (06/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	40	30,00	1,333	23,89	1,674	0,67	Tanah
		2	40	26,80	1,493	25,98	1,540	0,55	
		3	40	30,43	1,314	28,05	1,426	0,80	
13.15	Siang	1	50	37,09	1,348	30,00	1,667	0,76	Tanah
		2	50	37,28	1,341	31,10	1,608	0,71	
		3	50	37,01	1,351	28,00	1,786	0,68	
15.42	Sore	1	50	53,20	0,940	30,40	1,645	0,82	Tanah
		2	50	50,11	0,998	29,02	1,723	0,89	
		3	50	54,02	0,926	24,00	2,083	1,01	
Rata-rata			**46,667**	**39,549**	**1,227**	**27,827**	**1,683**	**0,766**	
Waktu Siklus Rata-rata				**66,516**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.81 Data Observasi *Cycle Time* Siklus *Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (07/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	30	24,90	1,205	18,99	1,580	0,80	Tanah
		2	30	21,89	1,370	18,87	1,590	0,51	
		3	30	22,02	1,362	16,76	1,790	0,74	
13.15	Siang	1	30	33,00	0,909	16,98	1,767	0,65	Tanah
		2	30	32,01	0,937	17,00	1,765	0,67	
		3	30	30,74	0,976	24,10	1,245	0,76	
15.42	Sore	1	20	15,00	1,333	14,98	1,335	1,09	Tanah
		2	20	18,02	1,110	10,11	1,978	0,71	
		3	20	13,67	1,463	11,65	1,717	0,83	
Rata-rata			**26,667**	**23,472**	**1,185**	**16,604**	**1,641**	**0,751**	
Waktu Siklus Rata-rata				**39,506**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.82 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (08/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	20	22,00	0,909	13,70	1,460	0,83	Tanah
		2	20	24,09	0,830	14,00	1,429	0,90	
		3	20	20,55	0,973	12,93	1,547	0,83	
13.15	Siang	1	30	25,65	1,170	20,32	1,476	0,95	Tanah
		2	30	27,80	1,079	19,80	1,515	0,96	
		3	30	24,94	1,203	18,00	1,667	0,82	
15.42	Sore	1	20	10,90	1,835	11,20	1,786	0,93	Tanah
		2	20	19,00	1,053	11,98	1,669	0,86	
		3	20	17,82	1,122	14,00	1,429	0,83	
Rata-rata			**23,333**	**21,417**	**1,130**	**15,103**	**1,553**	**0,879**	
Waktu Siklus Rata-rata				**36,544**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.83 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Sabtu pukul 09.00 – 17.00 WITA (09/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	20	14,00	1,429	10,76	1,859	0,81	Tanah
		2	20	13,45	1,487	13,00	1,538	0,84	
		3	20	13,87	1,442	17,00	1,176	0,89	
13.15	Siang	1	20	24,34	0,822	13,87	1,442	0,82	Tanah
		2	20	16,98	1,178	15,80	1,266	0,85	
		3	20	15,99	1,251	12,69	1,576	0,84	
15.42	Sore	1	20	16,78	1,192	18,50	1,081	0,76	Tanah
		2	20	17,44	1,147	13,87	1,442	0,81	
		3	20	14,90	1,342	14,95	1,338	0,89	
Rata-rata			**20,000**	**16,417**	**1,254**	**14,493**	**1,413**	**0,834**	
Waktu Siklus Rata-rata				**30,932**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.84 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Senin pukul 09.00 – 17.00 WITA (11/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	30	29,08	1,032	22,52	1,332	0,80	Tanah
		2	30	23,42	1,281	24,41	1,229	0,89	
		3	30	30,21	0,993	24,32	1,234	0,73	
13.15	Siang	1	30	30,38	0,987	26,51	1,132	0,79	Tanah
		2	30	34,27	0,875	23,27	1,289	0,86	
		3	30	33,80	0,888	28,16	1,065	0,77	
15.42	Sore	1	40	38,01	1,052	22,58	1,771	0,81	Tanah
		2	40	38,16	1,048	28,47	1,405	0,84	
		3	40	42,40	0,943	30,12	1,328	0,89	
Rata-rata			**33,333**	**33,303**	**1,011**	**25,596**	**1,309**	**0,820**	
Waktu Siklus Rata-rata				**59,242**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.85 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Selasa pukul 09.00 – 17.00 WITA (12/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	40	46,11	0,867	35,04	1,142	0,79	Tanah
		2	40	57,47	0,696	42,05	0,951	0,76	
		3	40	52,50	0,762	39,19	1,021	0,84	
13.15	Siang	1	20	19,70	1,015	20,80	0,962	0,65	Tanah
		2	20	19,00	1,053	24,09	0,830	0,58	
		3	20	16,87	1,186	23,60	0,847	0,69	
15.42	Sore	1	30	23,09	1,299	23,80	1,261	0,92	Tanah
		2	30	24,70	1,215	25,76	1,165	0,66	
		3	30	21,97	1,365	24,89	1,205	0,87	
Rata-rata			**30,000**	**31,268**	**1,051**	**28,802**	**1,043**	**0,751**	
Waktu Siklus Rata-rata				**58,073**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.86 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Rabu pukul 09.00 – 17.00 WITA (13/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	30	38,34	0,782	29,90	1,003	0,77	Tanah
		2	30	30,45	0,985	26,28	1,142	0,55	
		3	30	29,89	1,004	30,00	1,000	0,73	
13.15	Siang	1	20	17,54	1,140	16,13	1,240	0,76	Tanah
		2	20	15,26	1,311	16,08	1,244	0,75	
		3	20	18,05	1,108	15,05	1,329	0,68	
15.42	Sore	1	20	18,15	1,102	16,21	1,234	0,80	Tanah
		2	20	14,07	1,421	10,24	1,953	0,89	
		3	20	14,32	1,397	12,52	1,597	0,93	
Rata-rata			**23,333**	**21,786**	**1,139**	**19,157**	**1,305**	**0,762**	
Waktu Siklus Rata-rata				**39,134**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.87 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Kamis pukul 09.00 – 17.00 WITA (14/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	20	19,53	1,024	17,12	1,168	0,76	Tanah
		2	20	20,08	0,996	20,58	0,972	0,63	
		3	20	17,18	1,164	18,01	1,110	0,65	
13.15	Siang	1	20	24,05	0,832	12,52	1,597	0,66	Tanah
		2	20	13,15	1,521	11,38	1,757	0,64	
		3	20	20,08	0,996	10,25	1,951	0,81	
15.42	Sore	1	30	39,28	0,764	30,27	0,991	0,98	Tanah
		2	30	42,15	0,712	31,16	0,963	0,71	
		3	30	43,17	0,695	33,09	0,907	0,83	
Rata-rata			**23,333**	**26,519**	**0,967**	**20,487**	**1,269**	**0,741**	
Waktu Siklus Rata-rata				**43,264**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.88 Data Observasi *Cycle Time Bulldozer* Komatsu D31EX Hari Jumat pukul 09.00 – 17.00 WITA (15/12/23)

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Dorong (m)	Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneling (detik)	Jenis Material
09.10	Pagi	1	30	28,02	1,071	31,35	0,957	0,77	Tanah
		2	30	29,08	1,032	29,05	1,033	0,70	
		3	30	23,42	1,281	27,16	1,105	0,86	
13.15	Siang	1	20	17,32	1,155	15,02	1,332	0,92	Tanah
		2	20	14,57	1,373	18,17	1,101	0,88	
		3	20	21,26	0,941	17,28	1,157	0,71	
15.42	Sore	1	30	29,27	1,025	25,31	1,185	0,77	Tanah
		2	30	33,31	0,901	38,43	0,781	0,71	
		3	30	26,43	1,135	37,57	0,799	0,79	
Rata-rata			**26,667**	**24,742**	**1,101**	**26,593**	**1,050**	**0,790**	
Waktu Siklus Rata-rata				**50,404**					

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.89 Rekapitulasi Waktu Siklus Rata-Rata *Bulldozer* Komatsu D31EX

Hari Pengamatan	Waktu Siklus rata-rata (detik)
Senin	65,390
Selasa	61,734
Rabu	53,471
Kamis	54,896
Jumat	54,466
Sabtu	57,511

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Perhitungan produktivitas *bulldozer* Sany SY215C dapat dilihat sebagai berikut.

a. Hari Senin

Cycle time (CT) = 65,390 detik (lihat Tabel 4.89)

Kapasitas *bulldozer* (q') = 1,3 m^3

Faktor blade (a) = 0,967 (lihat Tabel 4.44)

Lebar blade (L) = 2,55 m

Tinggi *blade* (H) = 0,84 m

Produksi per siklus (V) = L x H^2 x a (lihat pers. 2.9)

= 2,55 x $0,84^2$ x 0,967

= 1,74 m^3

Efisiensi kerja alat (E) = 0,72 (lihat Tabel 4.22)

Produktivitas *excavator* per jam (lihat pers. 2.8)

Q $= V \times \frac{3600}{CT} \times E$

$= 1,74 \times \frac{3600}{65,39} \times 0,72$

= 68,968 m^3/jam

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.90 Rekapitulasi Produktivitas *Bulldozer* Komatsu D31EX

Jenis Alat Berat	**Waktu Pengamatan**	**Produktivitas (m^3/jam)**
Bulldozer Komatsu D31EX	Senin	68,968
	Selasa	73,053
	Rabu	84,341
	Kamis	82,153
	Jumat	82,800
	Sabtu	78,417
Rata-rata Produktivitas		**78,289**

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh rekapitulasi produktivitas untuk setiap alat berat sebagai berikut.

Tabel 4.91 Rekapitulasi Produktivitas Alat Berat

Nama Alat Berat	**Produktivitas (m^3/jam)**
Excavator Sany SY215C	131,017
Bulldozer Komatsu D31EX	78,289

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

4.2.7 Biaya Operasional Alat Berat

4.2.7.1. Excavator Sany SY215C

Kapasitas = 0,8 m^3

Harga sewa alat = Rp325.000,00/jam

Harga bahan bakar = Rp165.000,00/jam

Harga pelumas = Rp50.000,00/jam

Upah operator = Rp280.000,00/hari

Mobilisasi & demobilisasi = Rp60.000.000,00

4.2.7.2. Bulldozer Komatsu D31EX

Kapasitas = 1,3 m^3

Harga sewa alat = Rp275.000,00/jam

Harga pelumas = Rp50.000,00/jam

Harga bahan bakar = Rp165.000,00/jam

Upah operator = Rp200.000,00/hari

Mobilisasi & demobilisasi = Rp22.320.000,00

4.2.8 Biaya Tak Langsung (*Indirect Cost*)

Biaya tak langsung yang diperhitungkan dalam analisis pada penelitian ini diantaranya sebagai berikut.

Biaya manajer proyek = Rp20.000.000,00/bulan

Biaya staff administrasi = Rp7.000.000,00/bulan

Biaya pengawas lapangan = Rp15.000.000,00/bulan

Biaya utilitas (listrik & air) = Rp3.000.000,00/bulan

Biaya Sosial = Rp55.000.000,00/proyek

Biaya *Entertain* = Rp10.000.000,00/bulan

4.2.9 Perhitungan Alternatif Kombinasi Alat Berat

Untuk membatasi alternatif kombinasi alat berat yang dianalisis peneliti membuat skenario dengan menentukan deviasi produktivitas alat berat, dimana nilai deviasi yang lebih kecil atau sama dengan kondisi *existing* yang akan digunakan dalam analisis. Alternatif kombinasi yang akan digunakan juga dibatasi dalam batasan masalah dengan maksimal kombinasi menggunakan 3 *excavator* dan 5 *bulldozer*. Nilai deviasi kondisi *existing* dan alternatif kombinasi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.92 Penentuan Alternatif Kombinasi Alat Berat

Kombinasi		**Produktivitas**		**Deviasi**	**Keterangan**
Jumlah *Excavator* *unit*	**Jumlah *Bulldozer* *unit***	***Excavator*** **m3/jam**	***Bulldozer*** **m3/jam**	**m3/jam**	
(b)	(c)	(d)	(e)	(f) | (d) − (e) |	(g)
1	1	131,017	78,289	52,728	*Existing*
1	2	131,017	156,578	25,561	Dianalisis sebagai alternatif
1	3	131,017	234,867	103,85	Tidak digunakan
2	2	262,034	156,578	105,456	Tidak digunakan
2	3	262,034	234,867	27,167	Dianalisis sebagai alternatif
2	4	262,034	313,156	51,122	Dianalisis sebagai alternatif
2	5	262,034	391,445	129,411	Tidak digunakan
3	4	393,051	313,156	79,895	Tidak digunakan
3	5	393,051	391,445	1,606	Dianalisis sebagai alternatif

(Sumber: Analisis dari peneliti)

Perhitungan analisis deviasi produktivitas alat berat antara *excavator* dan *bulldozer* pada tabel 4.92 menentukan kombinasi-kombinasi alat berat yang akan diteliti dan dianalisis. Kombinasi alat berat yang dianalisis diantaranya:

a. Kombinasi existing (1 *excavator* & 1 *bulldozer*)
b. Alternatif 1 (1 *excavator* & 2 *bulldozer*)
c. Alternatif 2 (2 e*xcavator* & 3 *bulldozer*)
d. Alternatif 3 (2 *excavator* & 4 *bulldozer*)
e. Alternatif 4 (3 *excavator* & 5 *bulldozer*)

4.2.9.1. Kondisi existing

Jumlah alat berat yang digunakan pada pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan di lapangan adalah 1 *unit excavator* dan 1 *unit bulldozer*. Nilai deviasi, *idle time*,

durasi, dan biaya pekerjaan kondisi *existing* yang telah dihitung akan digunakan sebagai pembanding alternatif lainnya. Berikut ini perhitungan untuk mencari *idle time*, durasi, dan biaya operasional alat berat..

Jumlah *excavator* = 1 *unit*

Jumlah *bulldozer* = 1 *unit*

Produktivitas *excavator* = 131,017 m^3/jam

Produktivitas *bulldozer* = 78,289 m^3/jam

Deviasi = 131,017 – 78,289

= 52,728 m^3/jam

Idle time $= \frac{52,728}{78,289} \times 60$

= 40,41 menit (*idle time excavator*)

Waktu kerja efektif per hari

Excavator $= \frac{Q}{Qalat} \times 8$

$= \frac{78,289}{131,017} \times 8$

= 4,78 jam

Bulldozer $= \frac{Q}{Qalat} \times 8$

$= \frac{78,289}{78,289} \times 8$

= 8 jam

Idle time per hari = 8 – 4,78

= 3,22 jam (*idle time excavator*)

Jam minimal sewa alat berat = 8 jam/hari

Produksi per hari = Q x 8

= 78,289 x 8

= 626 m^3/hari

Durasi Pekerjaan $= \frac{volume\ pekerjaan}{produksi}$

$= \frac{46800}{626}$

= 75 hari

Biaya sewa *excavator* = biaya sewa x durasi x 8 x jumlah alat

= Rp325.000,00 x 75 x 8 x 1

= Rp195.000.000,00

Biaya bahan bakar *excavator* = biaya bahan bakar x waktu efektif x durasi x jumlah alat
= Rp165.000,00 x 4,78 x 75 x 1
= Rp59.152.500,00

Biaya pelumas *excavator* = biaya pelumas x waktu efektif x durasi x jumlah alat
= Rp50.000,00 x 4,78 x 75 x 1
= Rp17.925.000,00

Biaya mob & demob *excavator* = biaya mob & demob x jumlah alat
= Rp60.000.000,00 x 1
= Rp60.000.000,00

Upah operator *excavator* = upah x durasi x jumlah operator
= Rp280.000,00 x 75 x 1
= Rp21.000.000,00

Biaya operasional *excavator* = Rp195.000.000,00 + Rp59.152.500,00 + Rp17.925.000,00 + Rp60.000.000,00 + Rp21.000.000,00
= Rp353.077.500,00

Biaya sewa *bulldozer* = biaya sewa x durasi x 8 x jumlah alat
= Rp275.000,00 x 75 x 8 x 1
= Rp165.000.000,00

Biaya bahan bakar *bulldozer* = biaya bahan bakar x waktu efektif x durasi x jumlah alat
= Rp165.000,00 x 8 x 75 x 1
= Rp99.000.000,00

Biaya pelumas *bulldozer* = biaya pelumas x waktu efektif x durasi x jumlah alat
= Rp50.000,00 x 8 x 75 x 1
= Rp30.000.000,00

Biaya mob & demob *bulldozer* = biaya mob & demob x jumlah alat
= Rp22.320.000,00 x 1

= Rp22.3200.000,00

Upah operator *bulldozer* = upah x durasi x jumlah operator
= Rp200.000,00 x 75 x 1
= Rp15.000.000,00

Biaya operasional *bulldozer* = Rp165.000.000,00 + Rp99.000.000,00 + Rp30.000.000,00 + Rp22.320.000,00 + Rp15.000.000,00
= Rp331.320.000,00

Biaya total operasional = Rp353.077.500,00 + Rp331.320.000,00
= Rp684.397.500,00

Biaya *idle time* = biaya sewa alat *idle* x *idle time* x durasi x jumlah alat
= Rp325.000,00 x 3,22 x 75 x 1
= Rp78.487.500,00

Biaya total operasional (efisien) = biaya total – biaya *idle time*
= Rp684.397.500,00 – Rp78.487.500,00
= Rp605.910.000,00

Persentase biaya *idle* = (biaya *idle* / biaya total) x 100%
= 11,47%

Persentase biaya efisien = (biaya efisien / biaya total) x 100%
= 88,53%

4.2.9.2. Alternatif 1

Alternatif 1 dianalisis dengan menggunakan kombinasi 1 *unit excavator* dan 2 *unit bulldozer*. Dilihat dari tabel 4.92 alternatif 1 memiliki nilai deviasi lebih kecil dibandingkan dengan kondisi *existing* dengan nilai deviasi sebesar 25,561 m3/jam, dimana nilai itu lebih kecil 52% dari kondisi *existing*. Berikut ini perhitungan untuk mencari *idle time*, durasi, dan biaya operasional alat berat.

Jumlah *excavator* = 1 *unit*

Jumlah *bulldozer* = 2 *unit*

Produktivitas *excavator* = 131,017 m^3/jam

Produktivitas *bulldozer* = 156,578 m^3/jam

Deviasi = 131,017 – 156,578

= 25,561 m^3/jam

Idle time $= \frac{25,561}{131,017} \times 60$

= 25,561 menit (*idle time bulldozer*)

Waktu kerja efektif per hari

Excavator $= \frac{Q}{Qalat} \times 8$

$= \frac{131,017}{131,017} \times 8$

= 8 jam

Bulldozer $= \frac{Q}{Qalat} \times 8$

$= \frac{131,017}{156,578} \times 8$

= 6,69 jam

Idle time per hari = 8 – 6,69

= 1,31 jam (*idle time bulldozer*)

Jam minimal sewa alat berat = 8 jam/hari

Produksi per hari = Q x 8

= 131,017 x 8

= 1048 m^3/hari

Durasi Pekerjaan $= \frac{volume\ pekerjaan}{produksi}$

$= \frac{46800}{1048}$

= 45 hari

Biaya sewa *excavator* = biaya sewa x durasi x 8 x jumlah alat

= Rp325.000,00 x 45 x 8 x 1

= Rp117.000.000,00

Biaya bahan bakar *excavator* = biaya bahan bakar x waktu efektif x durasi x jumlah alat

= Rp165.000,00 x 8 x 45 x 1

= Rp59.400.000,00

Biaya pelumas *excavator* = biaya pelumas x waktu efektif x durasi x jumlah alat

= Rp50.000,00 x 8 x 45 x 1

= Rp18.000.000

Biaya mob & demob *excavator* = biaya mob & demob x jumlah alat
= Rp60.000.000,00 x 1
= Rp60.000.000,00

Upah operator *excavator* = upah x durasi x jumlah operator
= Rp280.000,00 x 45 x 1
= Rp12.600.000,00

Biaya operasional *excavator* = Rp117.000.000,00 + Rp59.400.000,00 + Rp18.000.000,00 + Rp60.000.000,00 + Rp12.600.000,00
= Rp267.000.000,00

Biaya sewa *bulldozer* = biaya sewa x durasi x 8 x jumlah alat
= Rp275.000,00 x 45 x 8 x 2
= Rp198.000.000,00

Biaya bahan bakar *bulldozer* = biaya bahan bakar x waktu efektif x durasi x jumlah alat
= Rp165.000,00 x 6,69 x 45 x 2
= Rp99.346.500,00

Biaya pelumas *bulldozer* = biaya pelumas x waktu efektif x durasi x jumlah alat
= Rp50.000,00 x 6,69 x 45 x 2
= Rp30.105.000,00

Biaya mob & demob *bulldozer* = biaya mob & demob x jumlah alat
= Rp22.320.000,00 x 2
= Rp44.640.000,00

Upah operator *bulldozer* = upah x durasi x jumlah operator
= Rp200.000,00 x 45 x 2
= Rp18.000.000,00

Biaya operasional *bulldozer* = Rp198.000.000,00 + Rp99.346.500,00 + Rp30.105.000,00 + Rp44.640.000,00 + Rp18.000.000,00
= Rp390.091.500,00

Biaya total operasional = Rp267.000.000,00 + Rp390.091.500,00
= Rp657.091.500,00

Biaya *idle time* = biaya sewa alat *idle* x *idle time* x durasi x jumlah alat
= Rp325.000,00 x 1,31 x 45 x 2
= Rp32.422.500,00

Biaya total operasional (efisien) = biaya total – biaya *idle time*
= Rp657.091.500,00 – Rp32.422.500
= Rp624.669.000,00

Persentase biaya *idle* = (biaya *idle* / biaya total) x 100%
= 4,93%

Persentase biaya efisien = (biaya efisien / biaya total) x 100%
= 95,07%

4.2.9.3. Alternatif 2

Alternatif 2 dianalisis dengan menggunakan kombinasi 2 *unit excavator* dan 3 *unit bulldozer*. Dilihat dari tabel 4.92 alternatif 1 memiliki nilai deviasi lebih kecil dibandingkan dengan kondisi *existing* dengan nilai deviasi sebesar 27,167 m3/jam, dimana nilai itu lebih kecil 48% dari kondisi *existing*. Berikut ini perhitungan untuk mencari *idle time*, durasi, dan biaya operasional alat berat.

Jumlah *excavator* = 2 *unit*

Jumlah *bulldozer* = 3 *unit*

Produktivitas *excavator* = 262,034 m^3/jam

Produktivitas *bulldozer* = 234,867 m^3/jam

Deviasi = 262,034 – 234,867
= 27,167 m^3/jam

Idle time = $\frac{27,167}{234,867} \times 60$
= 6,94 menit (*idle time excavator*)

Waktu kerja efektif per hari

Excavator = $\frac{Q}{Qalat} \times 8$
= $\frac{234,867}{262,034} \times 8$

= 7,17 jam

Bulldozer = $\frac{Q}{Qalat} \times 8$

= $\frac{234,867}{234,867} \times 8$

= 8 jam

Idle time per hari = 8 – 7,17

= 0,83 jam (*idle time excavator*)

Jam minimal sewa alat berat = 8 jam/hari

Produksi per hari = Q x 8

= 234,867 x 8

= 1879 m^3/hari

Durasi Pekerjaan = $\frac{volume\ pekerjaan}{produksi}$

= $\frac{46800}{1879}$

= 25 hari

Biaya sewa *excavator* = biaya sewa x durasi x 8 x jumlah alat

= Rp325.000,00 x 25 x 8 x 2

= Rp130.000.000,00

Biaya bahan bakar *excavator* = biaya bahan bakar x waktu efektif x durasi x jumlah alat

= Rp165.000,00 x 7,17 x 25 x 2

= Rp59.152.500,00

Biaya pelumas *excavator* = biaya pelumas x waktu efektif x durasi x jumlah alat

= Rp50.000,00 x 7,17 x 25 x 2

= Rp17.925.000,00

Biaya mob & demob *excavator* = biaya mob & demob x jumlah alat

= Rp60.000.000,00 x 2

= Rp120.000.000,00

Upah operator *excavator* = upah x durasi x jumlah operator

= Rp280.000,00 x 25 x 2

= Rp14.000.000,00

Biaya operasional *excavator* = Rp130.000.000,00 + Rp59.152.500,00 + Rp17.925.000,00 + Rp120.000.000,00 + Rp14.000.000,00

= Rp341.077.500,00

Biaya sewa *bulldozer* = biaya sewa x durasi x 8 x jumlah alat

= Rp275.000,00 x 25 x 8 x 3

= Rp165.000.000,00

Biaya bahan bakar *bulldozer* = biaya bahan bakar x waktu efektif x durasi x jumlah alat

= Rp165.000,00 x 8 x 25 x 3

= Rp99.000.000,00

Biaya pelumas *bulldozer* = biaya pelumas x waktu efektif x durasi x jumlah alat

= Rp50.000,00 x 8 x 25 x 3

= Rp30.000.000,00

Biaya mob & demob *bulldozer* = biaya mob & demob x jumlah alat

= Rp22.320.000,00 x 3

= Rp66.960.000,00

Upah operator *bulldozer* = upah x durasi x jumlah operator

= Rp200.000,00 x 25 x 3

= Rp15.000.000,00

Biaya operasional *bulldozer* = Rp165.000.000,00 + Rp99.000.000,00 + Rp30.000.000,00 + Rp66.960.000,00 + Rp15.000.000,00

= Rp375.960.000,00

Biaya total operasional = Rp341.077.500,00 + Rp375.960.000,00

= Rp717.037.500,00

Biaya *idle time* = biaya sewa alat *idle* x *idle time* x durasi x jumlah alat

= Rp325.000,00 x 0,83 x 25 x 2

= Rp13.487.500,00

Biaya total operasional (efisien) = biaya total – biaya *idle time*

= Rp717.037.500,00 – Rp13.487.500

= Rp703.550.000,00

Persentase biaya *idle* = (biaya *idle* / biaya total) x 100%

= 1,88%

Persentase biaya efisien = (biaya efisien / biaya total) x 100%

= 98,12%

4.2.9.4. Alternatif 3

Alternatif 3 dianalisis dengan menggunakan kombinasi 2 *unit excavator* dan 4 *unit bulldozer*. Dilihat dari tabel 4.92 alternatif 1 memiliki nilai deviasi lebih kecil dibandingkan dengan kondisi *existing* dengan nilai deviasi sebesar 51,122 m3/jam, dimana nilai itu lebih kecil 3% dari kondisi *existing*. Berikut ini perhitungan untuk mencari *idle time*, durasi, dan biaya operasional alat berat.

Jumlah *excavator* = 2 *unit*

Jumlah *bulldozer* = 4 *unit*

Produktivitas *excavator* = 262,034 m^3/jam

Produktivitas *bulldozer* = 313,156 m^3/jam

Deviasi = 313,156 – 262,034

= 51,122 m^3/jam

Idle time $= \frac{51,122}{262,034} \times 60$

= 11,71 menit (*idle time bulldozer*)

Waktu kerja efektif per hari

Excavator $= \frac{Q}{Qalat} \times 8$

$= \frac{262,034}{262,034} \times 8$

= 8 jam

Bulldozer $= \frac{Q}{Qalat} \times 8$

$= \frac{262,034}{313,156} \times 8$

= 6,69 jam

Idle time per hari = 8 – 6,69

= 1,31 jam (*idle time bulldozer*)

Jam minimal sewa alat berat = 8 jam/hari

Produksi per hari = Q x 8

= 313,156 x 8

= 2095 m^3/hari

Durasi Pekerjaan = $\frac{volume\ pekerjaan}{produksi}$

= $\frac{46800}{2095}$

= 23 hari

Biaya sewa *excavator* = biaya sewa x durasi x 8 x jumlah alat

= Rp325.000,00 x 23 x 8 x 2

= Rp119.600.000,00

Biaya bahan bakar *excavator* = biaya bahan bakar x waktu efektif x durasi x jumlah alat

= Rp165.000,00 x 8 x 23 x 2

= Rp60.720.000,00

Biaya pelumas *excavator* = biaya pelumas x waktu efektif x durasi x jumlah alat

= Rp50.000,00 x 8 x 23 x 2

= Rp18.400.000,00

Biaya mob & demob *excavator* = biaya mob & demob x jumlah alat

= Rp60.000.000,00 x 2

= Rp120.000.000,00

Upah operator *excavator* = upah x durasi x jumlah operator

= Rp280.000,00 x 23 x 2

= Rp12.880.000,00

Biaya operasional *excavator* = Rp119.000.000,00 + Rp60.720.000,00 + Rp18.400.000,00 + Rp120.000.000,00 + Rp12.880.000,00

= Rp331.600.000,00

Biaya sewa *bulldozer* = biaya sewa x durasi x 8 x jumlah alat

= Rp275.000,00 x 23 x 8 x 4

= Rp202.400.000,00

Biaya bahan bakar *bulldozer* = biaya bahan bakar x waktu efektif x durasi x jumlah alat
= Rp165.000,00 x 6,69 x 23 x 4
= Rp101.554.200,00

Biaya pelumas *bulldozer* = biaya pelumas x waktu efektif x durasi x jumlah alat
= Rp50.000,00 x 6,69 x 23 x 4
= Rp30.774.000,00

Biaya mob & demob *bulldozer* = biaya mob & demob x jumlah alat
= Rp22.320.000,00 x 4
= Rp89.280.000,00

Upah operator *bulldozer* = upah x durasi x jumlah operator
= Rp200.000,00 x 23 x 4
= Rp18.400.000,00

Biaya operasional *bulldozer* = Rp202.400.000,00 + Rp101.554.200,00 + Rp30.774.000,00 + Rp89.280.000,00 + Rp18.400.000,00
= Rp442.408.200,00

Biaya total operasional = Rp331.600.000,00 + Rp442.408.200,00
= Rp774.008.200,00

Biaya *idle time* = biaya sewa alat *idle* x *idle time* x durasi x jumlah alat
= Rp275.000,00 x 1,31 x 23 x 4
= Rp33.143.000,00

Biaya total operasional (efisien) = biaya total – biaya *idle time*
= Rp774.008.200,00 – Rp33.143.000,00
= Rp740.865.200,00

Persentase biaya *idle* = (biaya *idle* / biaya total) x 100%
= 4,28%

Persentase biaya efisien = (biaya efisien / biaya total) x 100%
= 95,72%

4.2.9.5. Alternatif 4

Alternatif 4 dianalisis dengan menggunakan kombinasi 3 *unit excavator* dan 5 *unit bulldozer*. Dilihat dari tabel 4.92 alternatif 1 memiliki nilai deviasi lebih kecil dibandingkan dengan kondisi *existing* dengan nilai deviasi sebesar 1,606 m3/jam, dimana nilai itu lebih kecil 99% dari kondisi *existing*. Berikut ini perhitungan untuk mencari *idle time*, durasi, dan biaya operasional alat berat.

Jumlah *excavator* = 3 *unit*

Jumlah *bulldozer* = 5 *unit*

Produktivitas *excavator* = 393,051 m^3/jam

Produktivitas *bulldozer* = 391,445 m^3/jam

Deviasi = 393,051 – 391,445

= 1,606 m^3/jam

Idle time $= \frac{1,606}{391,445} \times 60$

= 0,25 menit (*idle time excavator*)

Waktu kerja efektif per hari

Excavator $= \frac{Q}{Qalat} \times 8$

$= \frac{391,445}{393,051} \times 8$

= 7,97 jam

Bulldozer $= \frac{Q}{Qalat} \times 8$

$= \frac{391,445}{391,445} \times 8$

= 8 jam

Idle time per hari = 8 – 7,97

= 0,03 jam (*idle time excavator*)

Jam minimal sewa alat berat = 8 jam/hari

Produksi per hari = Q x 8

= 391,445 x 8

= 3132 m^3/hari

Durasi Pekerjaan $= \frac{volume\ pekerjaan}{produksi}$

$= \frac{46800}{3132}$

= 15 hari

Biaya sewa *excavator* = biaya sewa x durasi x 8 x jumlah alat
= Rp325.000,00 x 15 x 8 x 3
= Rp117.000.000,00

Biaya bahan bakar *excavator* = biaya bahan bakar x waktu efektif x durasi x jumlah alat
= Rp165.000,00 x 7,97 x 15 x 3
= Rp59.177.250,00

Biaya pelumas *excavator* = biaya pelumas x waktu efektif x durasi x jumlah alat
= Rp50.000,00 x 7,97 x 15 x 3
= Rp17.932.500,00

Biaya mob & demob *excavator* = biaya mob & demob x jumlah alat
= Rp60.000.000,00 x 3
= Rp180.000.000,00

Upah operator *excavator* = upah x durasi x jumlah operator
= Rp280.000,00 x 15 x 3
= Rp12.600.000,00

Biaya operasional *excavator* = Rp117.000.000,00 + Rp59.177.250,00 + Rp17.932.500,00 + Rp180.000.000,00 + Rp12.600.000,00
= Rp386.709.750,00

Biaya sewa *bulldozer* = biaya sewa x durasi x 8 x jumlah alat
= Rp275.000,00 x 15 x 8 x 5
= Rp165.000.000,00

Biaya bahan bakar *bulldozer* = biaya bahan bakar x waktu efektif x durasi x jumlah alat
= Rp165.000,00 x 8 x 15 x 5
= Rp99.000.000,00

Biaya pelumas *bulldozer* = biaya pelumas x waktu efektif x durasi x jumlah alat
= Rp50.000,00 x 8 x 15 x 5

= Rp30.000.000,00

Biaya mob & demob *bulldozer* = biaya mob & demob x jumlah alat
= Rp22.320.000,00 x 5
= Rp111.600.000,00

Upah operator *bulldozer* = upah x durasi x jumlah operator
= Rp200.000,00 x 15 x 5
= Rp15.000.000,00

Biaya operasional *bulldozer* = Rp165.000.000,00 + Rp99.000.000,00 + Rp30.000.000,00 + Rp111.600.000,00 + Rp15.000.000,00
= Rp420.600.000,00

Biaya total operasional = Rp386.709.750,00 + Rp420.600.000,00
= Rp807.309.750,00

Biaya *idle time* = biaya sewa alat *idle* x *idle time* x durasi x jumlah alat
= Rp325.000,00 x 0,03 x 15 x 3
= Rp438.750,00

Biaya total operasional (efisien) = biaya total – biaya *idle time*
= Rp807.309.750,00 – Rp438.750,00
= Rp806.871.000,00

Persentase biaya *idle* = (biaya *idle* / biaya total) x 100%
= 0,05%

Persentase biaya efisien = (biaya efisien / biaya total) x 100%
= 99,95%

Hasil rekapitulasi perhitungan dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.93 Rekapitulasi Perhitungan *Idle Time* Kombinasi Alat Berat

Keterangan	Kombinasi	Produktivitas (m^3/jam)	Deviasi (m^3/jam)	*Idle Time* per siklus (menit)	Waktu efektif per hari (jam)	*Idle time* per hari (jam)
Existing	1 *excavator*	131,017	52,728	40,41	4,78	3,22
	1 *bulldozer*	78,289	-	-	8,00	-
Alternatif 1	1 *excavator*	131,017	-	-	8,00	-
	2 *bulldozer*	156,578	25,561	11,71	6,69	1,31
Alternatif 2	2 *excavator*	262,034	27,167	6,94	7,17	0,83
	3 *bulldozer*	234,867	-	-	8,00	-
Alternatif 3	2 *excavator*	262,034	-	-	8,00	-
	4 *bulldozer*	313,156	51,122	11,71	6,69	1,31
Alternatif 4	3 *excavator*	393,051	1,606	0,25	7,97	0,03
	5 *bulldozer*	391,445	-	-	8,00	-

(Sumber: Analisis dari peneliti)

Tabel 4.94 Rekapitulasi Perhitungan Biaya Operasional Kombinasi Alat Berat

Keterangan	Kombinasi	Biaya Sewa (Rp juta)	Biaya Bahan Bakar (Rp juta)	Biaya Pelumas (Rp juta)	Upah Operator (Rp juta)	Mob & Demob (Rp juta)	Biaya Operasional (Rp juta)	Total Biaya Operasional (Rp juta)
Existing	1 *excavator*	195,00	59,15250	17,9250	21,000	60,00	353,07750	684,39750
	1 *bulldozer*	165,00	99,00000	30,0000	15,000	22,32	331,32000	
Alternatif 1	1 *excavator*	117,00	59,40000	18,0000	12,600	60,00	267,00000	657,09150
	2 *bulldozer*	198,00	99,34650	30,1050	18,000	44,64	390,09150	
Alternatif 2	2 *excavator*	130,00	59,15250	17,9250	14,000	120,00	341,07750	717,03750
	3 *bulldozer*	165,00	99,00000	30,0000	15,000	66,96	375,96000	
Alternatif 3	2 *excavator*	119,60	60,72000	18,4000	12,880	120,00	331,60000	774,00820
	4 *bulldozer*	202,40	101,55420	30,7740	18,400	89,28	442,40820	
Alternatif 4	3 *excavator*	117,00	59,17725	17,9325	12,600	180,00	386,70975	807,30975
	5 *bulldozer*	165,00	99,00000	30,0000	15,000	111,60	420,60000	

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.95 Rekapitulasi Perhitungan Efisiensi Biaya Operasional Kombinasi Alat Berat

Keterangan	Kombinasi	Waktu efektif per hari (jam)	Idle time per hari (jam)	Produksi (m^3/hari)	Durasi (hari)	Biaya Operasional (Rp juta)	Biaya Idle (Rp juta)	Total Biaya OP (Rp juta)	Total Biaya OP (efisien) (Rp juta)	Persentase Biaya Idle (%)	Persentase Biaya OP Efisien (%)
Existing	1 *excavator* 1 *bulldozer*	4,78 8	3,22 -	626	75	353,08 331,32	78,48750	684,39750	605,91000	11,47	88,53
Alternatif 1	1 *excavator* 2 *bulldozer*	8 6,69	- 1,31	1048	45	267,00 390,09	32,42250	657,09150	624,66900	4,93	95,07
Alternatif 2	2 *excavator* 3 *bulldozer*	7,17 8	0,83 -	1879	25	341,08 375,96	13,48750	717,03750	703,55000	1,88	98,12
Alternatif 3	2 *excavator* 4 *bulldozer*	8 6,69	- 1,31	2095	23	331,60 442,41	33,14300	774,00820	740,86520	4,28	95,72
Alternatif 4	3 *excavator* 5 *bulldozer*	7,97 8	0,03 -	3132	15	386,71 420,60	0,43875	807,30975	806,87100	0,05	99,95

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

4.3 Perhitungan Biaya Tak Langsung

Perhitungan biaya tak langsung yang dianalisis dalam penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut.

4.3.1. Biaya Tak Langsung *Existing*

Durasi	= 75 hari (3 bulan)
Biaya manajer proyek	= Rp20.000.000,00 x 3
	= Rp60.000.000,00
Biaya staff administrasi	= Rp7.000.000,00 x 3
	= Rp21.000.000,00
Biaya pengawas lapangan	= Rp15.000.000,00 x 3
	= Rp45.000.000,00
Biaya utilitas (listrik & air)	= Rp3.000.000,00 x 3
	= Rp9.000.000,00
Biaya sosial	= Rp55.000.000,00
Biaya *entertain*	= Rp10.000.000,00 x 3
	= Rp30.000.000,00
Total biaya tak langsung	= Rp60.000.000,00 + Rp21.000.000,00 + Rp45.000.000,00 + Rp9.000.000,00 + Rp55.000.000,00 + Rp30.000.000,00
	= Rp220.000.000,00

4.3.2. Biaya Tak Langsung Alternatif 1

Durasi	= 45 hari (2 bulan)
Biaya manajer proyek	= Rp20.000.000,00 x 2
	= Rp40.000.000,00
Biaya staff administrasi	= Rp7.000.000,00 x 2
	= Rp14.000.000,00
Biaya pengawas lapangan	= Rp15.000.000,00 x 2
	= Rp30.000.000,00
Biaya utilitas (listrik & air)	= Rp3.000.000,00 x 2
	= Rp6.000.000,00
Biaya sosial	= Rp55.000.000,00
Biaya *entertain*	= Rp10.000.000,00 x 2

= Rp20.000.000,00

Total biaya tak langsung = Rp40.000.000,00 + Rp14.000.000,00 + Rp30.000.000,00 + Rp6.000.000,00 + Rp55.000.000,00 + Rp20.000.000,00

= Rp165.000.000,00

4.3.3. Biaya Tak Langsung Alternatif 2

Durasi = 25 hari (1 bulan)

Biaya manajer proyek = Rp20.000.000,00 x 1

= Rp20.000.000,00

Biaya staff administrasi = Rp7.000.000,00 x 1

= Rp7.000.000,00

Biaya pengawas lapangan = Rp15.000.000,00 x 1

= Rp15.000.000,00

Biaya utilitas (listrik & air) = Rp3.000.000,00 x 1

= Rp3.000.000,00

Biaya sosial = Rp55.000.000,00

Biaya *entertain* = Rp10.000.000,00 x 1

= Rp10.000.000,00

Total biaya tak langsung = Rp20.000.000,00 + Rp7.000.000,00 + Rp15.000.000,00 + Rp3.000.000,00 + Rp55.000.000,00 + Rp10.000.000,00

= Rp110.000.000,00

4.3.4. Biaya Tak Langsung Alternatif 3

Durasi = 25 hari (1 bulan)

Biaya manajer proyek = Rp20.000.000,00 x 1

= Rp20.000.000,00

Biaya staff administrasi = Rp7.000.000,00 x 1

= Rp7.000.000,00

Biaya pengawas lapangan = Rp15.000.000,00 x 1

= Rp15.000.000,00

Biaya utilitas (listrik & air) = Rp3.000.000,00 x 1

= Rp3.000.000,00

Biaya sosial = Rp55.000.000,00

Biaya *entertain* = Rp10.000.000,00 x 1

= Rp10.000.000,00

Total biaya tak langsung = Rp20.000.000,00 + Rp7.000.000,00 + Rp15.000.000,00 + Rp3.000.000,00 + Rp55.000.000,00 + Rp10.000.000,00

= Rp110.000.000,00

4.3.5. Biaya Tak Langsung Alternatif 4

Durasi = 25 hari (1 bulan)

Biaya manajer proyek = Rp20.000.000,00 x 1

= Rp20.000.000,00

Biaya staff administrasi = Rp7.000.000,00 x 1

= Rp7.000.000,00

Biaya pengawas lapangan = Rp15.000.000,00 x 1

= Rp15.000.000,00

Biaya utilitas (listrik & air) = Rp3.000.000,00 x 1

= Rp3.000.000,00

Biaya sosial = Rp55.000.000,00

Biaya *entertain* = Rp10.000.000,00 x 1

= Rp10.000.000,00

Total biaya tak langsung = Rp20.000.000,00 + Rp7.000.000,00 + Rp15.000.000,00 + Rp3.000.000,00 + Rp55.000.000,00 + Rp10.000.000,00

= Rp110.000.000,00

4.4. Pembahasan

Perbandingan pada alternatif-alternatif kombinasi alat berat berdasarkan volume yang sudah diperoleh untuk dianalisis alternatif yang lebih efektif dan efisien dari segi biaya operasional dan juga dari segi waktu pekerjaan. Kondisi asli (*existing*) akan dipakai sebagai pembanding terhadap alternatif kombinasi yang sudah didapat. Analisis perbandingan antara alternatif dengan kondisi asli (*existing*) dapat dilihat sebagai berikut.

4.4.1. Kondisi asli (*existing*)

Berdasarkan analisis data yang dilakukan diperoleh nilai *idle time*, durasi pekerjaan, biaya operasional dan efisiensi biaya pada kondisi *existing*.

Pada tabel 4.95 dapat diketahui bahwa pekerjaan galian dan timbunan di Proyek Pembangunan Perumahan *Staff* di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) Kab. Berau dapat terselesaikan 100% dalam kurun waktu 75 hari dan total biaya operasional sebesar Rp684.397.500,00 serta biaya tak lansung sebesar Rp220.000.000,00. Total biaya keseluruhan sebesar Rp904.397.500,00 serta *idle time excavator* 3,22 jam/hari dengan biaya idle Rp78.487.500,00. Efisiensi biaya operasional pada kondisi *existing* mencapai 88,53%. Perhitungan pada kondisi existing dapat dipakai sebagai pembanding guna mencari jenis kombinasi alat berat paling efektif serta efisien dalam mendukung pekerjaan galian dan timbunan.

UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
UNISSULA
جامعة سلطان أجونج الإسلامية

Tabel 4.96 *Time Schedule Existing*

Pekerjaan	Hari																
	1	2 - 6	7 - 11	12 - 16	17 - 21	22 - 26	27 - 31	32 - 36	37 - 41	42 - 46	47 - 51	52 - 56	57 - 61	62 - 66	67 - 71	72 - 76	77
Mobilisasi																	
Galian																	
Timbunan																	
Demobilisasi																	

(Sumber: Analisis dari peneliti)

4.4.2. Alternatif 1

Pada tabel 4.95 dapat diketahui bahwa kombinasi alternatif 1 pada pekerjaan galian dan timbunan di Proyek Pembangunan Perumahan *Staff* di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) Kab. Berau dapat terselesaikan 100% dalam kurun waktu 45 hari dan total biaya operasional sebesar Rp657.091.500,00 serta biaya tak langsung sebesar Rp165.000.000,00. Total biaya keseluruhan sebesar Rp822.091.500,00 serta *idle time bulldozer* 1,31 jam/hari dengan biaya *idle* Rp32.422.500,00. Efisiensi pada kombinasi alternatif 1 mencapai 95,07%. Perhitungan selisih serta perbandingan durasi pekerjaan, biaya operasional dan *idle time* dengan kondisi *existing* dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.97 *Time Schedule* Alternatif 1

Pekerjaan	Hari										
	1	2 - 6	7 - 11	12 - 16	17 - 21	22 - 26	27 - 31	32 - 36	37 - 41	42 - 46	47
Mobilisasi											
Galian											
Timbunan											
Demobilisasi											

(Sumber: Analisis dari peneliti)

Selisih durasi = 45 – 75

= (–30) hari

Selisih biaya = Rp822.091.500,00 – Rp904.397.500,00

= (–Rp82.306.000,00)

Selisih *idle time* = 1,31 – 3,22

= (–1,91) jam

Perbandingan durasi = $\frac{(-30)}{75}$ x 100%

= (–40%)

Perbandingan biaya = $\frac{(-\text{Rp}82.306.000,00)}{\text{Rp}904.397.500,00}$ x 100%

= (–9,10%)

Perbandingan *idle time* = $\frac{(-1,91)}{3,22}$ x 100%

= (–59,32%)

Keterangan:

(-) Menunjukkan pekerjaan lebih cepat, biaya lebih rendah, *idle time* lebih kecil

(+) Menunjukkan pekerjaan lebih lambat, biaya lebih mahal, *idle time* lebih besar

4.4.3. Alternatif 2

Pada tabel 4.95 dapat diketahui bahwa kombinasi alternatif 2 pada pekerjaan galian dan timbunan di Proyek Pembangunan Perumahan *Staff* di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) Kab. Berau dapat terselesaikan 100% dalam kurun waktu 25 hari dan total biaya operasional sebesar Rp717.037.500,00 serta biaya tak langsung sebesar Rp110.000.000,00. Total biaya keseluruhan sebesar Rp827.037.500,00 serta *idle time excavator* 0,83 jam/hari dengan biaya *idle* Rp13.487.500,00. Efisiensi pada kombinasi alternatif 2 mencapai 98,12%. Perhitungan selisih serta perbandingan durasi pekerjaan, biaya operasional dan *idle time* dengan kondisi *existing* dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.98 *Time Schedule* Alternatif 2

Pekerjaan	Hari																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Mobilisasi																											
Galian																											
Timbunan																											
Demobilisasi																											

(Sumber: Analisis dari peneliti)

Selisih durasi = 25 – 75

= (–50) hari

Selisih biaya = Rp827.037.500,00 – Rp904.397.500,00

= –Rp77.360.000,00

Selisih *idle time* = 0,83 – 3,22

= (–2,39) jam

Perbandingan durasi = $\frac{(-50)}{75}$ x 100%

= (–66,67%)

Perbandingan biaya = $\frac{-\text{Rp77.360.000,00}}{\text{Rp904.397.500,00}}$ x 100%

= -8,55%

Perbandingan *idle time* = $\frac{(-2,39)}{3,22}$ x 100%

= (–74,22%)

Keterangan:

(-) Menunjukkan pekerjaan lebih cepat, biaya lebih rendah, *idle time* lebih kecil

(+) Menunjukkan pekerjaan lebih lambat, biaya lebih mahal, *idle time* lebih besar

4.4.4. Alternatif 3

Pada tabel 4.95 dapat diketahui bahwa kombinasi alternatif 3 pada pekerjaan galian dan timbunan di Proyek Pembangunan Perumahan *Staff* di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) Kab. Berau dapat terselesaikan 100% dalam kurun waktu 23 hari dan total biaya operasional sebesar Rp774.008.200,00 dan biaya tak langsung sebesar Rp110.000.000,00. Total biaya keseluruhan sebesar Rp884.008.200,00 serta *idle time bulldozer* per hari 1,31 jam dengan biaya *idle* Rp33.143.000,00. Efisiensi pada kombinasi alternatif 3 mencapai 95,72%. Perhitungan selisih serta perbandingan durasi pekerjaan, biaya operasional dan *idle time* dengan kondisi *existing* dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.99 *Time Schedule* Alternatif 3

Pekerjaan	Hari																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Mobilisasi																									
Galian																									
Timbunan																									
Demobilisasi																									

(Sumber: Analisis dari peneliti)

Selisih durasi = 23 – 75

= (– 52) hari

Selisih biaya = Rp884.008.200,00 – Rp904.397.500,00

= –Rp20.389.300,00

Selisih *idle time* = 1,31 – 3,22

= (–1,91) jam

Perbandingan durasi = $\frac{(-52)}{75}$ x 100%

= (–40%)

Perbandingan biaya = $\frac{-\text{Rp20.389.300,00}}{\text{Rp904.397.500,00}}$ x 100%

= –2,25%

Perbandingan *idle time* = $\frac{(-1,91)}{3,22}$ x 100%

= (–59,32%)

Keterangan:

(-) Menunjukkan pekerjaan lebih cepat, biaya lebih rendah, *idle time* lebih kecil

(+) Menunjukkan pekerjaan lebih lambat, biaya lebih mahal, *idle time* lebih besar

4.4.5. Alternatif 4

Pada tabel 4.95 dapat diketahui bahwa kombinasi alternatif 4 pada pekerjaan galian dan timbunan di Proyek Pembangunan Perumahan *Staff* di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) Kab. Berau dapat terselesaikan 100% dalam kurun waktu 15 hari dan total biaya operasional sebesar Rp807.309.750,00 serta biaya tak langsung sebesar Rp110.000.000,00. Total biaya keseluruhan sebesar Rp917.309.750,00 serta *idle excavator* 0,03 jam/hari dengan biaya *idle* Rp438.750,00. Efisiensi pada kombinasi alternatif 4 mencapai 99,95%. Perhitungan selisih serta perbandingan durasi pekerjaan, biaya operasional dan *idle time* dengan kondisi *existing* dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 4.100 *Time Schedule* Alternatif 4

Pekerjaan	Hari																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Mobilisasi																	
Galian																	
Timbunan																	
Demobilisasi																	

(Sumber: Analisis dari peneliti)

Selisih durasi = 15 – 75

= (– 60) hari

Selisih biaya = Rp917.309.750,00 – Rp904.397.500,00

= +Rp12.912.250,00

Selisih *idle time* = 0,03 – 3,22

= (–3,19) jam

Perbandingan durasi = $\frac{(-60)}{75}$ x 100%

= (–80%)

Perbandingan biaya = $\frac{+\text{Rp12.912.250,00}}{\text{Rp904.397.500,00}}$ x 100%

= +1,4%

Perbandingan *idle time* = $\frac{(-3,19)}{3,22}$ x 100%

= (–99,07%)

Keterangan:

(-) Menunjukkan pekerjaan lebih cepat, biaya lebih rendah, *idle time* lebih kecil

(+) Menunjukkan pekerjaan lebih lambat, biaya lebih mahal, *idle time* lebih besar

Berdasarkan hasil perhitungan alternatif 1 sampai dengan alternatif 4 dapat dilihat pada hasil rekapitulasi perbandingan alat berat dari segi biaya dan waktu ialah sebagai berikut.

Tabel 4.101 Hasil Rekapitulasi Selisih dan Perbandingan Durasi Alternatif

Keterangan	Kombinasi	Durasi *Existing* (hari)	Durasi Rencana (hari)	Selisih Durasi (hari)	Perbandingan Durasi (%)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e) (d) - (c)	(f) ((e)/(c))*100
Existing	1 *excavator* 1 *bulldozer*	75	75	-	-
Alternatif 1	1 *excavator* 2 *bulldozer*		45	(–30)	(–40,00)
Alternatif 2	2 *excavator* 3 *bulldozer*		25	(–50)	(–66,67)
Alternatif 3	2 *excavator* 4 *bulldozer*		23	(–52)	(–69,33)
Alternatif 4	3 *excavator* 5 *bulldozer*		15	(–60)	(–80,00)

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.102 Hasil Rekapitulasi Selisih dan Perbandingan Biaya Alternatif

Keterangan	Kombinasi	Biaya *Existing* (Rp juta)	Biaya Rencana (Rp juta)	Selisih Biaya (Rp juta)	Perbandingan Biaya (%)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e) (d) - (c)	(f) ((e)/(c))*100
Existing	1 *excavator* 1 *bulldozer*	904,40	904,40	-	-
Alternatif 1	1 *excavator* 2 *bulldozer*		822,09	(–72,31)	(–8,82)
Alternatif 3	2 *excavator* 3 *bulldozer*		827,04	(–57,64)	(–7,00)

Alternatif 4	2 *excavator* 4 *bulldozer*		884,01	(–0,39)	(–0,05)
Alternatif 6	3 *excavator* 5 *bulldozer*		917,31	+32,91	+4,02

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.103 Hasil Rekapitulasi Selisih dan Perbandingan *Idle Time* Alternatif

Keterangan	Kombinasi	*Idle Time Existing* (jam)	*Idle Time* Rencana (jam)	Selisih *Idle Time* (jam)	Perbandingan *Idle Time* (%)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e) (d) - (c)	(f) ((e)/(c))*100
Existing	1 *excavator* 1 *bulldozer*	3,22	3,22	-	-
Alternatif 1	1 *excavator* 2 *bulldozer*		1,31	(–1,91)	(–59,32)
Alternatif 2	2 *excavator* 3 *bulldozer*		0,83	(–2,39)	(–74,22)
Alternatif 3	2 *excavator* 4 *bulldozer*		1,31	(–1,91)	(–59,32)
Alternatif 4	3 *excavator* 5 *bulldozer*		0,03	(–3,19)	(–99,07)

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Tabel 4.104 Hasil Rekapitulasi Selisih dan Perbandingan Biaya Idle Alternatif

Keterangan	Kombinasi	*Idle Time Existing* (Rp juta)	*Idle Time* Rencana (Rp juta)	Selisih *Idle Time* (Rp juta)	Perbandingan *Idle Time* (%)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e) (d) - (c)	(f) ((e)/(c))*100
Existing	1 *excavator* 1 *bulldozer*	78,48750	78,48750	-	-
Alternatif 1	1 *excavator* 2 *bulldozer*		32,42250	(–46,06500)	(–58,69)
Alternatif 2	2 *excavator* 3 *bulldozer*		13,48750	(–65,00000)	(–82,82)

Alternatif 3	2 *excavator* 4 *bulldozer*		33,14300	(–45,34450)	(–57,77)
Alternatif 4	3 *excavator* 5 *bulldozer*		0,43875	(–78,04875)	(–99,44)

(Sumber: Analisis dari Peneliti)

Berdasarkan rekapitulasi hasil dari perhitungan diatas pada tabel 4.95, tabel 9.96, tabel 9.97, tabel 9.98, dan tabel 9.99 dapat diketahui bahwa diantara keempat alternatif yang dianalisis, kombinasi yang paling efisien dan efektif ialah kombinasi alternatif 1. Kombinasi alternatif 1 melakukan pekerjaan galian dan timbunan dengan menggunakan 1 *unit excavator* Sany SY215C dengan kapasitas 0,8 m^3 dan 2 *unit bulldozer* Komatsu D31EX dengan kapasitas 1,3 m^3. Tugas dari *excavator* ialah menggali dan menimbun tanah untuk dibuat *layer-layer*, kemudian timbunan diratakan dan dipadatkan oleh *bulldozer*.

Pada alternatif 1 efisiensi biaya operasional mencapai 95,07%. Selisih durasi pekerjaan adalah 30 hari (40%) lebih cepat dengan selisih biaya Rp82.306.000,00 (9,10%) lebih rendah dan selisih *idle time* per harinya 3,19 jam (99,07%) lebih kecil dengan selisih biaya idle Rp78.048.750 (99,44%) lebih rendah dibandingkan dengan kondisi *existing*. Maka alternatif yang disarankan peneliti ialah alternatif 1 untuk mengerjakan pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) Kab. Berau.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari analisis yang dikerjakan dengan mengkomparasi antara kondisi asli (*existing*) terhadap alternatif-alternatif kombinasi yang dianalisis dapat disimpulkan bahwa alternatif 1 merupakan alternatif yang paling efektif dan efisien. Kombinasi alat berat yang disarankam untuk Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) Kab. Berau paling efisien dan efektif dalam aspek biaya dan waktu ialah menggunakan 1 *unit excavator* Sany SY215C, kapasitas 0,8 m3 dengan 2 *unit bulldozer* Komatsu D31EX, kapasitas 1,3 m3. Pekerjaan tersebut dapat diselesaikan penuh 100% dalam waktu 45 hari dengan total biaya operasional sebesar Rp657.091.500,00 dan biaya tak langsung sebesar Rp165.000.000,00 serta *idle time excavator* 1,31 jam/hari dengan biaya *idle* Rp32.422.500,00. Alternatif 1 ini mempercepat pekerjaan galian dan timbunan selama 30 hari (40%) dan mengurangi biaya sebesar Rp82.306.000,00 (9,10%) dengan kondisi asli.

5.2 Saran

Berikut adalah saran dari penulis untuk penelitian selanjutnya terkait dengan produktivitas alat berat pada Proyek Pembangunan Perumahan Staff di PT. Natura Pasific Nusantara (NPN) Kab. Berau ialah sebagai berikut.

1. Perlu adanya menggunakan perangkat lunak pemodelan dan simulasi untuk memprediksi hasil dari berbagai skenario penggunaan alat berat.
2. Menyelidiki penggunaan teknologi modern seperti GPS, *telematics*, atau drone dalam meningkatkan efisiensi pekerjaan galian dan timbunan.
3. Meneliti pengaruh pelatihan dan pengembangan keterampilan operator alat berat terhadap efisiensi dan produktivitas kerja.
4. Menggunakan metode inspeksi dan pengujian untuk mengevaluasi kualitas pekerjaan dan menentukan faktor-faktor yang mempengaruhinya.
5. Menggunakan metode analisis ekonomi seperti *Net Present Value* (NPV) atau *Return on Investment* (ROI) untuk menentukan kombinasi yang paling efisien.

DAFTAR PUSTAKA

Bungin, B. (2005). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Prenadamedia. Jakarta.

Chaplin, E. J., Samsunan, & Aulia, R. (2022). Analisis Biaya Operasional Alat Berat pada Pekerjaan Timbunan. *Jurnal Ilmiah Teknik UNIDA, 3*(1).

Cooper, R., & Regine, S. (2004). Interorganizational cost management and relational context. *Acounting, Organizations and Society, 29*(1).

Creswell, J. W. (2016). *Research Design: Pendekatan Metode Kualitatif, Kuantitatif dan Campuran*. Pustaka Pelajar. Yogyakarta.

Dell'Isola, A. J. (1997). *Value Engineering in the Construction Industry*. Construction Publishing Corp., Inc. New York.

Dipohusodo, I. (1996). *Manajemen Proyek dan Konstruksi Jilid 1*. Kanisius. Yogyakarta.

Ekky, S., Zaenal, & Sri, W. (2017). Kajian Biaya Kepemilikan (*Owning Cost*) dan Biaya Operasi (*Operating Cost*) pada Peralatan Penambangan Batuan Andesit di PT Panghegar Mitra Abadi Blok Gunung Gadung Kampung Cikuya Desa Lagadar Kecamatan Margaasih Kabupaten Bandung Provinsi Jawa Barat. *Prosiding Teknik Pertambangan, 3*(2).

Ervianto, W. I. (2002). *Manajemen Proyek Konstruksi*. Andi. Yogyakarta.

Fatena, R. S. (2008). *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Rineka Cipta. Jakarta.

Fitriyani, D. A. (2010). *Analisis Efisiensi Biaya Produksi pada PT Nyonya Meneer Semarang* (Skripsi Sarjana, Universitas Negeri Semarang).

Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Re-engineering the Corporation: A Manifesto fot Business Revolution*. Harper Collins. New York.

Kholil, A. (2012). *Alat Berat*. PT Remaja Rosdakarya. Bandung.

Komatsu. (2009). *Specification and Application Handbook Edisi 30*. Komatsu. Jepang.

Kusjadmikahadi, R. A. (1999). *Studi Keterlambatan Kontraktor dalam Melaksanakan Proyek Konstruksi di Daerah Istimewa Yogyakarta*. Universitas Gajah mada. Yogyakarta.

Kusumo, A. T. H., Maulana, R., & Sari, S. N. (2022). Analisis Pemilihan Alat Berat dalam Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Bendungan Bener. *Jurnal EQUILIB, 3*(1).

Lydianingtias, D., & Suhariyanto. (2018). *Alat Berat*. Polinema Press. Malang.

Muharam, R. S. (2005). *Administrasi Negara*. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta

Peurifoy, Robert. L., Cliff, S., & William, B. L. (2002). *Construction Planning, Equipment and Methods*. McGraw-Hill Higher Education. USA.

Prisdawani, T., Marwan, L., & Darlina, T. (2022). Analisis Estimasi Biaya pada Pelaksanaan Pembangunan Bendungan Lau Simene Paket II dengan Menggunakan Alat-Alat Berat di Kab Deli Serdang Sumatera Utara. *Jurnal Buletin Utama Teknik, 17*(3).

Purwanto, S., Ali, M., & Didik, A. (2021). Analisis Kebutuhan Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan Pembentukan Lahan Proyek Cluster Duo Perumahan Talaga Bestari untuk Tercapainya Efisiensi Biaya Proyek. *Jurnal Structure Teknik Sipil, 3*(2).

Rochmanhadi. (1992). *Alat Berat dan Penggunaannya*. Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum. Jakarta.

Rostiyanti, S. F. (2008). *Alat Berat untuk Proyek Konstruksi Edisi 2*. PT Rineka Cipta. Jakarta.

Sany. (2019). *Shop Manual Crawler Hydraulic Excavator SANY SY215C*. Lingang Industrial Park. Shanghai.

Sekaran, U., & Bougie, R. (2016). *Research Methods for Business: A Skill Building Approach*. Wiley. New Jersey.

Soeharto, I. (1999). *Manajemen Proyek Jilid 1*. Erlangga. Jakarta.

Sugiyanto. (1986). *Manajemen Alat-Alat Berat*. PT United Tractors Tbk. Jakarta.

Sugiyono. (2017). *Metode Penelitian Pendekatan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta. Bandung

Tenrisukki, T. A. (2003). *Pemindahan Tanah Mekanis*. Gunadarma. Jakarta.

Tuelah, J. D. P., Tjakra, J., & Walangitan, D. R. O. (2014). Peranan Konsultan Manajemen Konstruksi pada Tahap Pelaksanaan Proyek Pembangunan (Studi Kasus: The Lagoon Taman Sari). *Jurnal Tekno Sipil, 12*(61).

Wilopo. (2009). *Metode Konstruksi dan Alat-Alat Berat*. UI-Press. Jakarta