TUGAS AKHIR

ANALISIS PEMILIHAN KOMBINASI ALAT BERAT PADA PEKERJAAN TIMBUNAN PROYEK PENATAAN LANDFILL ZONA B TPA REGIONAL PIYUNGAN

(ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT COMBINATION ON HEAP WORK OF ZONE B LANDFILL ARRANGEMENT OF TPA REGIONAL PIYUNGAN PROJECT)

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

DEWI AYU HARJANI

19511058

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL PROGRAM SARJANA

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA

2023

TUGAS AKHIR

ANALISIS PEMILIHAN KOMBINASI ALAT BERAT PADA PEKERJAAN TIMBUNAN PROYEK PENATAAN LANDFILL ZONA B TPA REGIONAL PIYUNGAN

(ANALYSIS OF HEAVY EQUIPMENT COMBINATION ON HEAP WORK OF ZONE B LANDFILL ARRANGEMENT OF TPA REGIONAL PIYUNGAN PROJECT)

Disusun oleh

Dewi Ayu Harjani
19511058

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

Diuji pada tanggal 15 Maret 2023

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing	Penguji I	Penguji II
Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IP-M.	Ir. Vendie Abma, S.T., M.T.	Ir. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T.
NIK: 005110101	NIK: 155111310	NIK: 195110502

Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Ir. Yunalia Muntafi, ST., MT., Ph.D. (Eng)
NIK: 095110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya siap untuk bertanggung jawab.

Yogyakarta, 15 Maret 2023

Yang membuat pernyataan,



Dewi Ayu Harjani

(19511058)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa karena penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Pemilihan Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan Proyek Penataan Landfill Zona B TPA Regional Piyungan*. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik dalam menyelesaikan studi tingkat strata satu di Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada:

1. Ibu Ir. Yunalia Muntafi, ST., MT., Ph.D. (Eng) selaku Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia,
2. Ibu Ir. Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.D., IP-M. selaku Dosen Pembimbing, yang senantiasa sabar membimbing penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
3. Bapak Ir. Vendie Abma, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji 1, yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini,
4. Bapak Ir. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji 2, yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini,
5. Bapak Sonny Aryadi selaku Pimpinan Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan dari PT. Rosa-Seto KSO, yang telah memberikan ijin untuk pengambilan data di lapangan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini, dan
6. Bapak Chandra selaku Pembimbing di lapangan, yang mendampingi pengambilan data di lapangan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Akhir kata Penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak yang membacanya.

Yogyakarta, 15 Maret 2023

Penulis,



Dewi Ayu Harjani

(19511058)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, Tugas Akhir ini dapat selesai. Puji syukur kepada Allah atas karunia dan hidayahnya yang telah memberikan kekuatan dan kemudahan sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Tidak lupa, shalawat dan salam semoga selalu terlimpahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW.

Laporan Tugas Akhir ini, dipersembahan kepada:

1. Bapak (Sunarno) dan Ibu (Sri Haryanti) yang selama ini telah mendampingiku dengan sabar, memberikan dukungan baik moril maupun material serta selalu memberikan doa untuk keberhasilanku sehingga Tugas Akhir ini dapat selesai. Terima kasih kepada Bapak dan Ibu yang sudah memberikan kasih sayang begitu besar dan belum bisa terbalaskan. Semoga Tugas Akhir ini menjadi salah satu langkah untuk membahagiakan kalian dan semoga kebaikan kalian dibalas berlipat ganda oleh Allah SWT.
2. Mbah Kakung, Mami, Mbak Fitri, Mbak Epi, Mas Wawan dan semua anggota keluarga lainnya yang selalu mendukung, mendoakan, dan memberikan motivasi. Terima kasih senantiasa sabar untuk kurepotkan. Semoga doa-doa itu dapat menjadikan aku orang yang lebih baik kedepannya.
3. Ibu Fitri Nugraheni, sebagai dosen pembimbing yang sangat baik, sangat sabar membimbingku, dan sudah mau direpotkan bahkan ketika waktu libur semester. Terima kasih ibu, sudah memberikan kemudahan dan memberikan banyak pelajaran. Semoga ilmu yang sudah ibu berikan dapat memberikan manfaat dan menjadikanku lebih baik kedepannya.
4. Muhammad Rizki, yang telah mendampingiku selama kuliah, memberikan semangat dan dukungan, mendengarkan keluh kesahku, sabar menghadapiku serta membantuku untuk mengambil data di lapangan meskipun panas-panas. Doa terbaik untukmu juga. Semoga kita bisa sukses kedepannya.
5. Sahabat-sahabat tersayangku, Wulan dan Annas yang senantiasa mendukung dan mendoakanku. Terima kasih sudah menjadi sahabatku yang baik. Semoga kita dapat berjuang bersama meraih cita cita.

6. Defira Amaralda Rizky Nurlitasari, Safira Intan Rahmadina dan teman-teman Kelas B yang kusayangi, sahabat Teknik Sipil yang menemaniku selama perkuliahan ini baik waktu senang maupun susah serta mendukungku dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Kalian adalah teman yang baik yang sudah mau berbagi cerita bersamaku. Semoga kalian dapat segera menyelesaikan Tugas Akhir dan diberikan kemudahan.
7. Teman-teman Teknik Sipil angkatan 2019 yang tidak bisa disebutkan satu per satu karena telah memberikan kebersamaan selama berkuliah di Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, 6 Maret 2023

Penulis,



Dewi Ayu Harjani

(19511058)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN PENGESAHAN ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI iii
KATA PENGANTAR iv
HALAMAN PERSEMBAHAN vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR GAMBAR xv
DAFTAR LAMPIRAN xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xix
ABSTRAK xx
ABSTRACT xxi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 4
1.4 Manfaat Penelitian 4
1.5 Batasan Penelitian 5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 6
2.1 Tinjauan Pustaka 6
2.2 Penelitian Terdahulu 6
2.2.1 Analisis Produktivitas *Excavator* dan *Dump Truck* Proyek Peningkatan Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri), Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta 6
2.2.2 Analisis Produktivitas *Excavator* Pada Proyek Pembangunan Embung Universitas Islam Indonesia (UII) 7
2.2.3 Kajian Perbandingan Biaya dan Waktu Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Pembangunan

Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri Politeknik Negeri Subang. 8
2.2.4 Analisis Pemilihan Alat Berat Dalam Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Bendungan Bener 9
2.2.5 Penerapan Konsep *Building Information Modelling* (BIM) dalam Mendukung Pengestimasian Biaya Pekerjaan Struktur 10
2.2.6 *Building Information Modelling* (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi di Indonesia, Peluang dan Tantangan (Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya) 10
2.3 Perbedaan Penelitian 11
BAB III LANDASAN TEORI 18
3.1 Tinjauan Umum 18
3.2 Proyek Konstruksi 18
3.3 Tahapan Proyek Konstruksi 19
3.4 Material Timbunan Tanah 20
3.4.1 Pengembangan material 20
3.4.2 Berat material 24
3.4.3 Bentuk material 24
3.4.4 Daya ikat / kohesivitas material 25
3.4.5 Kekerasan material 25
3.5 Material Timbunan Sampah 26
3.6 Pengertian Alat Berat 28
3.7 Faktor Pemilihan Alat Berat 28
3.8 Fungsi Alat Berat 31
3.8.1 Excavator 31
3.8.2 *Bulldozer* 37
3.9 Produktivitas Alat Berat 43
3.10 Pemilihan Peralatan Pekerjaan Timbunan 47
3.10.1 Produktivitas *Excavator* 47
3.10.2 Produktivitas *Bulldozer* 51
3.11 Biaya Penggunaan Alat Berat 53

3.12 Rencana Manuver Alat Berat 55
3.13 Analisis Perhitungan Volume 57
BAB IV METODE PENELITIAN 58
4.1 Tinjauan Umum 58
4.2 Subjek dan Objek Penelitian 58
4.2.1 Subjek Penelitian 58
4.2.2 Objek Penelitian 59
4.3 Metode Penelitian 59
4.4 Item Pekerjaan Proyek 59
4.5 Data dan Metode Pengumpulan Data 60
4.5.1 Data Penelitian 60
4.5.2 Metode Pengumpulan Data 61
4.6 Metode Pengolahan Data 64
4.7 Bagan Alir Tugas Akhir 65
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN 69
5.1 Tinjauan Umum 69
5.2 Analisis Data 69
5.2.1 Jenis Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan 69
5.2.2 Perhitungan Volume Timbunan 71
5.2.3 Jenis Material Timbunan 84
5.2.4 Faktor Efisiensi Alat (E) 85
5.2.5 Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* 93
5.2.6 Perhitungan Produktivitas Alat Berat 105
5.2.7 Perhitungan Biaya Penggunaan Alat Berat 134
5.2.8 Perhitungan Alternatif Kombinasi Alat Berat 136
5.2.9 Rencana Alternatif Kombinasi Alat Berat dengan BIM 156
5.3 Pembahasan 157
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 163
6.1 Kesimpulan 163
6.2 Saran 163
DAFTAR PUSTAKA 164

LAMPIRAN 168

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu 12
Tabel 3.1 *Swelling Factor* 22
Tabel 3.2 Faktor Konversi Volume Tanah/Material 22
Tabel 3.3 Daya Dukung Tanah untuk Alat Berat 26
Tabel 3.4 Perbandingan Timbunan Sampah Hasil Sampling dengan SNI 19-3983-1995 27
Tabel 3.5 Efisiensi Kerja 46
Tabel 3.6 Faktor *Bucket Excavator* 49
Tabel 3.7 Waktu Gali *Excavator* 50
Tabel 3.8 Waktu Putar *Excavator* 50
Tabe 3.9 Faktor Koreksi (S) untuk Kedalaman dan Sudut Putar 50
Tabel 3.10 Faktor Koreksi (BFF) untuk Alat Gali 51
Tabel 3.11 Faktor Sudu *Bulldozer* 52
Tabel 3.12 Waktu Ganti Persneling 53
Tabel 4.1 Item Pekerjaan Proyek Penataan Landfill Zona B TPA Regional 60
Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Volume Timbunan Tanah dan Sampah 84
Tabel 5.2 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Senin 87
Tabel 5.3 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Rabu 88
Tabel 5.4 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Jum’at 90
Tabel 5.5 Rekapitulasi Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat 91
Tabel 5.6 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Pada Hari Senin 95
Tabel 5.7 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Pada Hari Rabu 97
Tabel 5.8 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Pada Hari Jum’at 100
Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Pengamatan 103
Tabel 5.10 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Senin 106

Tabel 5.11 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Rabu 107
Tabel 5.12 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Jum'at 108
Tabel 5.13 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Kobelco SK200-8 Material Sampah 109
Tabel 5.14 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Kobelco SK200-8 Material Tanah 110
Tabel 5.15 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-8 Hari Senin 112
Tabel 5.16 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-8 Hari Rabu 113
Tabel 5.17 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-8 Hari Jum'at 113
Tabel 5.18 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Komatsu PC200-8 Material Sampah 115
Tabel 5.19 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Komatsu PC200-8 Material Tanah 116
Tabel 5.20 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-6 Hari Senin 117
Tabel 5.21 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-6 Hari Rabu 118
Tabel 5.22 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-6 Hari Jum'at 119
Tabel 5.23 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Komatsu PC200-6 Material Sampah 120
Tabel 5.24 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Komatsu PC200-6 Material Tanah 121
Tabel 5.25 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* D85-10 Hari Senin 123
Tabel 5.26 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* D85-10 Hari Rabu 124
Tabel 5.27 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* D85-10 Hari Jum'at 125

Tabel 5.28 Rekapitulasi Produktivitas *Bulldozer* Komatsu D85-10 Material Sampah 126
Tabel 5.29 Rekapitulasi Produktivitas *Bulldozer* Komatsu D85-10 Material Tanah 127
Tabel 5.30 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* D31-6 Hari Senin 130
Tabel 5.31 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* D31-6 Hari Rabu 131
Tabel 5.32 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* D31-6 Hari Jum'at 132
Tabel 5.33 Rekapitulasi Produktivitas *Bulldozer* Komatsu D31-6 Material Tanah 133
Tabel 5.34 Rekapitulasi Produktivitas Alat Berat 134
Tabel 5.35 Perbandingan Perhitungan Volume Total Timbunan Sampah dan Tanah 157
Tabel 5.36 Biaya dan Waktu Alat Berat Kondisi Asli (*Existing*) 158
Tabel 5.37 Biaya dan Waktu Alat Berat Alternatif 1 158
Tabel 5.38 Biaya dan Waktu Alat Berat Alternatif 2 159
Tabel 5.39 Biaya dan Waktu Alat Berat Alternatif 3 160
Tabel 5.40 Hasil Rekapitulasi Selisih dan Perbandingan Alternatif 161

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Pembagian Zona TPA Piyungan 2
Gambar 3.1 Keadaan Material dalam *Earth Moving* 21
Gambar 3.2 *Excavator Power Shovel* 32
Gambar 3.3 *Dragline* 32
Gambar 3.4 *Excavator Clamshell* 33
Gambar 3.5 *Excavator* Roda Karet dan Roda Rantai 34
Gambar 3.6 Struktur *Excavator* Komatsu PC 200 34
Gambar 3.7 Perlengkapan *Excavator* 37
Gambar 3.8 Tipe *Blade Bulldozer* 39
Gambar 3.9 Struktur *Bulldozer* Komatsu D85 40
Gambar 3.10 Pergerakan *Excavator* 55
Gambar 3.11 Pergerakan *Bulldozer* 57
Gambar 4.3 *Flowchart* Penelitian 68
Gambar 5.1 Peta Elevasi Tanah Asli Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan 71
Gambar 5.2 Memasukkan File *Autocad* ke *Revit* 73
Gambar 5.3 Memindahkan Posisi Gambar di *Revit* 73
Gambar 5.4 Membuat Elevasi Rencana 74
Gambar 5.5 Membuat Titik-Titik Elevasi Rencana 74
Gambar 5.6 Mengubah Kondisi Elevasi Pada Kondisi *Existing* 75
Gambar 5.7 Mengubah Kondisi Elevasi Pada Kondisi *New Construction* 75
Gambar 5.8 Membuat Titik-Titik Elevasi Pada Kondisi *New Construction* 76
Gambar 5.9 Melihat Gambar 3D dan Menghitung Volumenya 76
Gambar 5.10 Memasukkan Jenis Gambar untuk Melihat Volumenya 77
Gambar 5.11 Memasukkan Data yang Dibutuhkan untuk Menghitung Volume 77
Gambar 5.12 Perhitungan Volume Total Menggunakan *Software Revit* 78
Gambar 5.13 Detail Timbunan Sampah dan Tanah 79
Gambar 5.14 Material Timbunan Tanah 85

Gambar 5.15 Material Timbunan Sampah 85
Gambar 5.16 *Excavator* Berhenti Bekerja Karena Menunggu Material 86
Gambar 5.17 *Excavator* Berhenti Bekerja Karena Adanya Pengarahan 86
Gambar 5.18 *Bulldozer* Berhenti Bekerja Karena Operator Beristirahat 86
Gambar 5.19 *Bucket Excavator* Terisi 100% oleh Material Sampah 93
Gambar 5.20 *Bucket Excavator* Terisi 90% oleh Material Tanah 93
Gambar 5.21 *Blade Bulldozer* Terisi 20% oleh Material Tanah 94
Gambar 5.22 *Blade Bulldozer* Terisi 100% oleh Material Tanah 94
Gambar 5.23 *Excavator* Kobelco SK200-8 105
Gambar 5.24 *Excavator* Komatsu PC200-8 110
Gambar 5.25 *Excavator* Komatsu PC200-6 116
Gambar 5.26 *Bulldozer* D85-10 121
Gambar 5.27 *Bulldozer* D31-6 127
Gambar 5.28 Skema Alat Berat Pada Kondisi Asli 140
Gambar 5.29 Skema Alat Berat Pada Alternatif 1 143
Gambar 5.30 *Cycle Time Excavator* dan *Bulldozer* Alternatif 1 145
Gambar 5.31 Skema Alat Berat Pada Alternatif 2 148
Gambar 5.32 *Cycle Time Excavator* dan *Bulldozer* Alternatif 2 150
Gambar 5.33 Skema Alat Berat Pada Alternatif 3 154
Gambar 5.34 *Cycle Time Excavator* dan *Bulldozer* Alternatif 3 156

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Senin 169
Lampiran 2. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Excavator Komatsu PC200-8 Hari Senin 170
Lampiran 3. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-6 Hari Senin 171
Lampiran 4. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D85-10 Hari Senin 172
Lampiran 5. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D31-6 Hari Senin 173
Lampiran 6. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Rabu 174
Lampiran 7. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-8 Hari Rabu 175
Lampiran 8. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-6 Hari Rabu 176
Lampiran 9. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D85-10 Hari Rabu 177
Lampiran 10. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D31-6 Hari Rabu 178
Lampiran 11. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Jum'at 179
Lampiran 12. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-8 Hari Jum'at 180
Lampiran 13. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-6 Hari Jum'at 181
Lampiran 14. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D85-10 Hari Jum'at 182

Lampiran 15. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D31-6 Hari Jum'at 183
Lampiran 16. Hasil Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Senin 184
Lampiran 17. Hasil Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Rabu 185
Lampiran 18. Hasil Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Jum'at 186
Lampiran 19. Hasil Pengamatan Waktu Berhenti Alat Berat dalam 1 Jam Hari Senin 187
Lampiran 20. Hasil Pengamatan Waktu Berhenti Alat Berat dalam 1 Jam Hari Rabu 188
Lampiran 21. Hasil Pengamatan Waktu Berhenti Alat Berat dalam 1 Jam Hari Jum'at 189
Lampiran 22. Spesifikasi *Excavator* Kobelco SK200-8 190
Lampiran 23. Spesifikasi *Excavator* Komatsu PC200-8 192
Lampiran 24. Spesifikasi *Excavator* Komatsu PC200-6 194
Lampiran 25. Spesifikasi *Bulldozer* D85-10 196
Lampiran 26. Spesifikasi *Bulldozer* D31-6 198
Lampiran 27. *Bill Of Quantity* Kontrak TPA Regional Piyungan Zona B 200
Lampiran 28. *Layou*t Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan 201
Lampiran 29. Detail Timbunan Sampah dan Tanah Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan 202
Lampiran 30. Detail Bronjong Elevasi +116 Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan 203
Lampiran 31. Detail Bronjong B Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan 204

DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

Sw = *Swell* (% pengembangan)

Sh = *Shrinkage* (% penyusutan)

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

V = Produksi per siklus (m^3)

N = Jumlah siklus per jam, N = 60/Ts

E = Efisiensi kerja

Ts = Waktu siklus dalam menit

n = Jumlah alat

V = Volume pekerjaan (m^3)

CT = *Cycle Time* (waktu siklus)

S = Faktor koreksi untuk kedalaman dan sudut putar

BFF = Faktor koreksi untuk alat gali

q’ = Kapasitas munjung (penuh) tercantum dalam spesifikasi alat

K = Faktor *bucket* yang besarnya tergantung tipe dan keadaan tanah

L = lebar *blade* (m)

H = Tinggi *blade* (m)

a = Faktor *blade*

D = Jarak angkut/gusur (m)

F = Kecepatan maju (m/detik)

R = Kecepatan mundur (m/detik)

Z = Waktu ganti persneling (detik)

A = Luas hasil potongan (m^2)

H = Elevasi / Interval antar kontur (m)

ABSTRAK

Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan merupakan proyek yang bertujuan untuk menutup TPA di zona tersebut untuk dijadikan ruang terbuka hijau. Pada proyek ini digunakan berbagai macam alat berat seperti *excavator* dan *bulldozer* untuk pekerjaan timbunan dengan volume padat material tanah sebesar 28.054,513 m^3 serta material sampah sebesar 135.435,647 m^3. Pentingnya alat berat dalam mendukung pekerjaan ini menimbulkan permasalahan mengenai penentuan penggunaan alat menurut kondisi yang ada, sehingga diperlukan analisis efektifitas alat berat serta kombinasinya. Diharapkan adanya alternatif kombinasi alat berat ini dapat memberikan jumlah alat berat yang dibutuhkan, biaya dan waktu yang dibutuhkan serta mendapatkan alternatif kombinasi alat berat yang lebih efektif dan efisien dibandingkan kondisi di lapangan.

Pada penelitian ini dilakukan pengamatan terhadap jam kerja setiap alat serta dokumentasi terhadap denah lokasi, durasi pekerjaan, spesifikasi alat berat dan data-data pekerjaan yang digunakan. Setelah itu, dilakukan analisis untuk menghitung volume timbunan, produktivitas alat, biaya sewa, jumlah alat yang diperlukan serta total waktu yang dibutuhkan untuk kombinasi yang telah diperoleh. Kombinasi ini dihitung melalui penggunaan tiga alternatif yang akan dihitung selisih biaya dan waktu yang paling efektif dan efisien dibandingkan kondisi di lapangan

Hasil perhitungan kombinasi alat berat pada kondisi di lapangan membutuhkan waktu selama 821 jam dan biaya sebesar Rp1.208.471.400,00. Sementara itu, alternatif kombinasi pertama membutuhkan waktu selama 657 jam dan biaya sebesar Rp1.186.218.000,00. Alternatif kedua membutuhkan waktu selama 493 jam dan biaya sebesar Rp1.186.628.800,00. Alternatif ketiga membutuhkan waktu selama 657 jam dan biaya sebesar Rp1.191.653.600,00. Oleh karena itu, alternatif yang direkomendasikan untuk pekerjaan timbunan Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan adalah alternatif kedua yang membutuhkan 4 unit *excavator* Komatsu PC200-8 dan 2 unit *bulldozer* Komatsu D85-10.

Kata kunci: kombinasi alat berat, *excavator*, *bulldozer*, efektifitas

ABSTRACT

Zona B Landfill Arrangement of TPA Regional Piyungan Project is a project that aims to close TPA in the zone to become a green open space. In this project, various types of heavy equipment such as excavators and bulldozers were used for heap work with a solid volume of soil material of 28.054,513 m^3 *and waste material of 135.435,647* m^3*. The importance of heavy equipment in supporting this work raises problems regarding determining the use of tools according to existing conditions, so an analysis of the effectiveness of heavy equipment and its combination is needed. It is hoped that this alternative combination of heavy equipment can provide the number of heavy equipment needed, and the cost and time required and obtain alternative combinations of heavy equipment that are more effective and efficient than conditions in the field.*

In this study, observations were made of the working hours of each tool as well as documentation of the location plan, duration of work, specifications of heavy equipment, and work data used. After that, an analysis is carried out to calculate the stockpile volume, equipment productivity, rental costs, the number of tools needed, and the total time needed for the combination that has been obtained. This combination is calculated through the use of three alternatives which will calculate the difference in cost and time that is most effective and efficient compared to conditions in the field.

The results of calculating the combination of heavy equipment in field conditions takes 821 hours and costs IDR 1.208.471.400,00. Meanwhile, the first combination alternative takes 657 hours and costs IDR 1,186,218,000.00. The second alternative takes 493 hours and costs IDR 1.186.628.800,00. The third alternative takes 657 hours and costs IDR 1.191.653.600,00. Therefore, the recommended alternative for the Zona B Landfill Arrangement of TPA Regional Piyungan Project is the second alternative which requires 4 units of Komatsu PC200-8 excavators and 2 units of Komatsu D85-10 bulldozers.

Keyword: *heavy equipment combination, excavator, bulldozer, effectiveness*

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan sektor konstruksi di Indonesia saat ini berkembang pesat dan semakin beragam bentuknya. Hal ini sesuai dengan data yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik (2022), bahwa pola aktivitas konstruksi selama 2021 hingga triwulan I tahun 2022 menunjukkan adanya perubahan pada jumlah pekerja, balas jasa dan upah pekerja, serta nilai konstruksi yang diselesaikan. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik tersebut, indeks nilai konstruksi yang diselesaikan pada triwulan I tahun 2022 tumbuh sebesar 8,51% dibandingkan triwulan I pada tahun 2021. Oleh karena itu, pengelolaan proyek konstruksi yang efektif dan efisien perlu dilakukan sehingga hasil optimum dapat dicapai.

Perkembangan sektor konstruksi ini, memunculkan berbagai jenis peralatan modern yang dapat mempermudah dan mempercepat pekerjaan konstruksi. Menurut Kholil (2012) pada suatu pekerjaan pembangunan, alat berat memiliki peran penting terutama untuk konstruksi dalam skala besar. Selain itu, Kholil (2012) juga menjelaskan bahwa tujuan penggunaan alat berat ini adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dan waktu yang relatif lebih singkat.

Produktivitas alat berat menjadi faktor penting yang berpengaruh terhadap waktu pengerjaan, jumlah alat yang dibutuhkan, serta harga sewa alat berat. Faktor yang mempengaruhi produktivitas alat berat adalah efektifitas alat. Efektifitas tersebut tergantung pada kehandalan operator alat berat, pemilihan dan pemeliharaan alat, pengaturan tata letak, topografi dan volume pekerjaan, serta kondisi cuaca (Nugraha, dkk., 2018). Pemilihan kombinasi alat berat yang tepat merupakan langkah awal agar alat-alat tersebut dapat bekerja optimal, memiliki mutu bagus, hasil yang baik, dan keselamatan kerja.

TPA Regional Piyungan merupakan tempat pemrosesan akhir sampah di Kota Yogyakarta, Kabupaten Bantul dan Kabupaten Sleman. Lokasinya terletak di

Dusun Ngablak dan Watugender, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul. TPA Piyungan dibangun pada tahun 1994-1996 dan mulai beroperasi sejak tahun 1996. TPA Piyungan masih aktif difungsikan sebagai penanganan masalah sampah bagi masyarakat Yogyakarta hingga saat ini (Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY, 2019). TPA Piyungan dibagi menjadi 2 (dua) zona yaitu Zona A dan Zona B. Detail pembagian zona tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1.1 Pembagian Zona TPA Piyungan

(Sumber: *Google Earth*, 2022)

Pertumbuhan jumlah penduduk dan perkembangan industri di Yogyakarta meningkatkan jumlah volume sampah yang perlu dikelola sedangkan lahan yang tersedia terbatas. Menurut Menteri PUPR Basuki Hadimuljono, penanganan sampah dilakukan melalui dua aspek yaitu struktural dengan membangun infrastruktur dan non struktural seperti mendorong perilaku hidup sehat. Adanya pengelolaan sampah di TPA Piyungan berguna untuk memperluas fungsinya sebagai fasilitas pengelolaan sampah sesuai regulasi yang berlaku. Sementara itu, umur TPA Piyungan sudah melebihi umur desainnya, sehingga tidak memadai untuk mengelola timbunan sampah. Oleh karena itu, Pemerintah Yogyakarta

mengadakan Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan. (Kementerian PUPR, 2022).

Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan ini bertujuan untuk menutup TPA di zona tersebut dan membuat ruang terbuka hijau. Proyek ini mencakup pekerjaan perkuatan lereng timbunan sampah menggunakan geotekstil, pengurugan sampah menggunakan tanah, pemadatan urugan tanah, pembuatan bronjong, pembuatan jalan operasional, dan pembuatan drainase. Proyek ini bertujuan untuk menghindari adanya kelongsoran akibat timbunan sampah tersebut dan menutup timbunan sampah yang terbuka sehingga tidak mencemari lingkungan serta tidak menimbulkan masalah sosial.

Langkah pelaksanan proyek ini dimulai dari penataan lereng sampah dan pemasangan geotekstil sehingga stabilitas lereng dapat terpenuhi dan mencegah terjadinya kelongsoran. Kemudian, melakukan penimbunan sampah menggunakan tanah merah, *limestone,* dan tanah berpasir yang selanjutnya dilakukan pemadatan. Pada tepi lereng dibuat bronjong batu sebagai perkuatan dan pembuatan drainase untuk mengalirkan air sampah tersebut. Langkah terakhir adalah melakukan pembuatan jalan operasional.

Pada Tugas Akhir ini dilakukan penelitian analisis alat berat pada Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Pada proyek ini digunakan berbagai macam alat berat seperti *excavator, bulldozer, dump truck* dan *vibro.* Alat berat ini akan digunakan untuk menangani material berupa sampah dan tanah untuk revitalisasi TPA Piyungan sehingga diperlukan analisis efektifitas alat berat serta kombinasinya. Pekerjaan yang akan ditinjau adalah pekerjaan timbunan dengan menggunakan kombinasi alat berat seperti *excavator* dan *bulldozer.* Data dan analisis digunakan untuk mendapatkan beberapa alternatif produktivitas alat berat yang dapat digunakan pada proyek TPA Regional Piyungan.

1.2 Rumusan Masalah

Penggunaan kombinasi alat berat yang tepat perlu dilakukan untuk meningkatkan kualitas suatu proyek. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui

alternatif kombinasi alat berat yang paling efektif dan efisien untuk proyek penataan *landfill* zona B TPA Regional Piyungan. Berdasarkan penjelasan dan latar belakang yang telah dipaparkan, dapat diambil rumusan masalah sebagai berikut.

1. Berapakah jumlah kombinasi alat berat yang dibutuhkan pada pekerjaan timbunan Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan?
2. Berapakah biaya yang dibutuhkan untuk kombinasi alat berat tersebut?
3. Berapakah waktu yang dibutuhkan jika menggunakan kombinasi alat berat tersebut?
4. Seberapa efektif dan efisien alternatif kombinasi alat berat tersebut dibandingkan dengan kondisi *existing*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan berbagai masalah yang dihadapi, penulis melakukan penelitian ini dengan tujuan sebagai berikut.

1. Mendapatkan kombinasi jumlah alat berat yang dibutuhkan.
2. Mendapatkan biaya yang dibutuhkan jika menggunakan kombinasi alat berat tersebut.
3. Mendapatkan waktu yang dibutuhkan jika menggunakan kombinasi alat berat tersebut.
4. Mendapatkan alternatif kombinasi alat berat yang lebih efektif dan efisien.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis produktivitas alat berat pada pekerjaan timbunan.
2. Memperoleh data tentang kombinasi alat berat yang dipakai agar lebih efektif dan efisien.
3. Memperbanyak wawasan tentang kombinasi alat berat bagi penulis dan pembaca.
4. Mengoptimalkan pengelolaan dan pemanfaatan alat berat.

1.5 Batasan Penelitian

Peneliti dalam menyusun penelitian ini menyadari adanya keterbatasan kemampuan dan waktu, sehingga dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah untuk mencapai pokok tujuan penelitian. Adapun batasan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut.

1. Penelitian dilakukan di TPA Piyungan.
2. Pekerjaan yang diamati adalah pekerjaan timbunan.
3. Alat berat yang digunakan saat ini adalah *excavator* dan *bulldozer*.
4. Penggunaan alat berat *dump truck* untuk mobilisasi diabaikan dan tidak dilakukan perhitungan.
5. Alternatif yang digunakan adalah alat yang sudah ada tetapi jumlahnya berbeda.
6. Data yang digunakan berupa jam kerja alat dan biaya sewa alat.
7. Jam kerja dengan waktu normal yaitu 7 jam/hari.
8. Menghitung total biaya untuk setiap alternatif.
9. Membandingkan alternatif untuk mendapatkan kombinasi alat berat paling efektif dan efisien.
10. Menjadi masukan pada pekerjaan yang sejenis, mengenai metode penggunaan alat dengan kombinasi yang optimal dalam segi waktu dan biaya.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian ini membutuhkan pertimbangan dan bahan referensi, sehingga pada BAB II ini akan dipaparkan hasil penelitian sejenis yang sudah pernah dilaksanakan.

2.2 Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai kombinasi alat berat pada pekerjaan timbunan ini sebelumnya sudah pernah dilakukan pembahasan dengan perbedaan variabel maupun metode penelitian yang digunakan. Berikut ini merupakan penelitian terdahulu yang dapat digunakan sebagai acuan pada penelitian ini.

2.2.1 Analisis Produktivitas *Excavator* dan *Dump Truck* Proyek Peningkatan Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri), Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta

Penelitian yang dilakukan oleh Nugraha (2020) dari Universitas Islam Indonesia menjelaskan cara untuk mengetahui kombinasi alat berat yang efektif dan efisien dari segi biaya dan waktu pada pekerjaan galian pada proyek Peningkatan Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri), Bantul, DIY. Penulis menggunakan kombinasi alat berat *excavator* Komatsu PC5uu-3 dan *dump truck* Mitsubishi kapasitas 7 m^3. Metode yang digunakan adalah menghitung volume galian dengan menggunakan rumus prismoda, menghitung waktu siklus *excavator*, menghitung produktivitas *excavator*, menghitung waktu siklus *dump truck*, menghitung produktivitas *dump truck*, dan menentukan kombinasi *excavator* dan *dump truck* yang paling efisien dari segi biaya dan waktu. Pada analisis ini data yang harus didapatkan adalah data lapangan, *excavator* dan *dump truck*.

Hasil dari penelitian tersebut mendapat 3 (tiga) alternatif kombinasi alat yang dapat digunakan dengan volume pekerjaan galian sebesar 3.610,015 m^3. Alternatif pertama, pekerjaan dapat selesai dengan durasi 242 jam dengan perlambatan

sebesar 133 jam (112,02%) terhadap kondisi *existing* dan butuh biaya sebesar Rp64.916.500,00 dengan pembengkakan biaya sebesar Rp1.464.500,00 (2,31%) dari kondisi *existing*. Pada alternatif kedua, pekerjaan dapat selesai dengan durasi 122 jam dengan perlambatan sebesar 13 jam (11,93%) terhadap kondisi *existing* dan membutuhkan biaya sebesar Rp65.453.000,00 dengan pembengkakan biaya sebesar Rp2.001.000,00 (3,15%) dari kondisi *existing*. Pada alternatif ketiga, pekerjaan dapat selesai dengan durasi 82 jam dengan percepatan sebesar 27 jam (24,77%) terhadap kondisi *existing* dan membutuhkan biaya sebesar Rp65.989.500,00 dengan pembengkakan biaya sebesar Rp2.537.500 (4%) dari kondisi *existing*. Kesimpulan dari penelitian tersebut adalah kombinasi alat berat yang direkomendasikan untuk pekerjaan galian dan pemindahan tanah pada Proyek Peningkatan Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri), Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta yang direkomendasikan adalah kombinasi pada alternatif 3 yang terdiri dari 3 unit *excavator* Komatsu PC75uu-3 dan 9 unit *dump truck* dengan kapasitas 7 m^3 karena memiliki selisih waktu paling cepat yang dapat mempengaruhi pekerjaan meskipun biaya sedikit lebih mahal dibanding dengan alternatif lainnya.

2.2.2 Analisis Produktivitas *Excavator* Pada Proyek Pembangunan Embung Universitas Islam Indonesia (UII)

Penelitian yang dilakukan oleh Kuniawan (2020) dari Universitas Islam Indonesia menjelaskan cara mendapatkan produktivitas *excavator* pada Proyek Pembangunan Embung Universitas Islam Indonesia (UII). Penulis menggunakan kombinasi alat *excavator* Komatsu PC-200. Metode yang digunakan adalah menghitung kapasitas produksi alat rencana dan lapangan, menghitung biaya operasional alat, menghitung total biaya operasional, dan kombinasi alat berat. Pada analisis ini data yang harus didapatkan adalah rekaman pekerjaan dari *excavator*, data *operation cost* Komatsu PC-200, dan referensi atau literatur yang berkaitan.

Hasil dari penelitian tersebut mendapat 2 (dua) alternatif kombinasi alat yang dapat digunakan dengan volume pekerjaan galian sebesar 26.117,93 m^3. Alternatif pertama, pekerjaan dapat selesai dengan durasi 59 jam dan membutuhkan biaya sebesar Rp39.940.000,00. Pada alternatif kedua, pekerjaan dapat selesai dengan durasi 59 jam dengan percepatan sebesar 59 jam (50%) terhadap alternatif

pertama dan membutuhkan biaya sebesar Rp39.940.000,00 dengan biaya yang jumlahnya sama dengan alternatif pertama. Kesimpulan dari penelitian tersebut, kombinasi alat berat yang direkomendasikan untuk pekerjaan galian pada Proyek Proyek Pembangunan Embung Universitas Islam Indonesia (UII) yang direkomendasikan adalah alternatif 2 yang terdiri dari 2 unit *excavator* Komatsu PC-200 karena memiliki waktu pelaksanaan paling cepat.

2.2.3 Kajian Perbandingan Biaya dan Waktu Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Pembangunan Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri Politeknik Negeri Subang.

Penelitian yang dilakukan oleh Firdaus dan Ratnayanti (2021) Institut Teknologi Nasional, Bandung menjelaskan cara mendapatkan kombinasi alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Pembangunan Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri Sarana dan Prasarana Politeknik Negeri Subang. Penulis menggunakan kombinasi alat *excavator*, *dump truck*, *bulldozer*, *vibrator roller*, dan *motor grader*. Metode yang digunakan adalah mengkombinasikan alat berat dalam beberapa alternatif, menghitung produktivitas alat berat, menghitung biaya operasional masing-masing alat, menghitung total biaya untuk setiap alternatif, dan membandingkan biaya serta waktu pada tiap alternatif. Pada analisis ini data yang harus didapatkan jenis tanah, jarak buangan galian, harga sewa alat berat, harga BBM, jumlah volume galian dan timbunan, dan gambar kerja (*shop drawing*).

Hasil dari penelitian tersebut mendapat 5 (lima) alternatif kombinasi alat yang dapat digunakan dengan volume pekerjaan timbunan dalam keadaan lepas untuk jalan sebesar 21.253,725 m^3 dan untuk gedung sebesar 8.595,563 m^3. Alternatif pertama, pekerjaan dapat selesai dengan durasi 28 hari dan membutuhkan biaya sebesar Rp943.172.040,00. Pada alternatif kedua, pekerjaan dapat selesai dengan durasi 26 hari dan membutuhkan biaya sebesar Rp907.125.248,00. Pada alternatif ketiga, pekerjaan dapat selesai dengan durasi 28 hari dan membutuhkan biaya sebesar Rp861.832.650,00. Pada alternatif keempat, pekerjaan dapat selesai dengan durasi 27 hari dan membutuhkan biaya sebesar Rp871.056.993,00. Kemudian, pada alternatif kelima, pekerjaan dapat selesai dengan durasi 30 hari

dan membutuhkan biaya sebesar Rp844.727.936,00. Kesimpulan dari penelitian tersebut, kombinasi alat berat yang direkomendasikan untuk pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Pembangunan Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri Politeknik Negeri Subang yang direkomendasikan adalah alternatif 2 yang terdiri dari 2 unit *excavator* Komatsu PC 300-8, 4 alat berat *dump truck* Hino Dutro, 1 unit *bulldozer* Caterpillar D8R, dan 1 *vibrator roller* Sakkal SV512D karena memiliki waktu pelaksanaan paling cepat dan biaya hanya selisih 7,3% dari alternatif 5 yang biayanya paling murah.

2.2.4 Analisis Pemilihan Alat Berat Dalam Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Bendungan Bener

Penelitian yang dilakukan oleh Kusumo, dkk. (2022) dari Institut Teknologi Nasional Yogyakarta menjelaskan cara untuk mendapatkan kombinasi alat berat berupa *excavator, dump truck, dan bulldozer* yang optimum dari segi biaya dan waktu pada pekerjaan galian dan timbunan Proyek Bendungan Bener. Metode yang digunakan adalah menentukan produksi masing-masing alat berat, mengetahui jam kerja alat, dan melakukan perhitungan kombinasi alat berat yang digunakan. Pada analisis ini data yang harus didapatkan adalah volume galian dan timbunan, tanah yang digali pada kondisi asli, alat berat yang digunakan, titik lokasi penggalian tanah, jalan akses kerja.

Hasil dari penelitian tersebut mendapat 3 (tiga) alternatif kombinasi alat yang dapat digunakan dengan volume pekerjaan galian sebesar 344.295,44 m^3, volume pekerjaan timbunan timbunan sebesar 43.731,56 m^3 dan volume tanah sisa sebesar 300.563,87 m^3. Alternatif pertama, pekerjaan dapat selesai dengan durasi 3172 jam dengan percepatan sebesar 1857 jam (36,92%) terhadap hasil perhitungan *existing* dan membutuhkan biaya sebesar Rp1.518.530.417,00 dengan penghematan sebesar Rp867.761.216,00 (36,36%) terhadap hasil perhitungan *existing*. Pada alternatif kedua, pekerjaan dapat selesai dengan durasi 2043 jam dengan percepatan sebesar 2986 jam (59,38%) terhadap hasil perhitungan *existing* dan membutuhkan biaya sebesar Rp990.483.851,00 dengan penghematan sebesar Rp1.395.807.782,00 (58,49%) terhadap hasil perhitungan *existing.* Pada alternatif ketiga, pekerjaan dapat selesai dengan durasi 1699 jam dengan percepatan sebesar

3330 jam (66,22%) terhadap hasil perhitungan *existing* dan membutuhkan biaya sebesar Rp990.700.312,00 dengan penghematan sebesar Rp1.395.591.320,00 (58,48%). Kesimpulan dari penelitian tersebut, kombinasi alat berat yang direkomendasikan untuk pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Bendungan Bener yang direkomendasikan adalah kombinasi pada alternatif 2 yang terdiri dari 4 unit *excavator*, 1 unit *bulldozer* dan 8 unit *dump truck* karena hasilnya paling optimum dari segi biaya dan optimum.

2.2.5 Penerapan Konsep *Building Information Modelling* (BIM) dalam Mendukung Pengestimasian Biaya Pekerjaan Struktur

Penelitian yang dilakukan oleh Huzaini (2021) dari Universitas Islam Indonesia menjelaskan cara penerapan konsep *Building Information Modelling* (BIM) 3D pada pekerjaan struktural di Proyek Pembangunan Kos 3 Lantai, Sadonoharjo, Ngaglik, Sleman, Yogyakarta. Metode yang digunakan adalah mengumpulkan data berupa *Detailed Engineering Design* (DED) dan dokumen rencana anggaran biaya, mengumpulkan data yang akan dimodelkan menggunakan *software Autodesk Revit*, serta menganalisis perkiraan biaya pekerjaan struktur. Pada analisis ini akan didapatkan perbandingan estimasi biaya pekerjaan struktur menggunakan BIM dengan perhitungan biaya kontraktor pelaksana.

Hasil dari penelitian tersebut mendapatkan *total cost* menggunakan perhitungan *revit* sebesar Rp750.196.350,00 sedangkan hasil rencana anggaran biaya proyek sebesar Rp795.993.689,64. Berdasarkan kedua nilai tersebut terdapat selisih biaya sebesar Rp45.797.339,64 yang berarti penerapan konsep BIM dengan *software revit* 5,75% lebih murah dibandingkan biaya yang terdapat di dokumen proyek. Penggunaan konsep BIM 3D menghasilkan total volume pekerjaan yang lebih kecil karena dengan memodelkan 3D memberikan output material *take off* yang terperinci dan menekan *waste* material.

2.2.6 *Building Information Modelling* (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi di Indonesia, Peluang dan Tantangan (Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya)

Penelitian yang dilakukan oleh Nugrahini dan Permana (2020) dari Universitas Muhammadiyah Surabaya menjelaskan tentang peluang dan tantangan

penggunaan BIM di Indonesia dengan studi kasus perluasan T1 bandar udara Juanda Surabaya. Metode penelitian yang digunakan adalah melalui studi literatur terhadap studi kasus di luar negeri dan Indonesia yang menjadi rujukan BIM pada proses desain dan konstruksi kemudian dianalisis peluang dan tantangan yang dihadapinya. Pada analisis ini akan didapatkan beberapa jenis *software* yang digunakan dalam proyek proyek yang menggunakan rujukan BIM, manfaat yang diperoleh, serta tantangan penggunaan BIM di Indonesia.

Hasil yang diperoleh dari penelitian tersebut dapat diketahui bahwa terdapat beberapa *software* yang digunakan di luar negeri, tepatnya di Beijing National Aquatics Center untuk struktur menggunakan *software bentley structural*, untuk model 3D menggunakan *3DS max* dan *rhino*, sedangkan untuk analisa struktur menggunakan *strand*. Sedangkan untuk *software* yang digunakan di Proyek Perluasan T1 Bandar Udara Juanda Surabaya, untuk arsitektur menggunakan *revit*, untuk struktur menggunakan *tekla*, serta untuk *softwar*e yang berhubungan dengan BIM adalah *sketchup* dan SAP. Penggunaan BIM terbukti memudahkan proses desain dan konstruksi. Akan tetapi, tantangan yang ada adalah sumberdaya manusia yang belum sepenuhnya mendukung, manajemen serta kesiapan dari penggunaan BIM secara luas perlu ditingkatkan, serta mahalnya *software* BIM sehingga pemakainya menjadi terbatas.

2.3 Perbedaan Penelitian

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengenai alat berat pada pekerjaan timbunan dilakukan untuk mendapatkan kombinasi alat berat yang paling efektif baik dari segi waktu maupun biaya. Akan tetapi, di dalam proses penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan sekarang terdapat beberapa metode yang sama dengan hasil yang akan tetap berbeda. Hal ini dikarenakan terdapat perbedaan volume pekerjaan, harga sewa, serta pemakaian alat berat. Perbedaan dan persamaan penelitian terdahulu dengan penelitian sekarang adalah sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Tahun	Judul	Subjek Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
Nugraha	2020	Analisis Produktivitas *Excavator* dan *Dump Truck* Proyek Peningkatan Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri), Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta	*Excavator* dan *Dump truck*	Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri), Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta	Volume galian, produktivitas alat berat, kombinasi alat berat.	Hasil yang direkomendasikan adalah kombinasi pada alternatif 3 yang terdiri dari 3 unit *excavator* Komatsu PC75uu-3 dan 9 unit *dump truck* dengan kapasitas 7 m^3 karena memiliki selisih waktu paling cepat yang dapat mempengaruhi pekerjaan meskipun biaya sedikit lebih mahal dibanding dengan alternatif lainnya.
Kurniawan	2020	Analisis Produktivitas *Excavator* Pada Proyek Pembangunan Embung Universitas Islam Indonesia (UII)	*Excavator*	Embung Universitas Islam Indonesia (UII)	Kapasitas produksi alat rencana dan lapangan, biaya operasional alat,	Hasil yang direkomendasikan untuk pekerjaan galian pada Proyek Proyek Pembangunan Embung Universitas Islam Indonesia (UII) yang direkomendasikan adalah alternatif 2 yang terdiri dari 2 unit

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Tahun	Judul	Subjek Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
					total biaya operasional, kombinasi alat berat	*excavator* Komatsu PC-200 karena memiliki waktu pelaksanaan paling cepat.
Firdaus dan Ratnayanti	2021	Kajian Perbandingan Biaya dan Waktu Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Pembangunan Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri Politeknik Negeri Subang	*Excavator*, *Dump truck*, dan *Bulldozer*, *Vibrator Roller, dan Motor Grader*	Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri Politeknik Negeri Subang	Kombinasi alat berat, produktivitas alat berat, biaya operasional masing-masing alat berat, biaya untuk setiap alternatif, dan membandingkan	Hasil yang direkomendasikan untuk pekerjaan galian dan timbunan pada Proyek Pembangunan Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri Politeknik Negeri Subang yang direkomendasikan adalah alternatif 2 yang terdiri dari 2 unit *excavator* komatsu PC 300-8, 4 alat berat *dump truck* Hino Dutro, 1 unit *bulldozer* Caterpillar D8R, dan 1 *vibrator roller* Sakkal

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Tahun	Judul	Subjek Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
					biaya serta waktu pada tiap alternatif	SV512D karena memiliki waktu pelaksanaan paling cepat dan biaya
Kusumo, dkk.	2022	Analisis Pemilihan Alat Berat Dalam Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Bendungan Bener	*Excavator*, *Dump Truck*, dan *Bulldozer*	Bendungan Bener, Purworejo, Jawa Tengah	Produksi masing-masing alat berat, jam kerja alat, dan kombinasi alat berat	Hasil yang direkomendasikan adalah kombinasi pada alternatif 2 yang terdiri dari 4 unit *excavator*, 1 unit *bulldozer* dan 8 unit *dump truck* karena hasilnya paling optimum dari segi biaya dan optimum.
Huzaini	2021	Penerapan Konsep *Building Information Modelling* (BIM) dalam Mendukung Pengestimasian Biaya Pekerjaan Struktur	Pembangunan Kos 3 Lantai	Proyek Pembangunan Kos 3 Lantai, Sadonoharjo, Ngaglik, Sleman,	Mengumpulkan data, memodelkan data menggunakan *software*	Hasil dari penelitian tersebut mendapatkan total *cost* menggunakan perhitungan *revit* sebesar Rp750.196.350,00 sedangkan hasil rencana anggaran biaya proyek sebesar

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Tahun	Judul	Subjek Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
				Yogyakarta	*Autodesk Revit*, serta menganalisis perkiraan biaya	Rp795.993.689,64 sehingga didapatkan selisih biaya sebesar Rp45.797.339,64 (5,75%) yang berarti penerapan konsep BIM dengan *software revit* lebih murah dibandingkan biaya yang terdapat di dokumen proyek.
Nugrahini dan Permana	2020	*Building Information Modelling* (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi di Indonesia, Peluang dan Tantangan (Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda	Penggunaan BIM di Proyek Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya	Bandara Juanda Surabaya	Studi literatur terhadap studi kasus di luar negeri dan Indonesia kemudian dianalisis peluang dan tantangan	Penggunaan BIM terbukti memudahkan proses desain dan konstruksi. Akan tetapi, tantangannya adalah sumberdaya manusia yang belum sepenuhnya mendukung, manajemen serta kesiapan dari penggunaan BIM perlu ditingkatkan, serta mahalnya

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Tahun	Judul	Subjek Penelitian	Lokasi Penelitian	Metode	Hasil
		Surabaya)			dihadapinya	*software* BIM.
Harjani	2023	Analisis Pemilihan Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan Proyek Penataan Landfill Zona B TPA Regional Piyungan	*Excavator* dan *Bulldozer*	TPA Regional Piyungan, Yogyakarta	Volume timbunan, produktivitas alat berat, biaya sewa, jam kerja alat berat, kombinasi alat berat.	Hasil analisis ini didapat dari nilai produktivitas dan kombinasi alat berat *excavator* dan *bulldozer* dengan variasi jumlah dan jenisnya.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, *excavator* Komatsu PC75uu-3 memiliki durasi waktu penyelesaian pekerjaan yang lebih lama dibandingkan *excavator* Komatsu PC 300-8 karena *excavator* Komatsu PC 300-8 memiliki produktivitas yang lebih besar. Selain itu, hasil yang diperoleh adalah *bulldozer* Caterpillar D8R dan *bulldozer* Komatsu D155A-X memiliki *cycle time* yang hampir sama. Akan tetapi, *bulldozer* Caterpillar CS553E memiliki *cycle time* yang lebih besar sehingga durasinya menjadi lebih lama. Pada proyek yang dilakukan tersebut hanya menangani material berupa tanah saja.

Penelitian yang akan dilakukan adalah menggunakan alat berat dengan jenis yang berbeda yaitu 3 unit *excavator* yaitu *excavator* PC 200-8, *excavator* PC 200-6, dan *excavator* SK 200-8 dan 2 unit *bulldozer* yaitu *bulldozer* Komatsu D85-10 dan *bulldozer* Komatsu D31-6. Selain itu, lokasi proyek juga akan berbeda yaitu berada di TPA Regional Piyungan Yogyakarta. Perbedaan lainnya terletak pada material pekerjaannya yaitu berupa sampah dan tanah sebagai perkuatan lereng. Kondisi material yang berbeda ini tentunya akan menghasilkan produktivitas yang berbeda juga. Hasil yang akan didapatkan adalah alternatif yaitu menggunakan alat yang sudah ada tetapi jumlahnya berbeda.

Selain itu, penelitian yang dilakukan sebelumnya, menggunakan *software* BIM untuk membantu perhitungan volume kebutuhan material dan memudahkan proses desain untuk menentukan durasi serta biaya yang dibutuhkan. Pada penelitian yang akan dilakukan juga dilakukan perhitungan volume timbunan untuk menentukan kebutuhan alat sehingga dapat ditentukan durasi dan biaya yang dibutuhkannya menggunakan BIM. Akan tetapi, pada penelitian ini, lokasi proyek dan pekerjaannya berbeda.

BAB III
LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Hal yang perlu diperhatikan dalam perencanaan proyek yang menggunakan alat berat adalah produktivitas alat berat. Perencanaan tersebut bertujuan agar pekerjaan sesuai dengan rencana. Oleh sebab itu, perlu adanya pengetahuan mengenai cara menghitung alat secara teoritis serta efisiensi kerja, sehingga dapat diperkirakan waktu penyelesaiannya sesuai volume pekerjaan yang dilakukan. Akan tetapi dalam menentukan volume pekerjaan, perlu diketahui terlebih dahulu jenis material yang akan dikerjakan.

3.2 Proyek Konstruksi

Kata proyek berasal dari bahasa latin *projectum* dari kata kerja *proicere* yang artinya "untuk membuang sesuatu ke depan". Kata awalnya berasal dari kata pro-, yang menunjukkan sesuatu yang mendahului tindakan dari bagian berikutnya dari suatu kata dalam suatu waktu dan kata *iacere* yang artinya "melemparkan". Sehingga kata "proyek" sebenarnya berarti "sesuatu yang datang sebelum apa pun yang terjadi" (Santoso, 2013). Menurut Dipohusodo (1996), proyek merupakan upaya yang mengerahkan sumber daya yang tersedia, yang diorganisasikan untuk mencapai tujuan, sasaran dan harapan penting tertentu serta harus diselesaikan dalam jangka waktu terbatas sesuai dengan kesepakatan. Pengertian lainnya menurut Cleland dan King (1987), proyek merupakan gabungan dari berbagai sumber daya yang dihimpun dalam organisasi sementara untuk mencapai tujuan tertentu.

Berdasarkan pengertian tersebut dapat diartikan bahwa proyek merupakan kegiatan yang memiliki waktu tertentu (waktu awal dan waktu akhir) dengan menggunakan sumber daya yang terbatas untuk mencapai suatu tujuan. Pada penelitian ini, pembahasan dibatasi dalam arti proyek konstruksi (pembangunan). Menurut Soeharto (1999), karakteristik proyek adalah sebagai berikut.

1. Bercorak dinamis dan nonrutin.
2. Siklus proyek relatif pendek.
3. Intensitas kegiatan di dalam periode siklus proyek berubah-ubah.
4. Kegiatan harus diselesaikan berdasarkan anggaran dan jadwal yang telah ditentukan.
5. Terdiri dari bermacam-macam kegiatan yang memerlukan berbagai disiplin ilmu.
6. Keperluan sumber daya berubah baik macam dan volumenya.

3.3 Tahapan Proyek Konstruksi

Menurut Tuelah, dkk. (2014), pada proyek konstruksi terdapat beberapa tahap yang dapat dibagi menjadi 5 (lima) yaitu sebagai berikut.

1. Tahap perencanaan (*planning*)

   Pada tahap perencanaan ini harus ditentukan sasaran utamanya. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah menyusun rencana kerja, mengembangkan sasaran-sasaran proyek, membantu menentukan alokasi sumber dana, merencanakan persyaratan mutu, mempersiapkan ruang lingkup kerja dan jadwal waktu.
2. Tahap perancangan (*design)*

   Pada tahap perancangan, kegiatan yang dilakukan meliputi penentuan tata letak, rancangan, metode konstruksi, perkiraan biaya dan mempersiapkan informasi pelaksanaan yang diperlukan. Informasi tersebut berupa rancangan skema, perkiraan biaya, gambar kerja, spesifikasi dan jadwal.
3. Tahap pengadaan/pelelangan

   Tahap ini bertujuan untuk menunjuk kontraktor sebagai pelaksana atau sejumlah kontraktor dan sub kontraktor yang melakukan konstruksi di lapangan. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam tahap ini adalah prakualifikasi dan dokumen kontrak.
4. Tahap pelaksanaan (*construction*)

   Tahap pelaksanaan di lapangan dimulai setelah ditetapkannya pemenang lelang. Tujuan pelaksanaan adalah untuk mewujudkan bangunan yang

dibutuhkan oleh pemilik proyek yang sudah dirancang oleh Konsultan Perencana dalam batasan waktu dan biaya yang telah disepakati serta mutu yang telah disyaratkan. Kegiatan yang dilakukan adalah merencanakan, mengkoordinasikan, dan mengendalikan semua kegiatan di lapangan.

5. Tahap sesudah pelaksanaan

   Tahap ini bertujuan untuk menjamin bangunan yang telah selesai tersebut sesuai dengan dokumen kontrak dan semua fasilitas dapat bekerja sebagaimana mestinya.

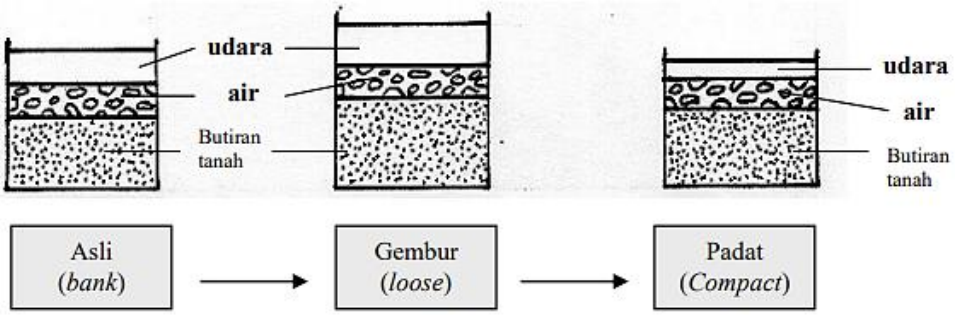
3.4 Material Timbunan Tanah

Menurut Dokuchaev (1870), tanah adalah lapisan permukaan bumi yang berasal dari material induk yang telah mengalami proses lanjut, karena perubahan alami di bawah pengaruh air, udara, dan macam-macam organisme baik yang masih hidup maupun yang telah mati. Sedangkan secara umum, tanah diartikan sebagai lapisan teratas bumi yang memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda-beda di setiap lokasi. Adanya aneka ragam bentuk tersebut akan membuat alat yang digunakan untuk memindahkannya juga beraneka ragam.

Menurut Tenriajeng (2003), pada pekerjaan pemindahan tanah, material ini akan menentukan jenis alat berat yang akan digunakan, volume pekerjaan, dan kemampuan kerja alat berat berdasarkan kondisi material yang ada. Sifat-sifat material tanah penting untuk diketahui karena akan menentukan tingkat efisiensi alat yang digunakan. Hal yang berkaitan dengan sifat-sifat material tanah adalah pengembangan material, berat material, bentuk material, kekerasan material, dan daya dukung tanah.

3.4.1 Pengembangan material

Menurut Tenriajeng (2003), pengembangan material adalah perubahan berupa penambahan atau pengurangan volume material (tanah) yang diganggu dari bentuk aslinya. Bentuk material dibagi menjadi 3 (tiga) keadaan yaitu keadaan asli (*bank condition*), keadaan gembur (*loose condition*), dan keadaan padat (*compact condition*). Ketiga keadaan tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3.1 Keadaan Material dalam *Earth Moving*
(Sumber: Sugiyanto, 1984)

Keadaan asli (*bank condition*) adalah keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan teknologi. Pada keadaan ini butiran yang dikandung dalam tanah masih terkonsolidasi dengan baik. Ukuran tanah pada kondisi asli dinyatakan dalam ukuran alam yaitu *bank measure = Bank Cubic Meter* (BCM) yang digunakan sebagai dasar pada pekerjaan pemindahan tanah (Tenriajeng, 2003).

Keadaan gembur (*loose condition*) adalah keadaan material setelah diadakan pengerjaan atau sudah terganggu. Contoh tanah pada kondisi ini adalah tanah yang terdapat di depan *dozer blade*, di atas *truck*, di dalam *bucket*, dan lain-lain. Material yang tergali dari tempat asalnya akan mengembang karena penambahan rongga udara di antara butiran-butiran tanah sehingga volumenya akan bertambah besar. Ukuran volume pada kondisi ini adalah *loose measure = Loose Cubic Meter* (LCM) yang besarnya yaitu BCM + %*swell* x BCM. Oleh karena itu, nilai LCM lebih besar dari BCM (Tenriajeng, 2003).

Keadaan yang ketiga adalah keadaan padat. Keadaan padat adalah keadaan tanah setelah ditimbun kembali disertai dengan pekerjaan pemadatan (pemampatan). Volume pada kondisi ini akan berkurang karena adanya penyusutan rongga udara di antara partikel tanah. Volume tanah setelah pemadatan dapat lebih kecil atau lebih besar dari keadaan *bank*. Hal ini tergantung dari usaha pemadatan yang dilakukan. Ukuran volume tanah dalam keadaan padat dinyatakan dalam

compact measure = *Compact Cubic Meter* (CCM). Nilai dari faktor kembang susut (*swelling factor*) adalah sebagai berikut.

Tabel 3.1 *Swelling Factor*

Jenis Tanah	Swell (% BM)
Pasir	5 – 10
Tanah Permukaan (*top soil*)	10 - 25
Tanah Biasa	20 – 45
Lempung (*clay*)	30 – 60
Batu	50 - 60

(Sumber: Tenriajeng, 2003)

Pada perhitungan volume tanah yang telah diganggu dari bentuk aslinya yaitu melakukan penggalian material maupun pemadatan dari gembur ke padat, perlu dikalikan dengan faktor konversi supaya lebih mudah dibaca. Nilai faktor konversi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.2 Faktor Konversi Volume Tanah/Material

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi Berikutnya		
		Kondisi Asli	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
Sand /Tanah Berpasir	(A)	1,00	1,11	0,99
	(B)	0,90	1,00	0,80
	(C)	1,05	1,17	1,00
Sand Clay / Tanah Biasa	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,80	1,00	0,72
	(C)	1,11	1,39	1,00
Clay / Tanah Liat	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,70	1,00	0,63
	(C)	1,11	1,59	1,00

Lanjutan Tabel 3.2 Faktor Konversi Volume Tanah/Material

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi Berikutnya		
		Kondisi Asli	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
Gravelly Soil / Tanah Berkerikil	(A)	1,00	1,18	1,08
	(B)	0,85	1,00	0,91
	(C)	0,93	1,09	1,00
Grovels / Kerikil	(A)	1,00	1,13	1,29
	(B)	0,88	1,00	0,91
	(C)	0,97	1,10	1,00
Kerikil Besar dan Padat	(A)	1,00	1,42	1,03
	(B)	0,70	1,00	0,91
	(C)	0,77	1,10	1,00
Pecahan Batu Kapur, Batu Pasir, Cadas Lunak, Sirtu	(A)	1,00	1,65	1,22
	(B)	0,61	1,00	0,74
	(C)	0,82	1,35	1,00
Pecahan Granit, Basalt, Cadas Keras, dan lainnya	(A)	1,00	1,70	1,31
	(B)	0,59	1,00	0,77
	(C)	0,76	1,30	1,00
Pecahan Cadas, Broken Rock	(A)	1,00	1,75	1,40
	(B)	0,57	1,00	0,80
	(C)	0,71	1,24	1,00
Ledakan Batu Cadas, Kapur Keras	(A)	1,00	1,80	1,30
	(B)	0,56	1,00	0,72
	(C)	0,77	1,38	1,00

(Sumber: Tenriajeng, 2003)

Keterangan:

(A) = Asli (*bank*)

(B) = Gembur (*loose*)

(C) = Padat (*compact*)

Perhitungan volume dari berbagai keadaan tanah dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

1. Pengembangan (*swelling*)

$$Sw = \left(\frac{B-L}{L}\right) \times 100\% \quad (3.1)$$

2. Penyusutan (*shrinkage*)

$$Sh = \left(\frac{C-B}{C}\right) \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan:

Sw = *Swell* (% pengembangan)

Sh = *Shrinkage* (% penyusutan)

B = Berat jenis tanah dalam keadaan asli (berat/volume tanah asli)

L = Berat jenis tanah dalam keadaan lepas (berat/volume tanah lepas)

C = Berat jenis tanah dalam keadaan padat (berat/volume tanah padat)

(Tenriajeng, 2003)

3.4.2 Berat material

Menurut Toybah, dkk. (2020), berat merupakan gaya yang disebabkan oleh gravitasi berkaitan dengan massa benda tersebut. Menurut Tenriajeng (2003), berat ini dimiliki oleh setiap material. Kemampuan alat berat seperti mendorong, mengangkat, mengangkut, memadatkan, dan lain-lain sangat dipengaruhi oleh berat material. Hal ini dikarenakan setiap alat berat mempunyai batasan kapasitas atau volume tertentu yang membatasi gerak alat.

3.4.3 Bentuk material

Bentuk material ini berupa ukuran butir material yang akan mempengaruhi susunan butir menempati suatu ruangan tertentu. Kondisi butiran yang seragam akan membuat besar isi sama dengan volume ruangan yang ditempati. Akan tetapi, pada material yang tidak seragam seperti berbongkah-bongkah maka besar isinya akan lebih kecil dibandingkan volume ruangan yang ditempati. Bentuk material ini akan berpengaruh terhadap pengisian *bucket.* Cara mengoreksi ruangan tersebut adalah dengan "faktor muat" yaitu "*bucket factor*" atau "*pay load factor*" (Tenriajeng, 2003).

3.4.4 Daya ikat / kohesivitas material

Kohesivitas adalah daya lekat atau kemampuan saling mengikat di antara butir-butir material itu sendiri. Sifat ini akan berpengaruh terhadap faktor pengisian (*spillage factor*). Material yang memiliki kohesivitas tinggi akan mudah menggunung, contohnya seperti tanah liat. Volume material pada kondisi kohesivitas tinggi ini memungkinkan volume materialnya lebih tinggi dibandingkan volume ruangannya. Sedangkan, material yang memiliki kohesivitas rendah seperti pasir akan lebih sulit menggunung dan permukaannya cenderung rata (Tenriajeng, 2003).

3.4.5 Kekerasan material

Material yang keras akan lebih sulit dikerjakan dengan alat berat. Kondisi ini dapat menyebabkan turunnya produktivitas alat. Material yang tergolong keras adalah bebatuan. Terdapat 3 (tiga) jenis batuan dasar yaitu sebagai berikut.

1. Batuan beku, sifatnya keras, padat, dan kokoh.
2. Batuan sedimen, yaitu batuan pelapisan dari yang lunak sampai yang keras.
3. Batuan metamorf, yaitu batuan pelapisan dari yang keras, padat, dan tidak teratur.

Cara mengetahui nilai kekerasan tanah dapat diukur menggunakan *seismic test* meter yang nilai besarannya adalah m/det (Satuan *Seismic Wave Velocity* Batuan) (Tenriajeng, 2003).

3.3.5 Daya dukung tanah

Daya dukung tanah merupakan kemampuan tanah untuk mendukung beban yang berada di atasnya, dalam hal ini adalah alat berat. Ketika alat berada di atas tanah, maka alat akan memberikan tekanan ke bawah sedangkan tanah akan melakukan perlawanan yang disebut sebagai daya dukung tanah. Daya dukung tanah merupakan aspek penting pada pekerjaan konstruksi karena jika tekanan yang diberikan alat lebih besar daripada daya dukung tanah maka alat akan ambles / terbenam. Sedangkan, apabila daya dukung tanah lebih besar daripada tekanan yang diberikan maka alat yang beroperasi di atasnya akan tetap aman. Pengukuran daya dukung tanah umumnya dilakukan menggunakan *cone penetrometer*. (Tenriajeng,

2003). Cara untuk mengetahui jenis alat berat yang dapat digunakan berdasarkan daya dukung tanahnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.3 Daya Dukung Tanah untuk Alat Berat

Cone Index	**Jenis Alat**	**Daya Tekan Alat (Kg/cm^2)**
2	*Extra Swamp Dozer*	0,15 – 0,30
2 – 4	*Swamp Dozer*	0,20 – 0,30
4 – 5	*Small Bulldozer*	0,30 – 0,60
5 - 7	*Medium Bulldozer*	0,60 – 0,80
7 – 10	*Large Bulldozer*	0,70 – 1,30
10 -13	*Motor Scraper*	1,30 – 2,85
15	*Dump Truck*	3,20

(Sumber: Tenriajeng, 2003)

3.5 Material Timbunan Sampah

Menurut Undang-undang No 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, pengertian sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia atau proses alam, berbentuk padat atau semi padat, dan dapat berasal dari zat organik maupun anorganik yang dianggap tidak berguna kemudian dibuang ke lingkungan. Sampah organik ini dapat berupa sisa makanan, kayu, dan daun kering. Sedangkan, sampah anorganik berupa plastik, karet, dan kaleng minuman.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Dinas Lingkungan Hidup Kulon Progo (2019) diperoleh perbedaan hasil sampling sampah di kawasan non permukiman dengan SNI 19-3983-1995 tentang spesifikasi timbunan untuk kota kecil dan kota sedang di Indonesia. Hasil tersebut dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.4 Perbandingan Timbunan Sampah Hasil Sampling dengan SNI 19-3983-1995

Sumber	Satuan	Hasil Sampling		SNI 19-3983-1995	
		Volume (L)	Berat (kg)	Volume (L)	Berat (kg)
Kantor	per pegawai/hari	1,01	0,08	0,05 - 0,75	0,25 - 0,100
Toko/Ruko	per petugas/hari	5,25	0,05	2,50 - 3,00	0,150 - 0,350
Sekolah	per murid/hari	0,3	0,034	0,10 - 0,15	0,010 - 0,020
Jalan Kolektor	per meter/hari	0,06	0,008	0,10 - 0,15	0,010 - 0,050
Jalan Lokal	per meter/hari	0,08	0,009	0,05 - 0,10	0,005 - 0,025
Rumah Makan	per unti/hari	19,97	9,76	-	-
Hotel	per kamar/hari	2,05	0,14	-	-
Lokasi Wisata	per lokasi/hari	52,25	5	-	-
Pasar	per meter^2/hari	0,74	0,08	0,20 - 0,60	0,100 - 0,300

(Sumber: Departemen Lingkungan Hidup Kulon Progo, 2019)

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui bahwa volume yang dihasilkan lebih besar dari nilai acuan di SNI 19-3983-1995, sedangkan berat sampah lebih kecil dari kisaran nilai acuan. Hal ini disebabkan, jenis sampah yang dihasilkan akan menyebabkan volume sampah menjadi besar. Oleh karena itu, diperlukan upaya pemadatan sampah yang diangkut. Berdasarkan Dinas Lingkungan Hidup Kulon Progo (2019), faktor pemadatan untuk tempat sampah sebesar 1,2 sedangkan untuk kendaraan pengangkut sampah faktor pemadatannya dapat mencapai 2 – 2,5. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa faktor pemadatan di lapangan berkisar antara rata-rata faktor pemadatan tersebut yaitu sebagai berikut.

Rata-rata faktor pemadatan = $\frac{(1,2+2,25)}{2}$ = 1,725 atau 70% dari volume kondisi gembur.

3.6 Pengertian Alat Berat

Menurut Syahputra (2020), alat-alat berat yang sering dikenal di dalam ilmu Teknik Sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia melakukan pekerjaan pembangunan struktur bangunan. Umumnya, alat berat digunakan di dalam pekerjaan konstruksi seperti pembangunan gedung, bangunan air, jembatan, jalan, dan pekerjaan lainnya. Tujuan adanya alat berat ini adalah untuk mempermudah proses pekerjaan supaya lebih cepat, lebih mudah, dan hasilnya lebih baik. Akan tetapi, penggunaan alat berat tersebut harus menyesuaikan kondisi dan situasi di lapangan supaya alat berat tersebut dapat bekerja secara efektif dan efisien.

Menurut Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2022 tentang Hubungan Keuangan antara Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah, pengertian alat berat adalah alat yang diciptakan untuk membantu pekerjaan konstruksi dan pekerjaan teknik sipil lainnya yang sifatnya berat apabila dikerjakan oleh tenaga manusia, beroperasi menggunakan motor dengan atau tanpa roda, tidak melekat secara permanen serta beroperasi pada area tertentu, tetapi tidak terbatas pada area konstruksi, termasuk perkebunan, kehutanan, dan pertambangan. Sedangkan, menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), arti alat berat adalah alat yang digunakan pada proyek berskala besar untuk menggali, memecah, dan memindahkan tanah dan material lain. Berdasarkan pengertian-pengertian tersebut, dapat disimpulkan bahwa penggunaan alat berat sangat penting bagi manusia karena memudahkan suatu pekerjaan pembangunan.

3.7 Faktor Pemilihan Alat Berat

Pemilihan alat berat dilakukan pada tahap perencanaan. Pemilihan ini merupakan faktor penting untuk setiap konstruksi supaya penggunaan alat berat dapat berjalan efektif dan efisien. Menurut Kholil (2012), faktor-faktor penting yang perlu diperhatikan sebelum memilih alat berat adalah sebagai berikut.

1. Fungsi yang harus dilaksanakan

   Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya seperti menggali, mengangkut, meratakan permukaan, dan lain-lain sehingga pemilihan alat berat harus memperhatikan pekerjaan apa yang akan dilaksanakan.

2. Kapasitas alat berat

   Pemilihan alat berat berdasarkan volume total atau berat total material yang harus diangkut atau dikerjakan. Kapasitas alat yang dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan tepat waktu.

3. Cara operasi

   Alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan, dan lain-lain.

4. Pembatasan dari metode yang digunakan

   Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan pembongkaran. Selain itu, metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat berat berubah.

5. Ekonomi

   Biaya investasi, biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting dalam pemilihan alat berat.

6. Jenis proyek

   Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek tersebut meliputi proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan, dam, dan sebagainya.

7. Lokasi proyek

   Lokasi proyek merupakan hal yang penting untuk diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Contohnya lokasi proyek yang ada di dataran tinggi memerlukan alat berat berbeda dengan sebaliknya.

8. Jenis dan daya dukung tanah

   Jenis tanah di lokasi proyek dan jenis material yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai. Tanah dapat dalam kondisi padat, lepas, keras, maupun lembek.

9. Kondisi lapangan

   Kondisi medan yang sulit dan medan yang relatif baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat

Berdasarkan penjelasan faktor-faktor tersebut di atas, dapat disimpulkan bahwa perlu dilakukan pemilihan alat berat secara cermat nantinya dapat digunakan secara maksimal yaitu sebagai berikut.

1. Memilih alat berat sesuai dengan skala dan waktu proyek

   Pemilihan alat berat sangat berpengaruh terhadap waktu dan biaya proyek. Pada proyek dengan skala besar tetapi waktunya sedikit tentu membutuhkan jumlah alat berat yang lebih banyak. Akan tetapi, jika proyek dalam skala besar tetapi waktunya lama maka alat berat yang digunakan jumlahnya dapat lebih sedikit.

2. Memilih alat berat sesuai pekerjaan yang akan dilakukan

   Setiap alat berat tentu memiliki fungsi yang berbeda-beda. Misalnya *dumptruck* berfungsi untuk memuat material, *excavator* untuk menggali, dan *bulldozer* untuk meratakan. Kombinasi alat berat tersebut dipilih sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan di lokasi proyek misalnya pekerjaan galian dan timbunan, pengecoran, penyiapan lahan dan lain-lain.

3. Membuat keputusan untuk membeli atau menyewa

   Pada pelaksanaan pekerjaan proyek, kontraktor dapat mengadakan peralatan tersebut dengan cara membeli atau sewa. Kedua cara ini masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Cara membeli memiliki kelebihan yaitu alat berat dapat digunakan kapanpun, dimanapun tanpa ada ketergantungan dengan pihak lain. Kekurangannya adalah biaya yang dibutuhkan cukup besar meliputi biaya modal dasar, operasional, dan pemeliharaan alat. Sedangkan cara sewa memiliki kelebihan yaitu keberadaan alat berat dapat diatur sesuai dengan kebutuhan (beberapa hari/jam saja) sehingga kontraktor tidak perlu mengeluarkan biaya operasional alat. Kekurangannya pada saat memerlukan alat kemungkinan alat yang dibutuhkan tidak tersedia dapat menghambat progres. Oleh karena itu, jika menggunakan cara sewa, kontraktor perlu melakukan penjadwalan pemakaian supaya alat

dapat digunakan secara efektif dan efisien sesuai kebutuhan tanpa ada pengeluaran biaya untuk alat yang tidak terpakai.

4. Memastikan alat berat memiliki spesifikasi sesuai dengan kebutuhan.

   Setiap alat berat memiliki jenis dan kapasitas yang berbeda-beda. Pemilihan jenis dan kapasitasnya harus disesuaikan dengan kondisi lapangan. Jika memerlukan volume yang besar maka dapat digunakan alat berat dengan kapasitas yang besar pula. Ketidaksesuaian pemilihan dengan kondisi di lapangan dapat menyebabkan alat berat mudah rusak.

3.8 Fungsi Alat Berat

Penggunaan alat berat sudah menjadi kebutuhan dalam suatu proyek. Alat berat ini memiliki fungsi yang berbeda-beda tetapi memiliki tujuan yang sama yaitu menghemat waktu dan biaya, menghemat tenaga manusia, serta menghasilkan pekerjaan dengan mutu yang lebih baik. Pada pekerjaan timbunan Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional ini menggunakan alat berat berupa *excavator* dan *bulldozer*. Fungsi dari setiap alat tersebut akan dijelaskan pada sub bab berikut.

3.8.1 Excavator

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2017), *excavator* adalah alat berat yang paling banyak kegunaannya dan paling banyak tipenya mulai dari yang bertenaga 17 hp sampai dengan 1500 hp. *Attachment*-nya dapat diganti-ganti dengan jenis-jenis lainnya baik di ujung *boom*, tempat *bucket* maupun pangkal *boom*-nya. Fungsi utama *backhoe* adalah menggali tanah dan memuatnya ke dalam truk atau menimbun tanah tersebut di sekitar *shovel* dengan cara memutar badannya tanpa pindah tempat.

Menurut Lydianingtias dan Suhariyanto (2018), *excavator* dibagi menjadi beberapa jenis yaitu sebagai berikut.

1. *Power shovel*

   Excavator jenis *power shovel* ini digunakan untuk penggalian tebing yang lebih tinggi dari tempat kedudukan alat. Contohnya adalah *hydraulic shovel* merk Komatsu seperti tampak pada gambar berikut.



Gambar 3.2 *Excavator Power Shovel*
(Sumber: Lydianingtias dan Suhariyanto, 2018)

2. *Dragline*

   Dragline merupakan *excavator* dengan *bucket* seperti serok raksasa yang terbuat dari baja. *Dragline* digunakan untuk pekerjaan penggalian kedalaman sungai, saluran irigasi atau drainase. Biasanya tanah yang digali merupakan tanah lunak. Contoh gambar *dragline* dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 3.3 *Dragline*
(Sumber: Lydianingtias dan Suhariyanto, 2018)

Pada umumnya *power shovel* dengan kapasitas 2.5 cu-yd dapat diubah menjadi *dragline* dengan mengganti *boom shovel* dengan *boom* dan mengganti bucker dengan *dragline*. *Power shovel* dan *dragline* pada dasarnya digunakan untuk

menggali, tetapi dalam beberapa kasus ditemui adanya keuntungan penggunaan *dragline*. Hal ini disebabkan adanya faktor kondisi medan dan bahan yang perlu digali. Kelebihannya yaitu *dragline* sangat baik untuk penggalian parit-parit dan sungai yang tebingnya curam sehingga kendaraan angkut tidak perlu masuk ke lokasi penggalian. Tipe dragline dibagi menjadi tiga yaitu *crawler mounted*, *wheel mounted*, dan *truck mounted*.

3. *Clamshell*

   Excavator jenis ini cocok digunakan untuk pekerjaan penggalian tanah atau material lepas. Cara bekerjanya adalah dengan menjatuhkan *bucket* secara vertikal dengan berat sendiri, kemudian mengangkatnya secara vertikal juga. Setelah itu, *clamshell* melakukan *swing* untuk menumpahkan material pada lokasi yang ditentukan.



Gambar 3.4 *Excavator Clamshell*
(Sumber: Lydianingtias dan Suhariyanto, 2018)

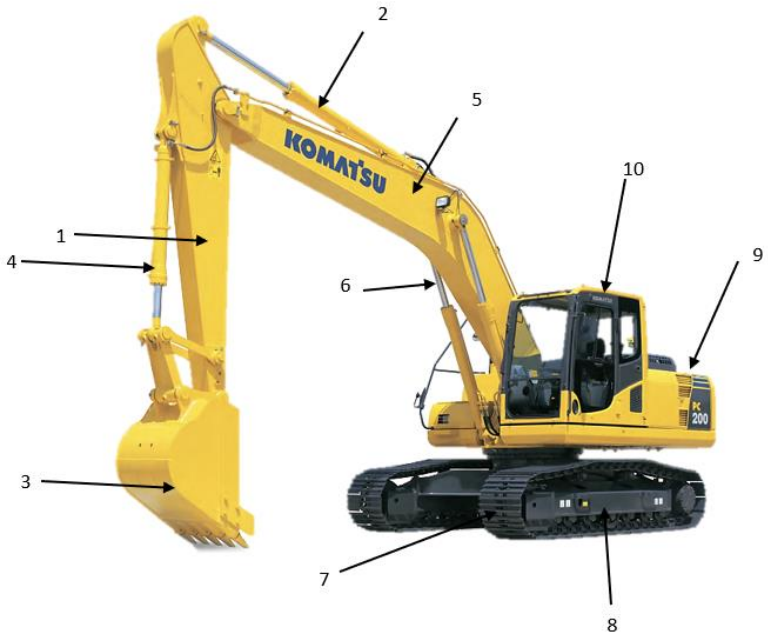
4. *Backhoe (Pull shovel)*

   Backhoe digunakan untuk pekerjaan penggalian tanah yang berada di bagian bawah kedudukan alat, seperti penggalian parit dan pondasi. *Excavator* ini memiliki dua tipe roda yaitu roda karet dan roda rantai. Gambar *excavator* tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.5 *Excavator* Roda Karet dan Roda Rantai
(Sumber: www.komatsu.eu)

Salah satu *excavator* yang digunakan pada Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Piyungan adalah *excavator* Komatsu PC 200-8 dengan tipe roda rantai. Menurut Rochmanhadi (1992), struktur *excavator* terdiri dari tiga bagian utama yaitu bagian atas *revolving* unit (bisa berputar), bagian bawah *travel unit* (untuk berjalan), dan bagian *attachment* yang dapat diganti. Bentuk dan struktur *excavator* dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.6 Struktur *Excavator* Komatsu PC 200
(Sumber: www.komatsu.jp)

Keterangan:

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

Fungsi bagian-bagian tersebut adalah sebagai berikut.

a. Bagian atas (*upper structure*)

Pada bagian atas ini terdapat beberapa struktur seperti *engine* sebagai mesin penggerak *excavator*. Mesin ini dapat memberikan tenaga untuk menggerakaan *excavator* baik maju maupun mundur serta menggerakan *attachment*nya.

b. Bagian bawah (*undercarriage*)

Pada bagian bawah ini terdapat beberapa struktur seperti berikut.

1) Shoe

Shoe berfungsi untuk menggerakan *excavator*. Bentuknya berupa rantai yang letaknya menempel di permukaan tanah.

2) Tracker

Tracker berfungsi sebagai roda untuk *excavator*.

c. Bagian *attachment*

Pada bagian *attachment* ini terdapat beberapa struktur seperti berikut.

1) Arm

Arm berfungsi untuk mengayunkan *bucket* agar dapat bergerak naik dan turun.

2) Arm cylinder

Arm cylinder berfungsi untuk menggerakan *arm.*

3) Bucket

Bucket berfungsi untuk menggali tanah.

4) Bucket cylinder

Bucket cylinder berfungsi untuk menggerakan *bucket.*

5) *Boom*

Boom berfungsi menggerakan *arm* untuk naik dan turun ketika pekerjaan.

6) *Boom cylinder*

Boom cylinder berfungsi untuk menggerakan *boom.*

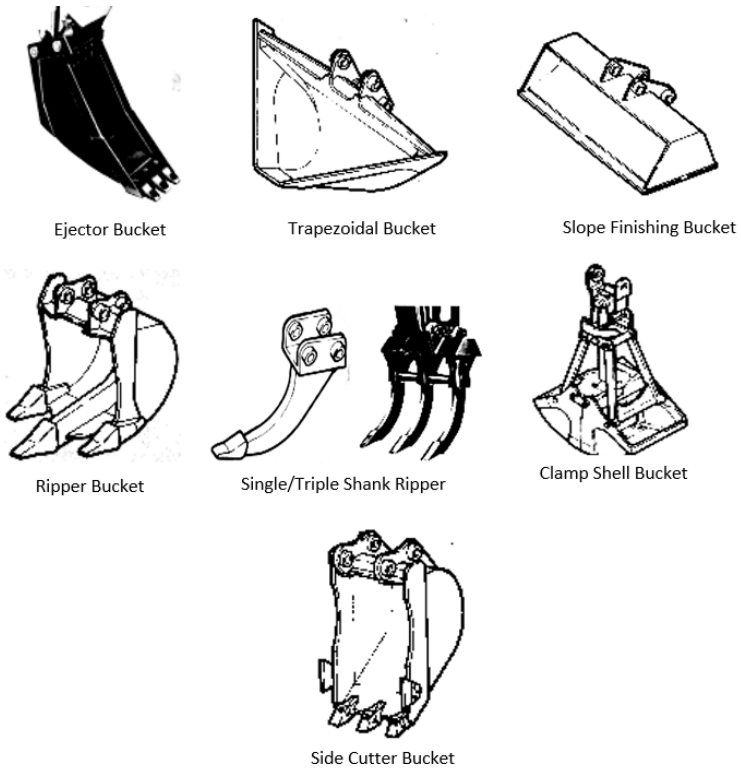
7) *Cabin*

Cabin berfungsi sebagai tempat mengendalikan *excavator* dan pelindung operator ketika mengoperasikan *excavator*.

Menurut Sugiyanto (1984), perlengkapan pada *excavator* ini terdiri dari bermacam-macam jenis yaitu sebagai berikut.

a. *Ejector bucket*, cocok untuk penggalian pada tempat yang sempit dan berlumpur.
b. *Trapezoidal bucket*, cocok pekerjaan pembuatan saluran irigasi dan drainase. *Bucket* ini berbentuk *trapezoidal*.
c. *Slope finishing bucket*, cocok digunakan untuk meratakan *slope* atau timbunan dan pekerjaan menggali serta memadatkan tanah.
d. *Ripper bucket*, cocok digunakan untuk penggalian tanah-tanah keras dan berbatu.
e. *Single/Triple shank ripper*, cocok digunakan untuk penggalian dan pembongkaran tunggal atau beton.
f. *Clamshell bucket*, cocok digunakan untuk penggalian yang vertikal seperti pada penggalian pondasi jembatan.
g. *Side cutter bucket*, cocok digunakan untuk penggalian-penggalian pada sisi tembok. Jenis *bucket* inilah yang digunakan untuk Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Piyungan.

Gambar-gambar jenis perlengkapan *excavator* tersebut dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 3.7 Perlengkapan *Excavator*
(Sumber: Sugiyanto, 1984)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2017), hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian *excavator* adalah sebagai berikut.

1. Sebelum operasi perlu dilakukan pemeriksaan sekeliling alat jika terdapat kebocoran oli atau komponen yang hilang.
2. Mesin harus dipanaskan selama 3 (tiga) menit sebelum alat dioperasikan.
3. Menjaga kebersihan bahan bakar dan oli hidrolik serta mengganti filter bahan bakar dan oli sesuai ketentuan.
4. Menjaga kebersihan kabin dan panel instrumen.
5. Menggunakan/mengisi oli hidrolik dalam batas yang ditentukan (antara *low* dan *full).*
6. Melakukan pendinginan mesin selama 5 (lima) menit pada akhir operasi.

3.8.2 *Bulldozer*

Menurut Rochmanhadi (1992), *bulldozer* merupakan alat gusur yang fungsinya untuk mendorong tanah, batu kerikil atau butiran lainnya dari suatu

tempat ke tempat lain yang telah ditentukan. Pada proyek konstruksi khususnya pemindahan tanah, *bulldozer* digunakan untuk pekerjaan seperti:

1. pembersihan medan dari kayu-kayuan, pokok-pokok/tonggak-tonggak pohon dan batu-batuan,
2. pembukaan jalan kerja di pegunungan maupun di daerah berbatu-batu,
3. memindahkan tanah yang jauhnya hingga 300 *feet* atau ±90 m,
4. menarik *scraper*,
5. menghampar tanah isian/urugan (*fills*),
6. menimbun kembali *trencher*,
7. pembersihan medan,
8. pemeliharaan jalan kerja,
9. menyiapkan material-material dari *soil borrow pit* dan *quarry pit*/tempat pengambilan material.

Bagian depan *bulldozer* dilengkapi dengan tameng baja (*blade*) yang terdiri dari bagian atas dengan ukuran lebih lebar sebagai pendorong (*mold board*) dan bagian bawah dengan ukuran lebih kecil sebagai pemotong (*cutting edge*) yang dapat dibuka dan diganti jika sudah tumpul. Pemilihan *blade* ini harus disesuaikan dengan kemampuan *bulldozer*.

Macam macam blade menurut Rochmanhadi (1992) yang umumnya digunakan pada *bulldozer* yaitu sebagai berikut.

1. *Universal Blade* (*U-Blade)*

   Sayap (*wing*) yang ada di sisi *blade* berfungsi untuk menahan material agar tidak keluar dari jalur dorongan. Hal ini akan membuat *bulldozer* dapat membawa/mendorong muatan yang lebih banyak karena kehilangan muatan relatif kecil dalam jarak yang jauh. Pekerjaan yang menggunakan *blade* jenis ini adalah reklamasi tanah, pekerjaan penyediaan material, dan lain-lain.

2. *Straight Blade* (*S-Blade*)

   Tipe *blade* ini paling cocok untuk segala jenis lapangan. *Blade* ini merupakan modifikasi dari U-Blade tetapi kemampuan menangani materialnya lebih mudah.

3. *Cushion Blade (C-Blade*)

   Blade ini dilengkapi dengan "*rubber cushion*" atau bantalan karet untuk meredam tumbukan. *Cushion blade* dipakai untuk pekerjaan pemeliharaan jalan dan *push loading*. Ukuran *blade*nya juga cukup lebar sehingga meningkatkan kemampuan manuver alat.

4. *Bowldozer*

   Bowldozer dibuat untuk membawa/mendorong material agar jumlah kehilangan tanah selama penggusuran dapat diminimalkan. Hal ini dikarenakan adanya dinding-dinding besi yang ada di samping *blade*.

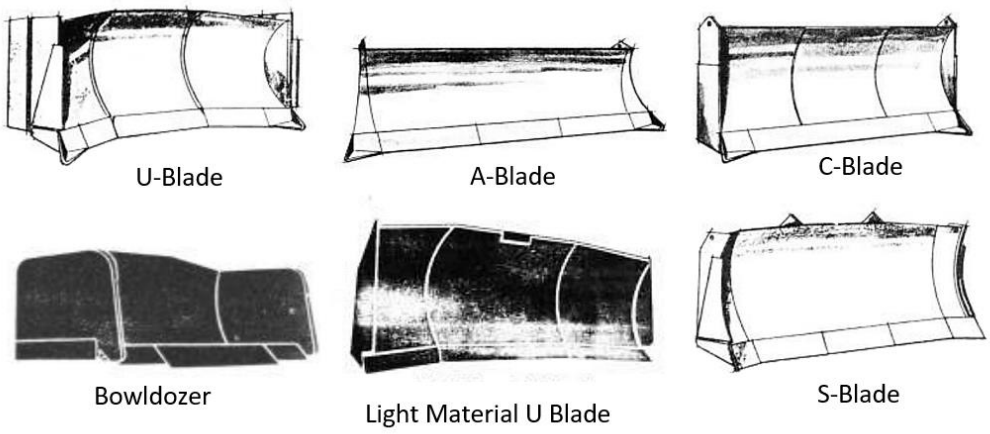
5. *Universal Blade* (*U – Blade for Light Material*)

   Blade ini digunakan untuk pekerjaan untuk material non kohesif (material yang terlepas). Contohnya seperti *stockpile* dari tanah lepas/gembur, reklamasi/pegunungan dengan tanah lepas atau gembur.

6. *Angling Blade* (*A-Blade*)

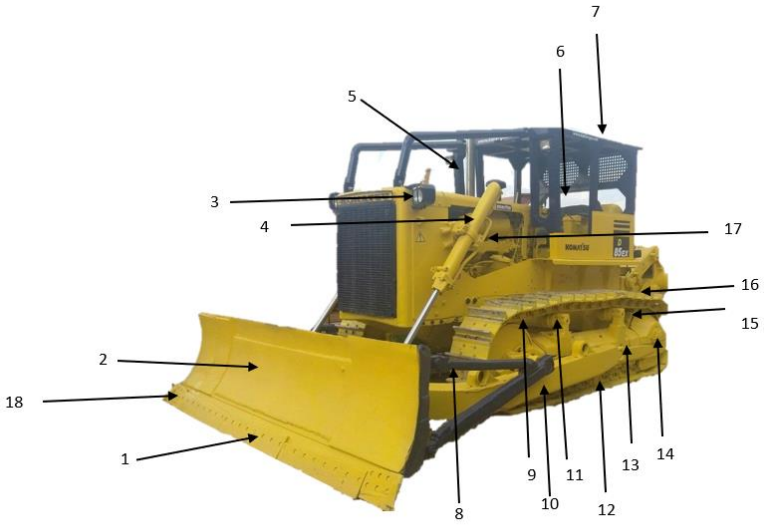
   Tipe *angle blade* dibuat untuk posisi lurus dan menyerong. *Blade* ini digunakan *bulldozer* pada pekerjaan pembuangan ke samping, pembukaan jalan, menggali saluran, dan pekerjaan lainnya yang sesuai. Pada Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Piyungan ini digunakan jenis *blade* yaitu *angle blade* (*A-blade*).

Gambar *blade* tersebut dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar 3.8 Tipe *Blade Bulldozer*
(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2017), struktur *bulldozer* terdiri dari mesin penggerak (*engine*), penghubung tenaga, *attachment*, dan badan (*body*). Bentuk dan struktur *bulldozer* tersebut dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 3.9 Struktur *Bulldozer* Komatsu D85
(Sumber: en.machinerypark.com)

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 struktur tersebut adalah sebagai berikut.

1) *Cutting Edge*

   Cutting edge merupakan bagian dari *blade* yang memiliki fungsi untuk memotong dan meratakan permukaan tanah. Bentuknya seperti mata pisau dan memiliki gerigi.

2) *Blade*

   Blade memiliki fungsi mengangkat, memindahkan atau mendorong material.

3) *Work lamp*

   Work lamp (lampu kerja) memiliki fungsi untuk memberikan pencahayaan yang cukup bagi operator untuk melihat lahan yang akan dikerjakannya. *Bulldozer* memiliki *work lamp* pada bagian depan dan belakang yang dapat dipakai ketika malam hari.

4) *Lift cylinder*

   Lift cylinder berfungsi untuk mengangkat atau menggerakan *blade* naik turun dengan menggunakan tenaga hidrolik. Adanya *lift cylinder*, operator dapat memposisikan *blade* sesuai dengan kebutuhan dan dikontrol dari dalam *cabin.*

5) *Exhaust pipe*

   Exhaust pipe merupakan tempat keluarnya asap sisa pembakaran dari *bulldozer.*

6) *Operator seat*

   Operator seat merupakan tempat duduknya operator dalam *cabin* supaya nyaman dan dapat mengoperasikan *bulldozer.*

7) *Cabin*

   Cabin merupakan tempat kontrol atau ruang kendali *bulldozer*.

8) *Brance*

   Brance merupakan sub bagian dari *straight frame* yang menyepit antara *blade* dan *straight frame* agar dapat bergerak dengan baik serta fungsi penahan.

9) *Front idler*

   Front idler yang bentuk bulat didepan berfungsi sebagai pengarah *track assembly* dan peredam kejut ketika menabrak gundukan.

10) *Straight frame*

Straight frame berfungsi sebagai batang penyangga *blade* untuk menghubungkan antara *blade* dan *track frame* yang dihubungkan dengan engsel sehingga *bulldozer* dapat bergerak naik turun.

11) *Upper roller*

Upper roller yaitu *roller* bagian atas yang berfungsi untuk menahan *track* agar tetap berada pada tempatnya sehingga *bulldozer* dapat bergerak sebagaimana mestinya.

12) *Lower roller*

Lower roller yaitu *roller* bagian bawah yang berfungsi untuk menahan *track* agar tetap berada pada tempatnya sehingga *bulldozer* dapat bergerak sebagaimana mestinya.

13) *Track frame*

Track frame berfungsi untuk menyangga bagian bawah atau struktur sekaligus tempat kedudukan *undercarriage component*. Tempat duduknya *roller, final drive,* dan *straight frame.*

14) *Final drive*

Final drive adalah bagian dari *power train* yang berfungsi untuk menggerakan *track* atau pemutar *track shoe* supaya berputar yang sebelumnya mendapatkan tenaga atau energi dari mesin.

15) *Sprocket*

Sprocket berbentuk gigi, memiliki fungsi meneruskan tenaga putar dari *final drive* untuk menggerakan *bulldozer.*

16) *Track shoe assy*

Track shoe assy sebagai pengikat *track shoe* dan *track link* dengan baut.

17) *Engine*

Mesin ini berupa *diesel engine* dengan tenaga antara 70 hp (52 kw) untuk mendorong sampah, antara 405 hp (302 kw) untuk pertambangan dan antara 104 hp (D6M) sampai 200 hp (D7G) untuk pekerjaan jalan.

18) End bit

End bit merupakan bagian samping atau pojokan *blade* yang menjorok agak keluar memiliki fungsi untuk menyerok material agar masuk kedalam *blade.*

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2017), hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pengoperasian *bulldozer* adalah:

1. Sebelum dioperasikan *bulldozer* perlu diperiksa kondisinya, jika ada oli yang bocor, suku cadang yang rusak atau hilang yang mungkin terjadi pada waktu diistirahatkan di malam hari.
2. Mesin perlu dipanaskan selama tiga menit, transmisi dan sebagainya perlu diganti pada waktunya sesuai pedoman teknis.
3. Gerak mundur *bulldozer* tidak terlalu cepat, pengisian oli mesin dan oli hidrolik tidak berlebihan dan tidak menghentikan mesin secara mendadak, tetapi harus melalui pendinginan terlebih dahulu.

3.9 Produktivitas Alat Berat

Menurut Rochmanhadi (1992), produktivitas alat berat merupakan kemampuan berproduksi alat berat yang dihitung dalam satuan jam. Suatu alat dikatakan produktif apabila pada jam kerja alat tersebut dapat terus bekerja sesuai dengan tugas dan tujuan penggunaan alat pada suatu proyek.

Menurut Rostiyanti (2008), faktor produktivitas dan volume pekerjaan ini akan berpengaruh terhadap durasi pekerjaan. Produktivitas merupakan perbandingan antara hasil yang diperoleh (*output*) dengan sumber daya yang digunakan (*input*). Produktivitas ini bergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat. Rumus dasar mencari produktivitas alat adalah sebagai berikut.

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{kapasitas}}{\text{CT}} \qquad (3.3)$$

Dimana,

CT = *Cycle Time* (menit)

Cara menghitung taksiran produktivitas alat berat memiliki cara yang berbeda-beda sesuai dengan fungsinya, tetapi dasar perhitungannya sama yaitu:

$$\text{Produktivitas} = \text{kapasitas} \times \frac{60}{\text{CT}} \times \text{efisiensi} \qquad (3.4)$$

Sedangkan, rumus yang digunakan untuk menghitung jumlah kebutuhan alat berat berdasarkan AHSP Bina Marga adalah:

$$n = \frac{V}{Q \times Ts} \quad (3.5)$$

dimana:

n = jumlah alat

V = volume pekerjaan (m^3)

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

Ts = waktu siklus dalam menit

Setelah mengetahui jumlah masing-masing alat, maka langkah selanjutnya adalah menghitung durasi pekerjaan dari alat-alat tersebut. Menurut Rostiyanti (2008), salah satu caranya adalah dengan menentukan nilai produktivitas alat setelah dikalikan dengan jumlahnya. Setelah itu dibandingkan dengan produktivitas total masing-masing alat dengan mencari produktivitas total terkecil. Lama pekerjaan dapat dicari menggunakan rumus berikut.

$$\text{Durasi} = \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produktivitas terkecil}} \quad (3.6)$$

Menurut Rostiyanti (2008), faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas alat berat yaitu sebagai berikut.

3.6.1 Waktu siklus

Menurut Rostiyanti (2008), waktu siklus dalam pemindahan material merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang. Waktu siklus merupakan waktu yang diperlukan suatu alat dalam suatu siklus kegiatan seperti menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan dan kembali ke kegiatan awal. Waktu siklus ini terdiri dari empat unsur yaitu waktu muat atau *loading time* (LT), waktu angkut atau *hauling time* (HT), waktu pembongkaran atau *dumping time* (DT), dan waktu tunggu atau *spotting time* (ST).

Unsur pertama yang mempengaruhi waktu siklus adalah waktu muat atau loading time (LT). Waktu muat merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat untuk memuat material kedalam alat angkut sesuai kapasitas alat angkut. Nilai LT tergantung dari jenis tanah, ukuran unit, metode pemuatan, dan efisiensi alat (Rostiyanti, 2008).

Unsur yang kedua adalah waktu angkut atau *hauling time* (HT) dan waktu kembali atau *return time* (RT). Waktu ini merupakan waktu yang dibutuhkan suatu alat untuk bergerak dari tempat pemuatan ke tempat pembongkaran. Waktu angkut tergantung dari jarak tempuh, kondisi jalan, dan tenaga alat. Sedangkan, waktu kembali adalah waktu yang diperlukan suatu alat untuk kembali ke tempat pemuatan (Rostiyanti, 2008).

Unsur ketiga adalah waktu pembongkaran atau *dumping time* (DT) yaitu unsur terpenting dari waktu siklus. Waktu ini tergantung dari jenis tanah, jenis alat, dan metode yang digunakan. Waktu pembongkaran merupakan bagian terkecil dari waktu siklus (Rostiyanti, 2008).

Unsur keempat adalah waktu tunggu atau *spotting time*. Waktu ini merupakan waktu yang diperlukan suatu alat untuk kembali ke tempat pemuatan dan alat tersebut harus antri serta menunggu alat diisi kembali. Waktu antri inilah yang disebut waktu tunggu (Rostiyanti, 2008).

Berdasarkan unsur-unsur tersebut dapat dibuat sebuah persamaan sebagai berikut.

$$CT = LT + HT + DT + RT + ST \quad (3.7)$$

3.6.2 Material

Menurut Rostiyanti (2008), pada pekerjaan pemindahan bahan atau material, volume material ditentukan berdasarkan keadaan material dalam proses pemindahannya. Terdapat 3 (tiga) macam satuan volume material dalam pekerjaan yaitu:

1. volume material asli, yaitu volume yang diukur ketika masih di tempat aslinya atau belum diganggu,
2. volume material lepas, yaitu volume yang diukur dalam keadaan lepas yaitu ketika material dipindahkan atau mengalami perubahan bentuk,
3. volume material padat, yaitu volume yang diukur dalam keadaan material telah dipadatkan menggunakan *compacted material*.

3.6.3 Efisiensi

Faktor efisiensi dibagi menjadi 2 (dua) faktor yaitu faktor efisiensi alat dan faktor koreksi. Menurut Rostiyanti (2008), faktor efisiensi alat adalah menit alat

bekerja secara efektif dalam satu jam. Penjelasan mengenai kedua faktor tersebut adalah sebagai berikut.

1. Faktor efisiensi alat

   Hasil produksi dari suatu peralatan yang sebenarnya atau pada kondisi *existing*, tidak akan sama dengan hasil perhitungan berdasarkan kapasitas yang tertulis di brosur karena banyaknya faktor-faktor yang berpengaruh. Estimasi besarnya setiap faktor tersebut sulit sehingga digunakan faktor-faktor gabungan untuk mempermudahnya. Faktor ini disebut sebagai faktor efisiensi kerja alat (Fa). Nilainya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.5 Efisiensi Kerja

Kondisi Operasi Alat Berat	**Pemeliharaan Mesin**				
	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. Faktor koreksi

   Menurut Rochmanhadi (1992), faktor koreksi tersebut meliputi operator, material, cuaca, kondisi medan, dan faktor manajemen kerja. Besarnya faktor yang mempengaruhi ditetapkan sebagai berikut.

   a. Faktor operator

      Peralatan baru = 1,00

      Peralatan baik (lama) = 0,90

      Peralatan yang rusak ringan = 0,80

   b. Faktor peralatan

      Operator kelas I = 1,00

Operator kelas II = 0,80

Operator kelas III = 0,70

c. Faktor material

Kohesif = 0,75 – 1,00

Non kohesif = 0,60 – 1,00

d. Faktor cuaca

Baik = 1,00

Sedang = 0,80

e. Faktor kondisi medan/lapangan

Berat = 0,70

Sedang = 0,80

Ringan = 1,00

f. Faktor manajemen kerja

Sempurna = 1,00

Baik = 0,92

Sedang = 0,82

Buruk = 0,75

3.10 Pemilihan Peralatan Pekerjaan Timbunan

Pada suatu proyek terdapat pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh manusia sehingga menggunakan alat khusus yaitu alat berat. Pemilihan peralatan ini didasarkan pada beberapa faktor seperti jenis pekerjaan yang dilakukan, sifat materialnya, volume pekerjaan, dan kondisi medan di lokasi pekerjaan. Oleh karena itu diperlukan pemilihan kombinasi alat berat yang tepat agar alat tersebut dapat berfungsi secara efektif dan efisien. Pada pekerjaan timbunan di Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan digunakan dua alat berat yaitu *excavator* dan *bulldozer*. Perhitungan produktivitas alat dapat dilihat sebagai berikut.

3.10.1 Produktivitas *Excavator*

Menurut Rochmanhadi (1992), kegiatan yang dilakukan *excavator* pada pekerjaan galian dan timbunan adalah mengeruk, menggali, serta mengangkut berbagai macam material. Secara umum, bagian utama *excavator* terdiri dari

bagian atas *revolving* unit (bisa berputar), bagian bawah *travel* unit (untuk berjalan), dan bagian *attachment* yang dapat diganti. Empat gerakan yang akan menentukan lama waktu siklus adalah:

1. mengisi *bucket* (*land bucket*),
2. mengayun (*swing loaded*),
3. membongkar beban (*dump bucket*),
4. mengayun balik (*swing empty*).

Selain itu, waktu siklus ini juga tergantung dari ukuran *excavator* dan kondisi kerjanya. *Excavator* dengan ukuran lebih kecil, waktu siklusnya akan lebih cepat dibandingkan dengan *excavator* dengan ukuran lebih besar. Sedangkan, kondisi kerja yang baik akan membuat siklus waktu menjadi lebih cepat dibandingkan pada kondisi kerja yang sulit seperti penggalian tanah liat atau keras, penggalian parit pada tanah keras, dan lain-lain.

Menurut Rostiyanti (2008), nilai produksi *excavator* ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Q = V \times \frac{3600}{CT} \times S \times BFF \times E \quad (3.8)$$

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

Sedangkan untuk kapasitas *bucket excavator* dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$V = q' \times K \quad (3.9)$$

Keterangan:

q’ = kapasitas munjung (penuh) tercantum dalam spesifikasi alat

K = faktor *bucket* yang besarnya tergantung tipe dan keadaan tanah

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

Tabel 3.6 Faktor *Bucket Excavator*

Kondisi Pemuatan		Faktor
Ringan	Menggali dan memuat dari *stockpile* atau material yang telah dikeruk oleh *excavator* lain, yang tidak diperlukan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam *bucket*. Pasir, tanah berpasir, tanah koloidal dengan kadar air sedang.	0,8 – 1,00
Sedang	Pada kondisi ini menggali dan memuat *stockpile* lepas dari tahan yang keras untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hampir munjung. Pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran, tanah liat, *gravel* yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat *gravel* langsung dari bukit *gravel* asli	0,6 – 0,8
Agak Sulit	Pada kondisi ini *bucket* dapat memuat tanah liat yang keras, pasir campur kerikil, tanah berpasir, tanah koloidal liat dan batu pecah. Akan tetapi pada kondisi ini sulit untuk mengisi *bucket*	0,5 – 0,6
Sulit	Pada kondisi ini *bucket* memuat dan menggali bongkahan batuan besar yang tidak beraturan. Ukuran dan bentuknya yang tidak beraturan membuat *bucket* akan sulit menampung material tersebut sehingga daya tampung *bucket* tidak menghasilkan daya tampung maksimal	0,4 – 0,5

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

Selanjutnya, nilai waktu siklus dapat dicari dengan menggunakan persamaan berikut.

CT = waktu gali + (2 x waktu putar) + waktu buang (3.10)

Waktu gali *excavator* dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.7 Waktu Gali *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 dipengaruhi oleh sudut putaran *excavator*. Nilainya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.8 Waktu Putar *Excavator*

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

(Sumber: Rochmanhadi, 1992)

Sedangkan, waktu pembuangan material dari *excavator* adalah sebagai berikut.

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

Menurut Rostiyanti (2008), perhitungan produktivitas alat berat membutuhkan faktor koreksi berupa faktor koreksi untuk sudut putar dan faktor koreksi untuk alat gali. Berikut ini merupakan nilai dari faktor-faktor tersebut.

Tabe 3.9 Faktor Koreksi (S) untuk Kedalaman dan Sudut Putar

Kedalaman Penggalian (% dari Maks.)	Sudut Putar (°)					
	45	60	75	90	120	180
30	1,33	1,26	1,21	1,15	1,08	0,95
50	1,28	1,21	1,16	1,10	1,03	0,91
70	1,16	1,16	1,05	1,00	0,94	0,83
90	1,04	1,05	0,95	0,90	0,85	0,75

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

Tabel 3.10 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 peledakan buruk	40 – 70
Batuan dengan peledakan baik	70 -90

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

3.10.2 Produktivitas *Bulldozer*

Bulldozer memiliki kemampuan untuk mendorong lurus ke depan dan kemampuan untuk mendorong ke samping. Pada pekerjaan pemindahan material, komponen-komponen waktu yang mempengaruhi siklus kerja *bulldozer* adalah:

Cycle time = dozing + reversing + gear shifting (3.11)

Keterangan:

Dozing = waktu mendorong kembali material

Reversing = waktu kembali mundur

Gear shifting = waktu ganti persneling

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

Sedangkan, faktor yang mempengaruhi waktu siklus *bulldozer* yaitu:

1. Ukuran unit

   Semakin besar unit maka *cycle time* nya akan semakin lambat.

2. Jenis material

   Bongkahan material yang besar dan jenis material yang basah akan mengakibatkan daya dorong terhadap material tinggi dan berpengaruh terhadap waktu lamanya penggusuran.

3. Keterampilan operator

   Semakin baik keterampilan operator dalam mengoperasikan alat maka *cycle time* akan semakin cepat.

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

Menurut Rostiyanti (2008), nilai produksi *bulldozer* ini dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$Q = V \times \frac{3600}{CT} \times E \quad (3.12)$$

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 dicari menggunakan persamaan:

$$V = L \times H^2 \times a \quad (3.13)$$

dimana,

L = lebar *blade* (m)

H = tinggi *blade* (m)

a = faktor *blade*

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

Tabel 3.11 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 keriki, split atau batu pecah	0,9 – 0,7

Lanjutan Tabel 3.9 Faktor Sudu *Bulldozer*

Derajat Pelaksanaan Penggusuran		Faktor Sudu
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 *bulldozer* dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$CT = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + z \quad (3.14)$$

Keterangan:

D = jarak angkut/gusur (m)

F = kecepatan maju (m/detik)

R = kecepatan mundur (m/detik)

Z = waktu ganti persneling (detik)

Waktu yang digunakan untuk ganti persneling adalah sebagai berikut.

Tabel 3.12 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)

3.11 Biaya Penggunaan Alat Berat

Menurut Lantang (2014), biaya merupakan harga dari bangunan yang dihitung secara cermat dan teliti serta memenuhi syarat. Biaya ini berbeda-beda antara satu kota dengan kota lainnya karena adanya harga bahan dan harga upah. Menurut Lantang (2014), perencanaan biaya suatu bangunan atau proyek adalah

perhitungan biaya yang diperlukan untuk bahan dan upah, serta biaya-biaya yang berhubungan dengan pelaksanaan bangunan dan proyek tersebut. Biaya ini termasuk salah satunya penggunaan alat berat. Menurut Gransberg, dkk. (2006), komponen penting biaya sewa alat berat ini antara lain adalah sebagai berikut.

1. Biaya bahan bakar

   Konsumsi bahan bakar terjadi ketika alat dioperasikan. Jumlah bahan bakar yang dikonsumsi oleh peralatan per jam dapat diperkirakan dengan mengalikan konsumsi bahan bakar per jam dengan unit biaya bahan bakar (Gransberg, dkk., 2006).

2. Biaya minyak pelumas

   Jumlah oli yang dibutuhkan mesin per penggantian mencakup jumlah waktu operasi dan lamanya penggantian. Jumlah minyak pelumas yang dibutuhkan ini bervariasi tergantung ukuran mesin, kapasitas bak mesin, kondisi ring piston, dan jumlah jam antara penggalian oli. Penggantian pelupas ini dilakukan setiap 100 sampai 200 jam (Gransberg, dkk., 2006).

3. Biaya mobilisasi dan demobilisasi

   Biaya ini adalah biaya pemindahan peralatan dari suatu lokasi ke lokasi kerja lainnya. Biaya mobilisasi dan demobilisasi ini menjadi penting dalam pekerjaan apapun yang membutuhkan sejumlah peralatan. Biaya ini termasuk biaya pengangkutan khusus untuk alat berat yang disewa. Besar kecilnya biaya ini tergantung dari besarnya jarak dari tempat penyewaan ke lokasi proyek (Gransberg, dkk., 2006).

4. Biaya sewa

   Biaya penyewaan alat ini ada jika kontraktor menyediakan alat dengan cara menyewa. Besarnya penyewaan ini dihitung dalam biaya/jam. Biaya ini harus dihitung terpisah dari biaya operasi. Besarnya biaya sewa tergantung dari tempat penyewaan alat (Gransberg, dkk., 2006).

5. Biaya operator

   Biaya operator ini mencakup biaya upah per jam. Besarnya biaya ini tergantung dari lokasi pekerjaan, perusahaan, dan peraturan yang berlaku di lokasi tersebut (Gransberg, dkk., 2006).

Pada penelitian ini, komponen biaya sewa alat yang akan dihitung adalah biaya sewa alat berat per jam, biaya bahan bakar, dan biaya operator.

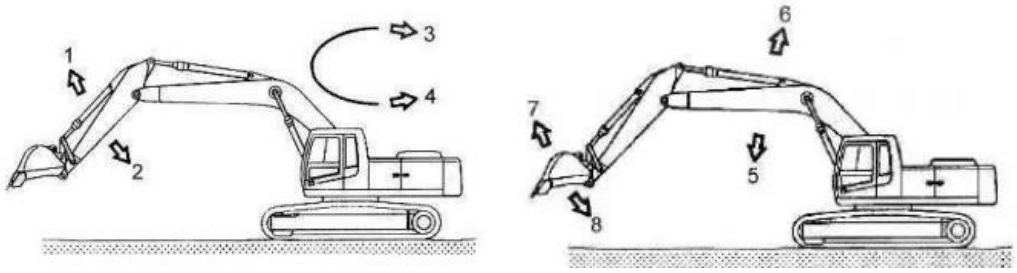
3.12 Rencana Manuver Alat Berat

Manuver atau pergerakan alat berat di lapangan digunakan untuk menentukan alternatif kombinasi alat berat nantinya. *Excavator* akan melakukan pekerjaan galian sampah dan tanah untuk dikumpulkan. Kemudian, *bulldozer* akan membantu *excavator* meratakan material tersebut sehingga terbentuklah *layer-layer* sesuai elevasi rencana.

Berdasarkan Kementerian PUPR (2016), Gerakan-gerakan yang dapat dilakukan *excavator* ketika bekerja adalah sebagai berikut.

1. Gerakan *arm* keluar atau menjauh
2. Gerakan *arm* masuk atau mendekat
3. Gerakan *swing* ke kanan atau memutar ke kanan
4. Gerakan *swing* ke kiri atau memutar ke kiri
5. Gerakan *boom* turun atau ke bawah
6. Gerakan *boom* naik atau ke atas
7. Gerakan *bucket* membuka atau membuang
8. Gerakan *bucket* menutup atau memuat

Gerakan tersebut dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.10 Pergerakan *Excavator*
(Sumber: Kementerian PUPR, 2016)

Berdasarkan gambar, dapat dilihat bahwa *excavator* membutuhkan area yang cukup luas untuk melakukan pekerjaannya karena gerakan alat yang dimilikinya. Selain

itu perlu adanya kewaspadaan karena *excavator* dapat bergerak 180^o. Selain itu, perlu adanya rencana pembuatan rute jalan yang diusahakan rata dan medan yang kuat untuk dilintasi supaya tidak mudah terguling.

Selain itu, alat berat yang digunakan pada proyek ini adalah *bulldozer*. Oleh karena itu, perlu adanya pengetahuan mengenai pergerakan *bulldozer*. Berdasarkan Kementerian PUPR (2015), gerakan yang dapat dilakukan oleh *bulldozer* adalah sebagai berikut.

1. Gerakan menggusur langsung

   Gerakan ini adalah gerakan mendorong material dengan *blade* ke tempat pembuangan. Pada pekerjaan perataan, *blade* dapat diisi penuh supaya hasilnya lebih rata.
2. Gerakan menggusur di dalam alur

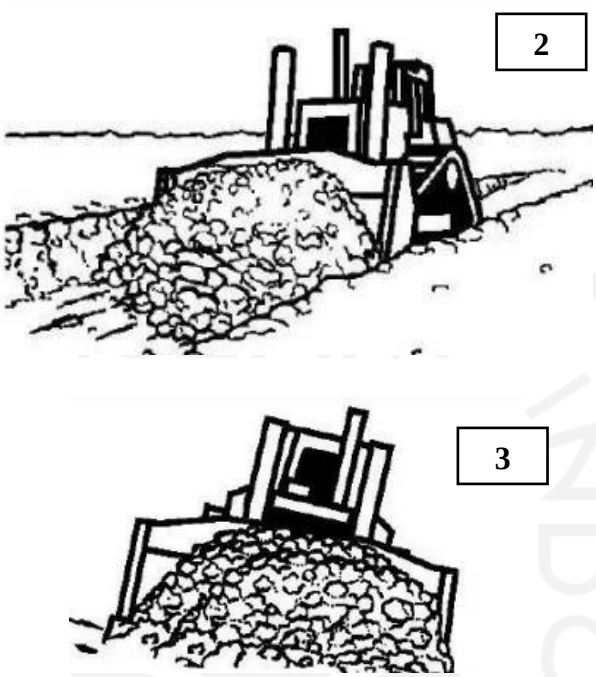
   Gerakan ini merupakan gerakan menggusur material dengan menjebaknya di dalam parit, sehingga hasil material yang diangkut menjadi lebih banyak karena tumpahannya tertahan oleh dinding parit.
3. Gerakan menggusur di lereng

   Jika memungkinkan gerakan ini dapat dilakukan secara vertikal. Akan tetapi lebih aman bekerja secara horizontal. Ketika bekerja di lereng, maka perlu kewaspadaan supaya alat berat tidak terbalik dan tergelincir. Apabila bekerja di lereng, maka pekerjaan dilakukan dari bagian tertinggi ke bagian yang rendah, sedangkan material gusuran diarahkan ke bawah untuk meningkatkan stabilitas.

Gambar pergerakan tersebut dapat dilihat sebagai berikut.



1



Gambar 3.11 Pergerakan *Bulldozer*
(Sumber: Kementerian PUPR, 2015)

3.13 Analisis Perhitungan Volume

Menurut Duffy (2017), terdapat beberapa metode perhitungan volume tanah seperti metode *depth area*, metode grid, metode *average area*, metode prismodal, dan metode kontur. Akan tetapi pada penelitian ini hanya akan digunakan metode kontur untuk perhitungan volumenya. Metode kontur memanfaatkan ketinggian kontur garis yang digambar pada peta topografi area pekerjaan dari muka tanah asli dan muka tanah rencana/*design* untuk menghitung volume timbunannya. Perhitungan volume menggunakan metode ini berdasarkan perbedaan elevasi dari kedua permukaan. Persamaan metode kontur tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

$$V = H \times \left(\frac{A1+A2}{2}\right) \quad (3.15)$$

Keterangan:

V = volume tanah (m^3)

A = luas hasil potongan (m^2)

H = elevasi / Interval antar kontur (m)

BAB IV
METODE PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Pada bab ini akan menjelaskan metode penelitian yang akan digunakan. Metode penelitian merupakan suatu langkah yang dilakukan peneliti untuk mendapatkan data dalam melakukan penelitian. Proses ini dimulai dengan tinjauan pustaka untuk mengetahui informasi dan data-data yang berkaitan dengan pokok penelitian. Data tersebut dapat diperoleh melalui bahan kuliah, media internet, media cetak maupun sumber lainnya.

4.2 Subjek dan Objek Penelitian

Sebelum melakukan pengumpulan data, maka perlu ditentukan subjek dan objek penelitian. Proses penelitian menjadi lebih mudah jika subjek dan penelitian tersebut sudah ditentukan, sehingga dapat ditentukan teknik pengambilan datanya. Teknik pengambilan data yang dilakukan pada penelitian ini adalah melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi ke lokasi proyek. Sedangkan, subjek dan objek penelitian ini adalah sebagai berikut.

4.2.1 Subjek Penelitian

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, subjek adalah orang, tempat, atau benda yang diamati dalam rangka pembuntutan sebagai sasaran. Definisi lain subjek penelitian menurut Amirin (1995), subjek penelitian adalah bagian sumber riset yang ditentukan guna memperoleh keterangan penelitian atas segala sesuatu yang mengenai topik riset sehingga mampu diperoleh keterangan. Berdasarkan kedua pengertian tersebut maka dapat diartikan bahwa subjek penelitian dapat berupa orang, tempat maupun benda yang dapat digunakan sebagai data informasi penelitian. Pada penelitian produktivitas alat berat pada pemindahan sampah di TPA Piyungan, subjek penelitiannya adalah alat berat pada pekerjaan timbunan yaitu *excav*ator dan *bulldozer*.

4.2.2 Objek Penelitian

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, objek adalah hal, perkara, atau orang yang menjadi pokok pembicaraan. Sedangkan, menurut Ratna (2010), objek penelitian adalah keseluruhan gejala yang ada di sekitar kehidupan manusia. Jika dilihat dari sumbernya objek penelitian ini terdiri dari tiga elemen yaitu tempat, pelaku dan aktivitas. Pada penelitian produktivitas alat berat pada pemindahan sampah di TPA Piyungan, objek penelitiannya adalah Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan.

4.3 Metode Penelitian

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), metode adalah cara teratur yang digunakan untuk melaksanakan suatu pekerjaan agar tercapai sesuai dengan yang dikehendaki. Sedangkan, penelitian adalah kegiatan pengumpulan, pengolahan, analisis, dan penyajian data yang dilakukan secara sistematis dan objektif untuk memecahkan suatu persoalan atau menguji suatu hipotesis untuk mengembangkan prinsip-prinsip umum. Berdasarkan kedua pengertian tersebut, KBBI menyimpulkan bahwa arti metode penelitian adalah cara mencari kebenaran dan asas-asas gejala alam, masyarakat, atau kemanusiaan berdasarkan disiplin ilmu yang bersangkutan. Pada penelitian Tugas Akhir ini, metode penelitian disusun mulai dari menentukan topik penelitian, memilih lokasi penelitian, melakukan studi pustaka dan landasan teori, melakukan pengumpulan data baik primer maupun sekunder, melakukan analisis data, melakukan pembahasan, kemudian memberikan hasil dan kesimpulan.

4.4 Item Pekerjaan Proyek

Rangkaian pekerjaan yang ada di Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional ini adalah sebagai berikut.

Tabel 4.1 Item Pekerjaan Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional

No	Jenis Pekerjaan
A	**Pekerjaan Persiapan dan Urugan**
1.	Pekerjaan Persiapan
2.	Pekerjaan Pemadatan dan Urugan
B	**Pekerjaan Perkuatan dan Pembentukan Lereng**
1.	Layer I: elevasi +108 ke +116
2.	Layer II: elevasi +116 ke +124
3.	Pekerjaan Loading Area di Zona B
C	**Pekerjaan Drainase (*Precast*)**
1.	Layer I: elevasi +108 ke +116
2.	Layer II: elevasi +116 ke +124
3.	Drainase penghubung layer +116 ke +108
D	**Pekerjaan Jalan Operasional Lereng**
1.	Layer I: elevasi +108 ke +116
2.	Layer II: elevasi +116 ke +124

Pekerjaan yang diamati pada penelitian ini, hanya pekerjaan timbunan untuk tanah dan sampah. Pengamatan bertujuan untuk mengetahui produktivitas dari *excavator* dan *bulldozer* ketika mengerjakan pekerjaan tersebut.

4.5 Data dan Metode Pengumpulan Data

Sebelum melakukan pengolahan data, maka perlu diketahui data penelitian yang dibutuhkan, baik primer maupun sekunder. Setelah itu, menentukan metode pengumpulan data tersebut. Penjelasan mengenai data dan metode pengumpulan data adalah sebagai berikut.

4.5.1 Data Penelitian

Data berasal dari Bahasa Latin yaitu "*datum*" yang berarti "sesuatu yang diberikan" dan partisip masa lampau netral dari *dare*, yang berarti "memberi". Pengertian lainnya menurut Hariyanto (2004), data merupakan sebuah rekaman dari fakta, konsep, atau instruksi yang harus diproses untuk menjadi sebuah informasi

yang dapat dimengerti manusia. Berdasarkan pengertian tersebut dapat diartikan bahwa data merupakan kumpulan fakta dan angka yang digunakan sebagai informasi. Data tersebut meliputi data primer dan data sekunder.

1. Data Primer

   Menurut Yulianto, dkk. (2018), data primer merupakan data yang diperoleh melalui *survey* lapangan dengan menggunakan semua metode pengumpulan data original. Data ini merupakan jenis data yang dikumpulkan secara langsung dari sumber utamanya melalui wawancara, *survey*, observasi untuk memperoleh data lapangan. Biasanya waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan data ini lebih lama. Data primer biasanya mengacu pada data yang terus berkembang setiap waktu. Pada penelitian ini, data primer berupa jam kerja masing-masing alat.

2. Data Sekunder

   Menurut Yulianto, dkk. (2018), data sekunder merupakan data yang telah dikumpulkan oleh lembaga pengumpul data dan dipublikasikan kepada masyarakat pengguna jasa. Data ini biasanya berbentuk diagram, grafik, atau tabel. Biasanya waktu yang dibutuhkan untuk mendapatkan data ini lebih cepat. Data ini dapat dikumpulkan melalui sumber buku, media internet, jurnal maupun dokumen pemerintah. Pada penelitian ini, data sekunder berupa:

   a. denah lokasi,
   b. durasi pekerjaan Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan,
   c. spesifikasi alat berat, seperti jenis dan merk alat berat serta biaya sewa alat berat,
   d. data-data pekerjaan, berupa volume pekerjaan timbunan.

4.5.2 Metode Pengumpulan Data

Menurut Waluyo (2007), metode pengumpulan data ditentukan setelah menentukan latar belakang, tujuan dan manfaat penelitian. Menurut Yulianto, dkk. (2018), metode pengumpulan data adalah suatu metode untuk mengumpulkan data dari orang-orang atau objek yang telah ditetapkan sebagai sampel. Tujuan adanya

metode pengumpulan data adalah untuk mendapatkan informasi yang valid atau akurat untuk menjelaskan suatu hal atau situasi dan kondisi tertentu.

Metode pengumpulan data penelitian ini adalah melalui metode penelitian kuantitatif dan kualitatif. Menurut Yulianto, dkk. (2018), metode kuantitatif merupakan data yang diukur dalam skala numerik atau angka yang dibagi menjadi data interval dan data rasio. Sedangkan, metode kualitatif merupakan data yang tidak dapat diukur dalam skala numerik tetapi datanya dinyatakan dalam bentuk kategori atau skala peringkat. Menurut Sugiyono (2017), metode untuk mendapatkan data primer adalah melakukan wawancara dan observasi. Sedangkan, cara untuk memperoleh data sekunder adalah melalui dokumentasi.

1. Wawancara

   Menurut Sugiyono (2017), wawancara adalah teknik pengumpulan data apabila peneliti akan melaksanakan studi pendahuluan untuk menemukan permasalahan yang harus diteliti, dan juga peneliti ingin mengetahui hal-hal dari responden yang mendalam dan jumlah respondennya sedikit atau kecil. Wawancara terdiri atas tiga kategori, yaitu wawancara terstruktur, wawancara tidak terstruktur, dan wawancara semi tersturktur.

   Wawancara terstruktur adalah wawancara yang dilakukan setelah peneliti mengetahui dengan pasti informasi yang akan dicari dari narasumber. Peneliti biasanya akan membuat daftar pertanyaan secara sistematis. Sedangkan wawancara tidak terstruktur adalah wawancara bebas. Pada kondisi ini, peneliti tidak menggunakan pedoman wawancara yang berisi pertanyaan-pertanyaan spesifik tetapi membuat poin-poin penting dari masalah yang ingin dicari dari narasumber. Sementara itu, wawancara semi terstruktur adalah kondisi pewawancara diperbolehkan mengajukan pertanyaan yang tidak sesuai dengan urutan wawancara yang sudah ditetapkan tetapi masih dalam tema yang sama. Pewawancara pada wawancara semi terstruktur memiliki pertanyaan yang fleksibel dan digunakan untuk penyelidikan yang lebih dalam (Sugiyono, 2017).

   Pada pengumpulan data penelitian ini, wawancara dilakukan secara terstruktur, yaitu wawancara mengenai jam kerja masing-masing alat berat.

Jawaban ini nantinya akan dibandingkan dengan kondisi di lapangan. Narasumber dalam penelitian ini yaitu *Project Manager* dan *Site Operasional Manager* Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan.

2. Observasi

Menurut Sugiyono (2017), observasi adalah aktivitas pengamatan terhadap objek secara langsung di lokasi penelitian serta mencatat secara sistematis gejala-gejala yang diteliti. Observasi dibagi menjadi tiga kategori yaitu observasi partisipan, observasi terang-terangan dan observasi tak terstruktur.

Observasi partisipan adalah observasi yang dilakukan peneliti terlibat langsung dalam kegiatan sehari-hari orang atau situasi yang diamati sebagai sumber data. Pada observasi partisipan, peneliti ikut melakukan kegiatan yang dilakukan subjek sebagai sumber data. Sedangkan observasi secara terang-terangan adalah observasi yang penelitinya menyatakan terus terang kepada sumber data bahwa sedang melakukan penelitian. Kategori yang ketiga adalah observasi tak terstruktur yaitu observasi yang tidak dipersiapkan secara sistematis tentang hal yang akan diobservasi. Hal ini dilakukan jika peneliti tidak tahu secara pasti pengamatan yang dilakukan (Sugiyono, 2017).

Pada penelitian ini, dilakukan observasi non partisipan yaitu observasi terang-terangan, yaitu peneliti datang ke tempat kegiatan yang diamati tetapi tidak ikut terlibat dalam kegiatan tersebut. Selain itu, peneliti juga telah mempersiapkan *form* dan kegiatan yang akan dilakukan selama observasi. Observasi dilakukan dengan cara pengamatan di lapangan proyek untuk mengetahui kondisi nyata jam kerja alat berat. Adanya observasi ini, kegiatan alat berat di Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan dapat diketahui.

Langkah-langkah observasi yang dilakukan untuk mencatat kondisi nyata jam kerja alat berat adalah sebagai berikut.

a. Observasi dilakukan dengan pengamatan waktu siklus untuk masing-masing alat di lokasi proyek.

b. Pencatatan waktu tersebut dibantu menggunakan *stopwatch* dan video rekaman.
c. Setelah didapatkan waktu siklus tersebut, kemudian dirata-rata dan didapatkan waktu siklusnya.

3. Dokumentasi

   Menurut Sugiyono (2017), dokumentasi adalah salah satu metode pengumpulan data kualitatif dengan mencermati atau menganalisis dokumen-dokumen yang dibuat subjek sendiri maupun orang lain dalam penelitian. Dokumentasi berupa pengambilan gambar ini dilakukan oleh peneliti untuk memperkuat hasil penelitian. Dokumentasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah mengambil dokumen gambar berbentuk gambar dan video di lapangan, serta data yang didapat melalui narasumber.

4.6 Metode Pengolahan Data

Menurut Sugiyono (2017), metode pengolahan data merupakan proses pengolahan data yang dilakukan peneliti untuk mencari dan menyusun secara sistematis data yang diperoleh melalui hasil wawancara, catatan lapangan, dan dokumentasi sehingga mudah dipahami oleh diri sendiri dan orang lain. Fungsi dan pentingnya pengolahan adalah untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat. Pengolahan data ini dilakukan baik untuk data primer maupun data sekunder. Analisis yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan perhitungan produktivitas alat berat yang bertujuan mengetahui alternatif kombinasi alat berat untuk pekerjaan timbunan dan penataan yang dapat digunakan pada Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan.

Tahapan-tahapan yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengolahan data adalah sebagai berikut.

1. Melakukan studi pustaka menangani topik penelitian melalui jurnal, buku, media internet, dan literatur lainnya
2. Mencatat teori-teori penting yang berhubungan dengan manajemen konstruksi serta hal-hal lain yang terkait.

3. Mengumpulkan data primer dan sekunder yang didapat dari kontraktor dan pelaksana proyek melalui wawancara dan observasi ke lapangan.
4. Melakukan analisis data untuk memilih alat berat pada pekerjaan timbunan dan penataan sampah.

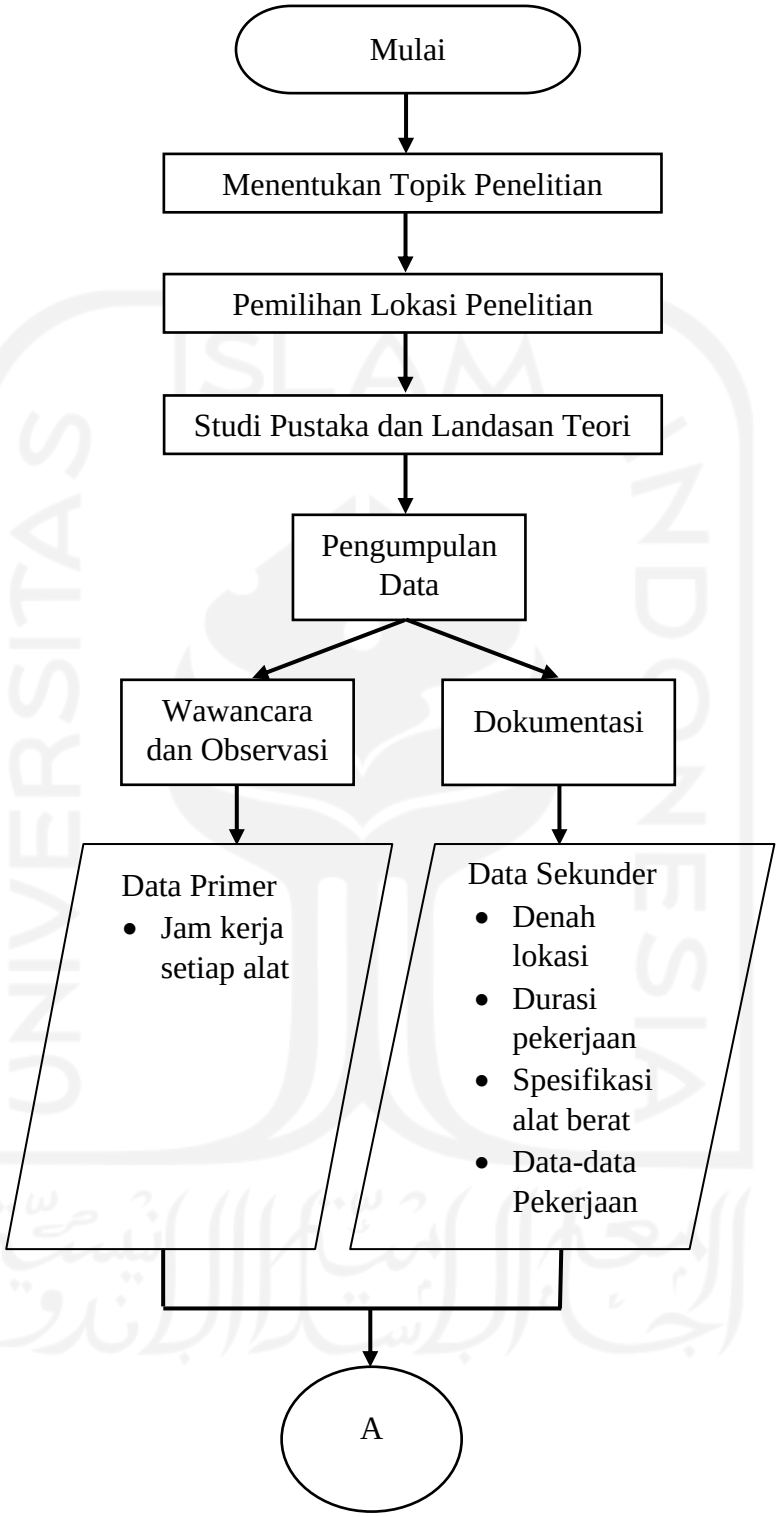
Analisis pemilihan kombinasi alat berat yang efektif dan efisien dalam aspek waktu dan biaya dilakukan melalui beberapa tahapan yaitu sebagai berikut.

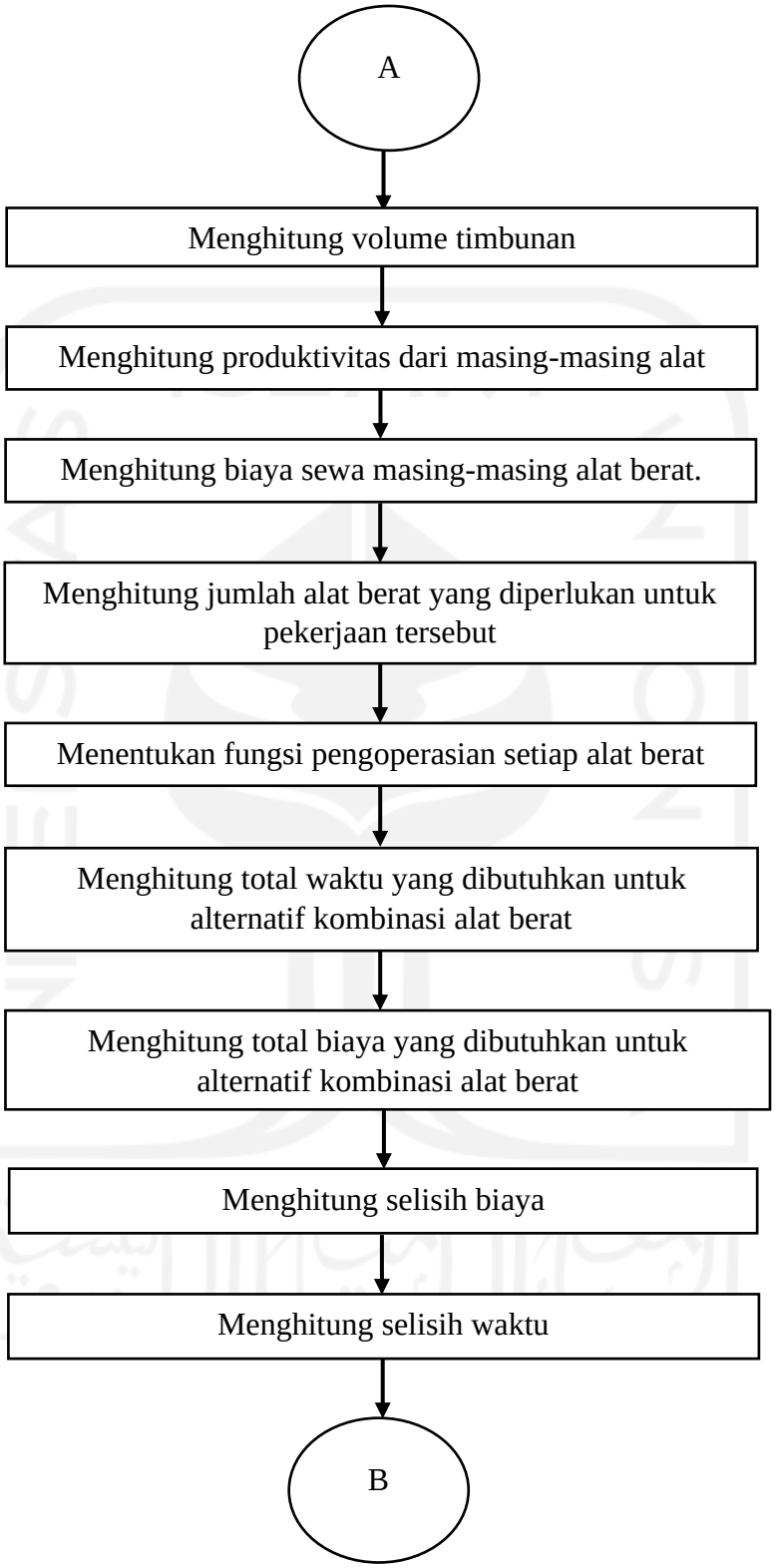
1. Menghitung volume timbunan berdasarkan peta kontur tanah asli terhadap elevasi rencana.
2. Menghitung produktivitas dari masing-masing alat berat yaitu *excavator* dan *bulldozer*.
3. Menghitung biaya sewa masing-masing alat berat.
4. Menghitung jumlah alat berat yang diperlukan untuk pekerjaan tersebut.
5. Menentukan fungsi pengoperasian setiap alat berat dalam pekerjaan tersebut.
6. Menghitung total waktu yang dibutuhkan untuk alternatif kombinasi alat berat.
7. Menghitung total biaya yang dibutuhkan untuk alternatif kombinasi alat berat.
8. Menghitung selisih biaya yang dikeluarkan pada kondisi *existing* dengan alternatif kombinasi yang didapatkan.
9. Menghitung selisih waktu yang dibutuhkan pada kondisi *existing* dengan alternatif kombinasi yang didapatkan.

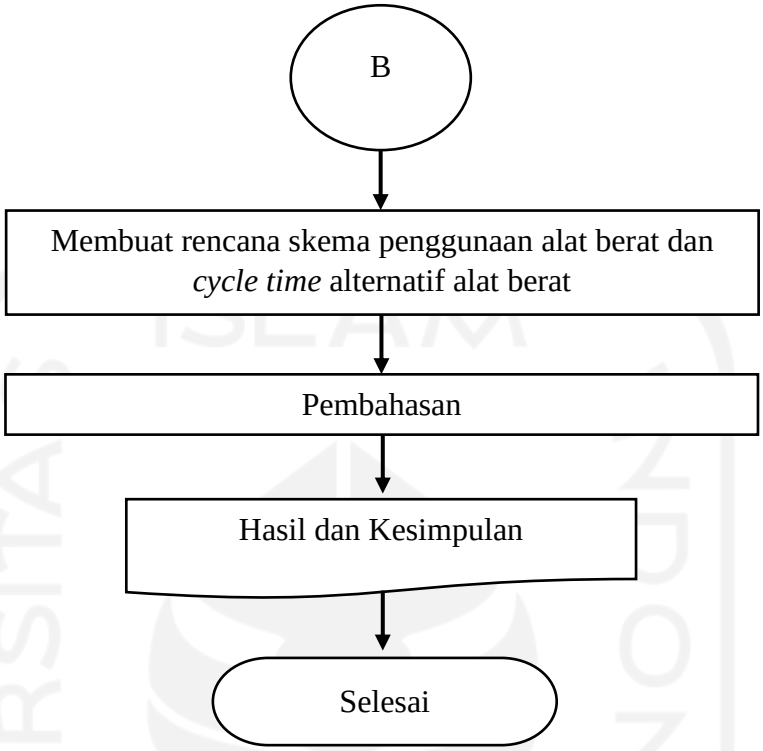
Setelah melakukan analisis tersebut, kemudian dilakukan pembahasan terkait hasil penelitian. Langkah pembahasan adalah membandingkan hasil dari alternatif kombinasi alat berat yang didapatkan dengan teori-teori yang sudah ada.

4.7 Bagan Alir Tugas Akhir

Berikut ini merupakan *flowchart* untuk pembuatan Tugas Akhir sebagai acuan peneliti.


Mulai
Menentukan Topik Penelitian
Pemilihan Lokasi Penelitian
Studi Pustaka dan Landasan Teori
Pengumpulan Data
Wawancara dan Observasi
Dokumentasi
Data Primer
Jam kerja setiap alat
Data Sekunder
Denah lokasi
Durasi pekerjaan
Spesifikasi alat berat
Data-data Pekerjaan
A


A
Menghitung volume timbunan
Menghitung produktivitas dari masing-masing alat
Menghitung biaya sewa masing-masing alat berat.
Menghitung jumlah alat berat yang diperlukan untuk pekerjaan tersebut
Menentukan fungsi pengoperasian setiap alat berat
Menghitung total waktu yang dibutuhkan untuk alternatif kombinasi alat berat
Menghitung total biaya yang dibutuhkan untuk alternatif kombinasi alat berat
Menghitung selisih biaya
Menghitung selisih waktu
B



Gambar 4.3 *Flowchart* Penelitian

BAB V
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Pada penelitian ini, studi kasus dilakukan pada Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan Yogyakarta. Data-data proyek yang diperoleh adalah sebagai berikut.

Lokasi Proyek : Dusun Ngablak dan Watugender, Desa Sitimulyo, Kecamatan Piyungan, Kabupaten Bantul, Yogyakarta

Luas Pekerjaan : 2,5 hektar

Waktu Pekerjaan : 31 Juli 2022 – 10 Desember 2022

Alat berat yang digunakan pada kondisi asli di lapangan untuk pekerjaan timbunan ini adalah *excavator* sejumlah 3 unit dan *bulldozer* sejumlah 2 unit.

5.2 Analisis Data

5.2.1 Jenis Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan

Pada Tugas Akhir ini, alat berat *existing* yang digunakan untuk perhitungan kombinasi pada Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan adalah sebagai berikut.

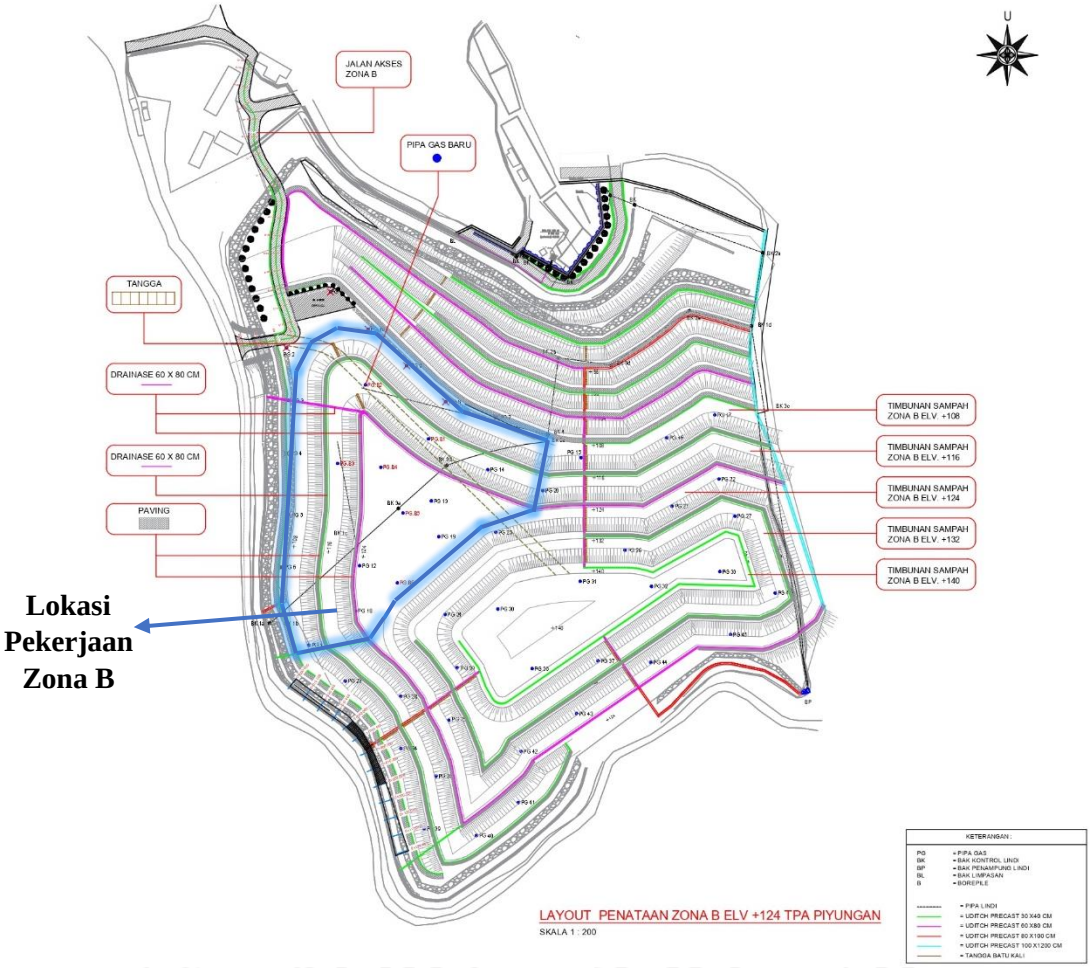
1. Jenis alat : *Excavator*
   Merk alat : Kobelco SK200-8
   Kapasitas : 0,8 m^3
   Tipe alat : *Backhoe* (*Pull shovel*)
   Jenis *bucket* : *Side cutter bucket*
   Tahun alat : 2012
   Kondisi alat : Sedang
   Fungsi alat : Menggali serta menimbun sampah dan tanah
2. Jenis alat : *Excavator*
   Merk alat : Komatsu PC200-8

Kapasitas : 0,8 m^3
Tipe alat : *Backhoe* (*Pull shovel*)
Jenis *bucket* : *Side cutter bucket*
Tahun alat : 2010
Kondisi alat : Sedang
Fungsi alat : Menggali serta menimbun sampah dan tanah

3. Jenis alat : *Excavator*
Merk alat : Komatsu PC200-6
Kapasitas : 0,8 m^3
Tipe alat : *Backhoe* (*Pull shovel*)
Jenis *bucket* : *Side cutter bucket*
Tahun alat : 1997
Kondisi alat : Sedang
Fungsi alat : Menggali serta menimbun sampah dan tanah
4. Jenis alat : *Bulldozer*
Merk alat : Komatsu D85-10
Kapasitas : 3,4 m^3
Tipe alat : *Crawler dozer*
Jenis *blade* : *Angle Blade*
Tahun alat : 2010
Kondisi alat : Sedang
Fungsi alat : Meratakan timbunan sampah dan tanah
5. Jenis alat : *Bulldozer*
Merk alat : Komatsu D31-6
Kapasitas : 1,61 m^3
Tipe alat : *Crawler dozer*
Jenis *blade* : *Angle Blade*
Tahun alat : 2012
Kondisi alat : Sedang
Fungsi alat : Meratakan timbunan tanah

5.2.2 Perhitungan Volume Timbunan

Berdasarkan hasil data yang telah diperoleh dari Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan didapatkan *siteplan* dan elevasi rencana. Berikut ini merupakan gambar dan perhitungan volume timbunan pada Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan.



Gambar 5.1 Peta Elevasi Tanah Asli Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan
(Sumber: Dokumen Proyek, 2022)

Volume timbunan diperoleh dari elevasi tanah asli yang ditimbun sesuai dengan elevasi rencana. Berdasarkan data yang diperoleh terdapat 2 tingkatan/*layer* pekerjaan timbunan yang akan dibentuk terasering dengan elevasi tanah dasar sebesar +108 meter, elevasi +116 meter untuk *layer* 1, dan elevasi +124 meter untuk

layer 2. Perhitungan luas pekerjaan diperoleh dari *software autoCad*. Metode perhitungan yang dilakukan menggunakan metode kontur untuk menghitung volumenya. Perhitungannya volume total dalam kondisi padat dapat dilihat sebagai berikut.

1. Volume *Layer* 1

   Elevasi tanah asli (h1) = +108

   Elevasi rencana (h2) = +116

   Luasan 1 (A1) = 14.555,7850 m^2

   Luasan 2 (A2) = 11.356,6372 m^2

   Volume = H x ($\frac{A1+A2}{2}$) (lihat pers. 3.19)

   = (h2 – h1) x ($\frac{A1+A2}{2}$)

   = (116 – 108) x ($\frac{14.555,7850 + 11.356,6372}{2}$)

   = 103.649,689 m^3

2. Volume *Layer* 2

   Elevasi tanah asli (h1) = +116

   Elevasi rencana (h2) = +124

   Luasan 2 (A2) = 11.356,6372 m^2

   Luasan 3 (A3) = 5.327,1033 m^2

   Volume = H x ($\frac{A1+A2}{2}$) (lihat pers. 3.19)

   = (h2 – h1) x ($\frac{A2+A3}{2}$)

   = (124 – 116) x ($\frac{11.356,6372 + 5.327,1033}{2}$)

   = 66.734,962 m^3

Berdasarkan hasil analisis perhitungan tersebut diperoleh total volume timbunan sebagai berikut.

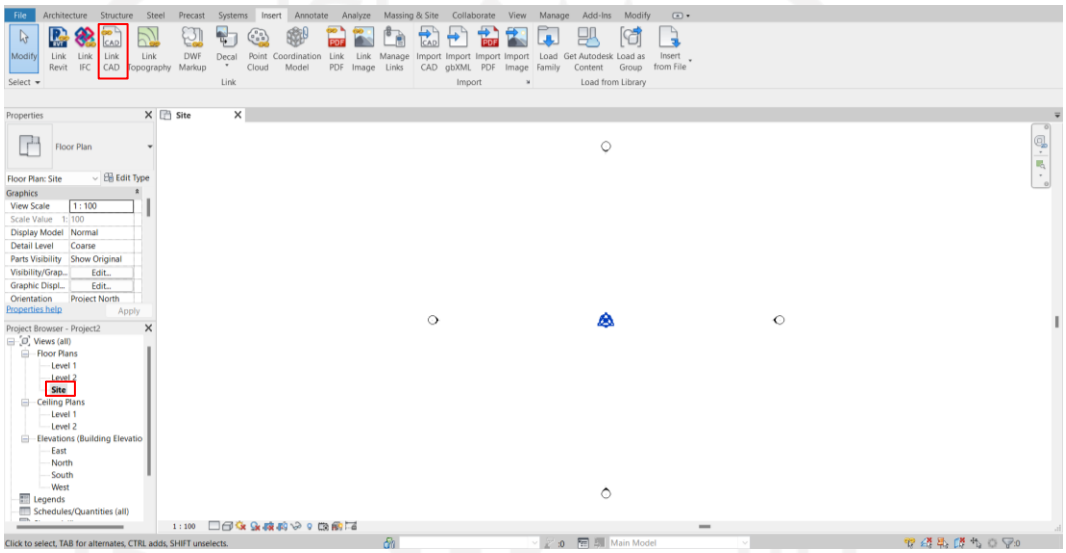
Total Volume Timbunan = Volume timbunan *layer* 1 + volume timbunan *layer* 2

= 103.649,689 + 66.734,962

= 170.384,651 m^3

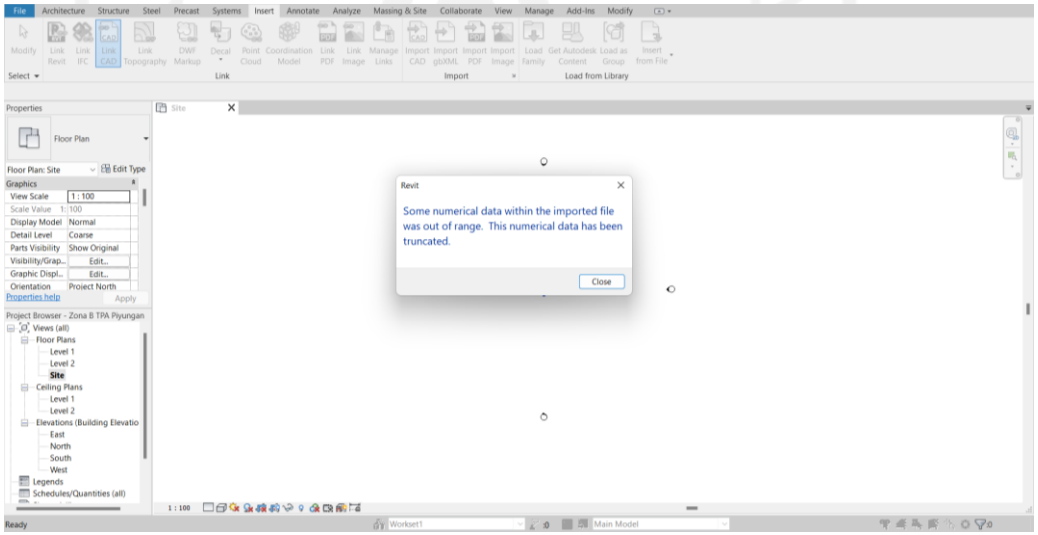
Selanjutnya, dilakukan perhitungan volume total menggunakan *software revit* untuk perbandingan. Langkah-langkah perhitungan tersebut adalah sebagai berikut.

1. Memasukkan file yang berisi rencana elevasi dari *autocad* ke dalam *revit*. Caranya dengan klik "Site" sebagai tempat meletakkan *design* kemudian klik "Link CAD" untuk memilih file *autocad*.



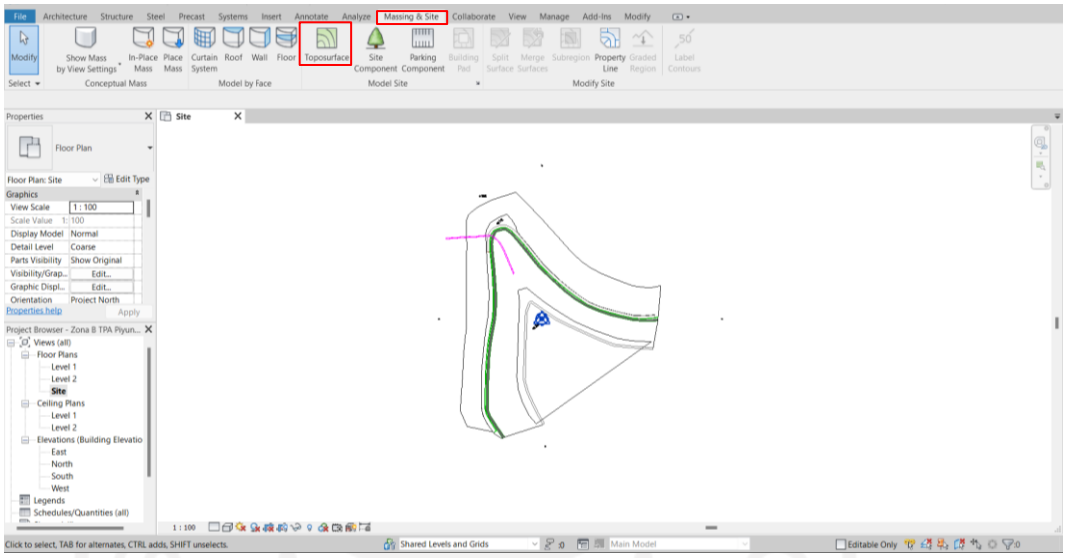
Gambar 5.2 Memasukkan File *Autocad* ke *Revit*

2. Jika *design* tidak terlihat pada layar, *zoom out* untuk mengetahui posisinya, kemudian memindahkan *design* pada titik biru tersebut.



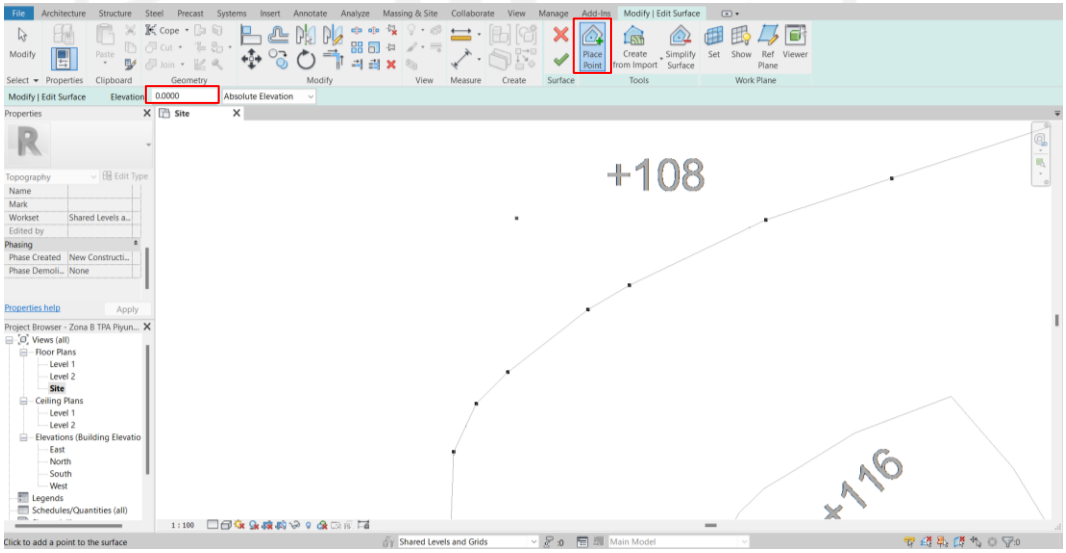
Gambar 5.3 Memindahkan Posisi Gambar di *Revit*

3. Jika gambar telah terlihat, maka selanjutnya klik “Massing & Site”, lalu klik “Toposurface” untuk membuat elevasi pada gambar.



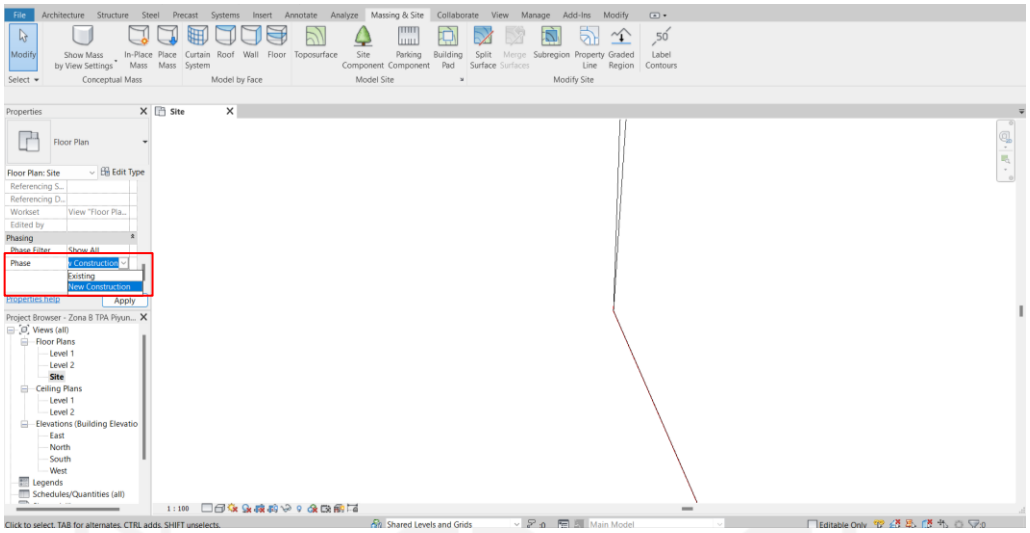
Gambar 5.4 Membuat Elevasi Rencana

4. Setelah itu, buat titik titik elevasi sesuai gambar *design* dengan cara klik “Place Point”. Ubah elevasinya menjadi “0” karena elevasi +108 dianggap sebagai posisi paling bawah.



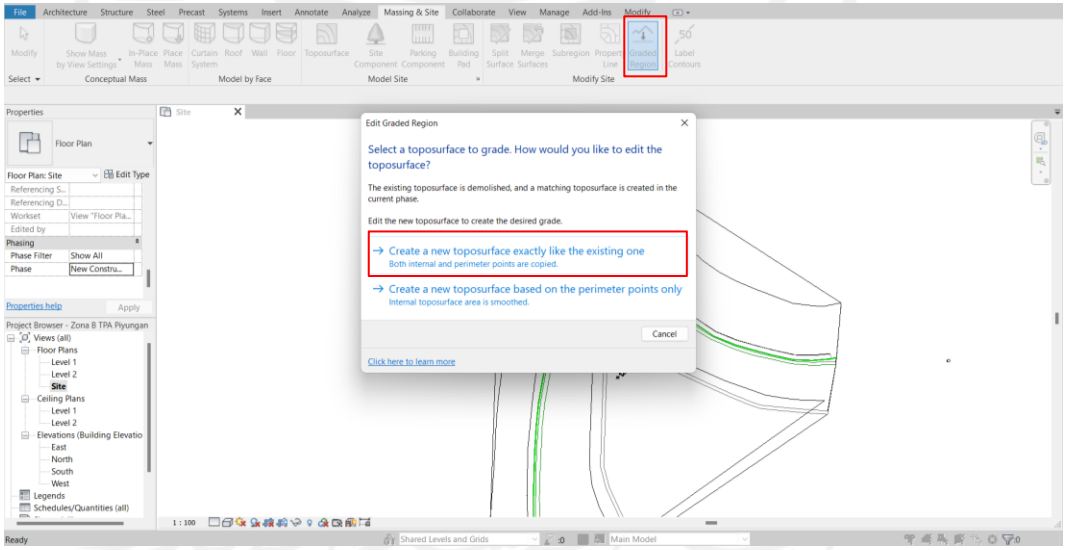
Gambar 5.5 Membuat Titik-Titik Elevasi Rencana

5. Kemudian, mengubah kondisi ini, sebagai kondisi *exis*ting atau kondisi di lapangan ketika proyek belum berjalan.



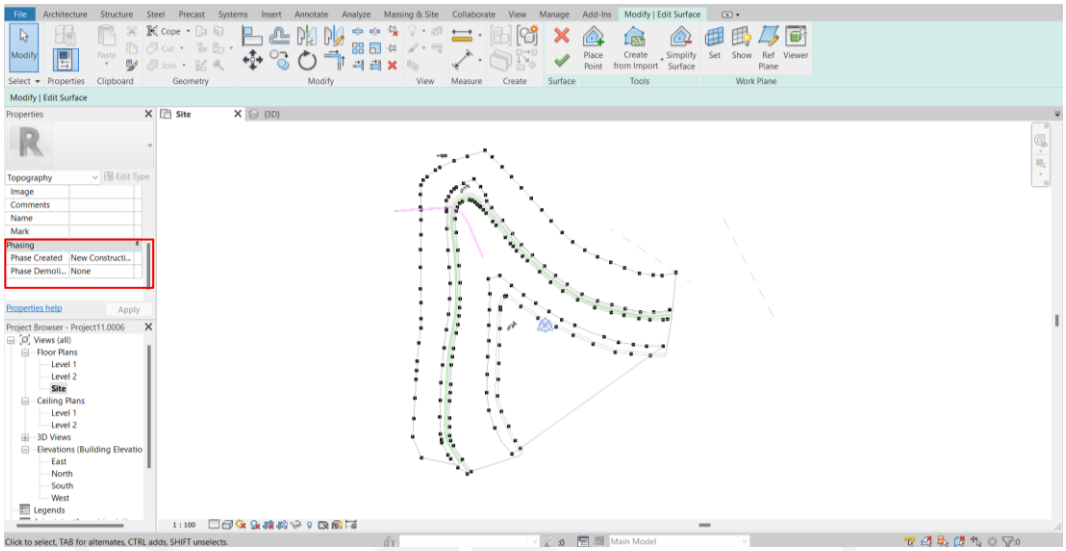
Gambar 5.6 Mengubah Kondisi Elevasi Pada Kondisi *Existing*

6. Jika kondisi *existing* telah dibuat, maka selanjutnya klik "Massing & Site" kemudikan klik "Graded Region" untuk membuat *surface* baru untuk kondisi *New Construction* atau kondisi setelah proyek berjalan.



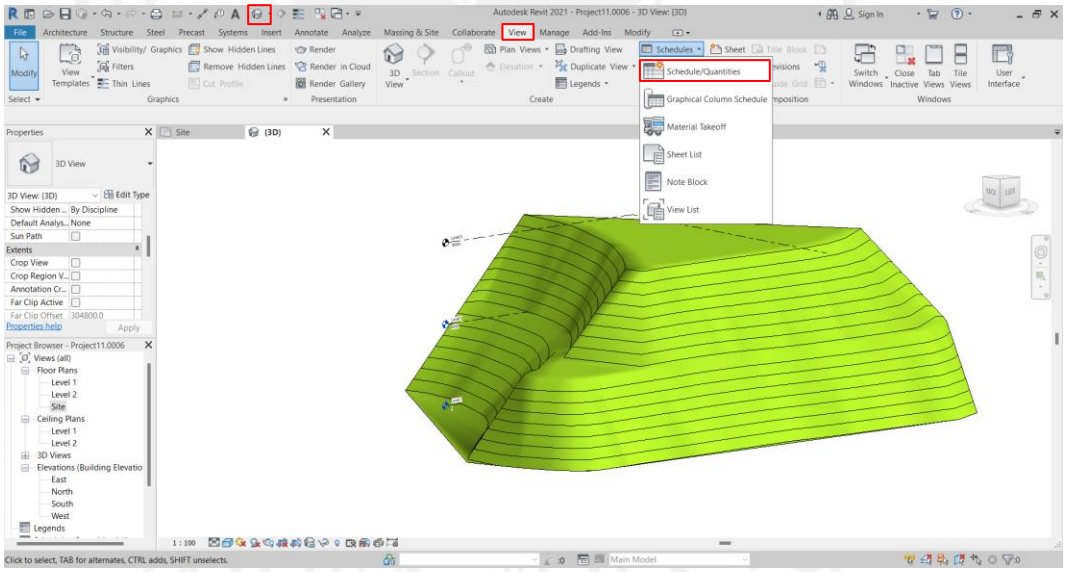
Gambar 5.7 Mengubah Kondisi Elevasi Pada Kondisi *New Construction*

7. Melakukan langkah yang sama seperti kondisi *existing*, yaitu membuat titik-titik elevasinya, yaitu untuk elevasi 8000 mm (elevasi +116) dan 16000 mm (elevasi +124) dari elevasi awal 0 m (elevasi +108).



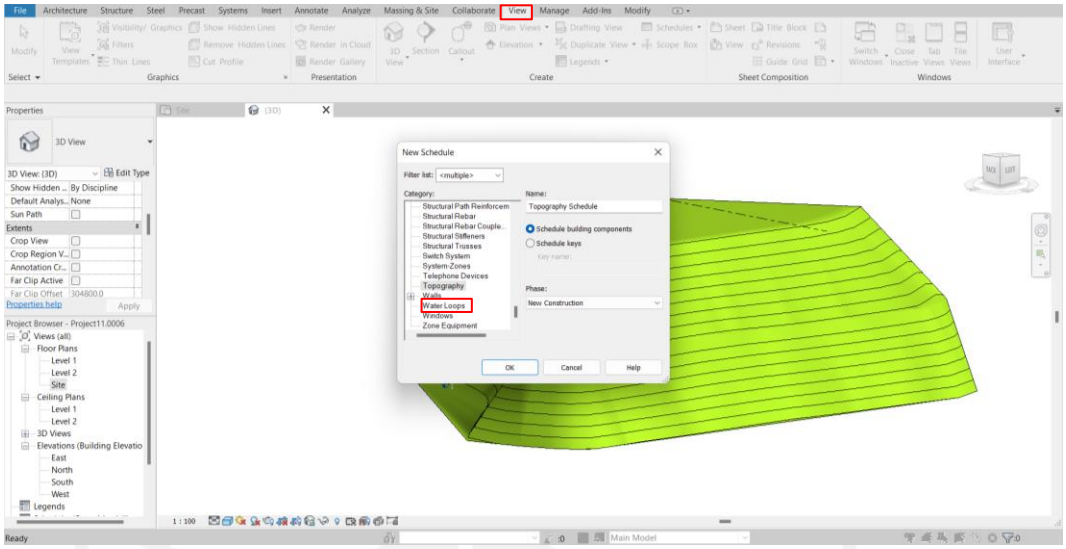
Gambar 5.8 Membuat Titik-Titik Elevasi Pada Kondisi *New Construction*

8. Kemudian mengecek gambar 3D nya. Setelah itu, untuk menghitung volumenya maka klik “View” lalu pilih “Schedule/Quantities”.



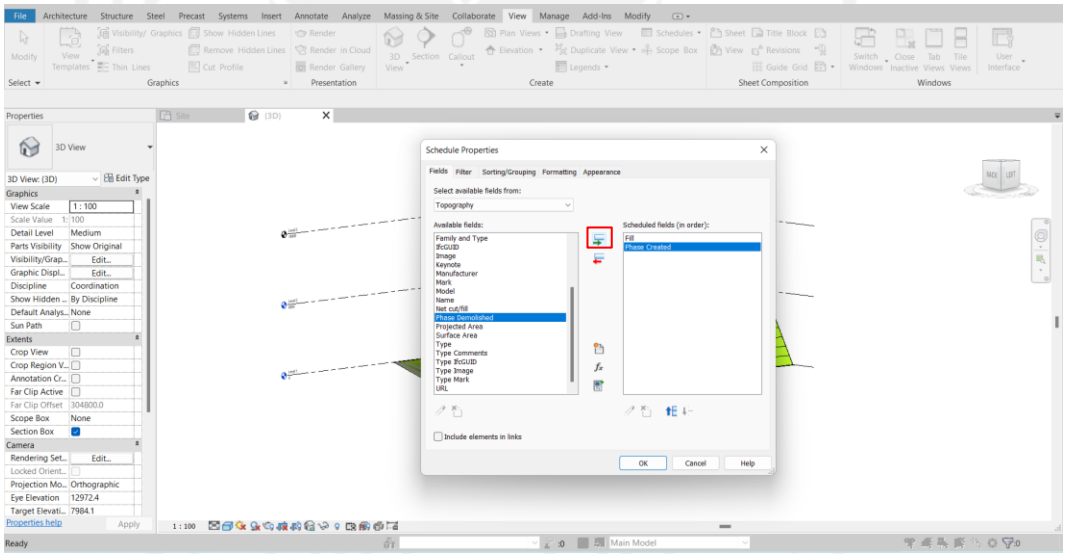
Gambar 5.9 Melihat Gambar 3D dan Menghitung Volumenya

9. Langkah selanjutnya, memilih “Topography” lalu klik “OK”.



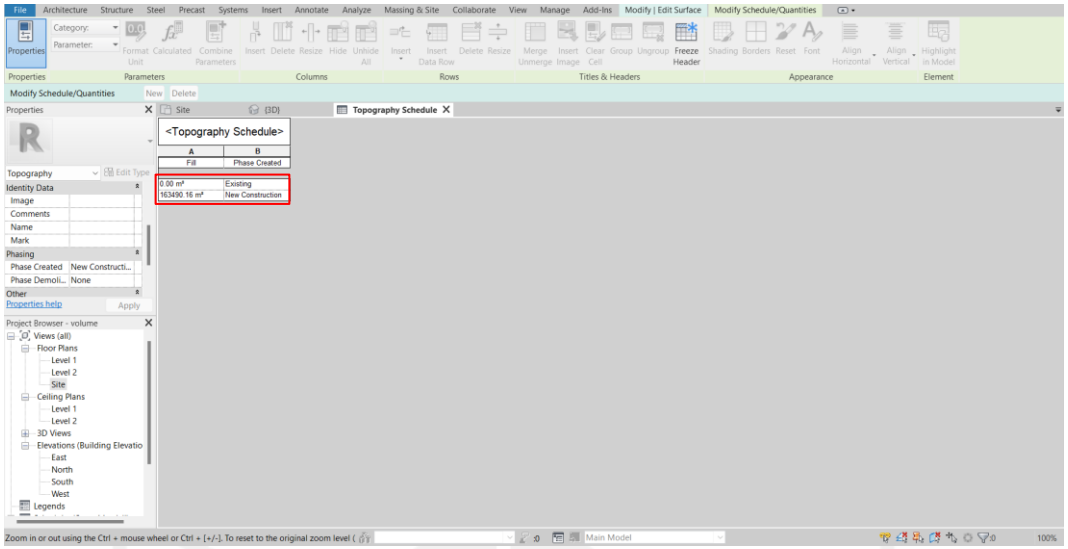
Gambar 5.10 Memasukkan Jenis Gambar untuk Melihat Volumenya

10. Memasukkan "Fill" dan "Phase Created" untuk mengetahui besar volume timbunan tersebut lalu klik "OK"



Gambar 5.11 Memasukkan Data yang Dibutuhkan untuk Menghitung Volume

11. Nantinya akan diperoleh volume dari gambar tersebut.

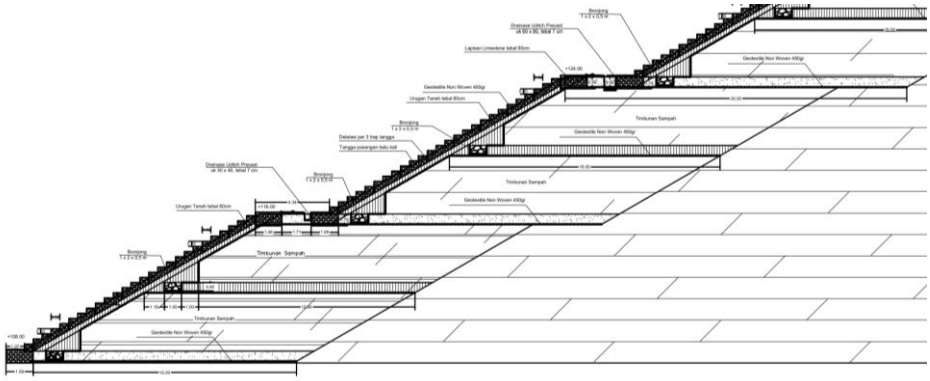


Gambar 5.12 Perhitungan Volume Total Menggunakan *Software Revit*

Berdasarkan hasil pemodelan dan analisis dari *software revit* diperoleh total volumenya sebesar 163.490,16 m^3 dengan menggunakan fitur *cut and fill* atau perbandingan kondisi *existing* dengan kondisi *new construction*. Elevasi kondisi *existing* dianggap 0 (+108) sedangkan layer 1 elevasinya sebesar 8 meter dari elevasi dasar (+116) serta layer 2 elevasinya sebesar 16 meter dari elevasi dasar (+124).

Hasil tersebut juga memiliki perbedaan dengan BOQ yang ada di dokumen proyek (lihat Lampiran 27). Jika dilihat dari BOQ total volume yang dibutuhkan untuk timbunan pada pekerjaan persiapan dan urugan serta perkuatan dan pembentukan lereng adalah 161.939,45 m^3. Jika dibandingkan antara perhitungan volume menggunakan rumus kontur dari *autocad* dan menggunakan *software revit* ditemukan perbedaan nilai. Perhitungan *software revit* memiliki selisih hitungan yang paling sedikit dibandingkan BOQ. Oleh karena itu, volume total yang dipakai adalah volume dari perhitungan *revit*.

Volume timbunan tersebut merupakan gabungan dari volume timbunan tanah dan sampah dalam kondisi padat. Detail timbunan sampah dan tanah dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.13 Detail Timbunan Sampah dan Tanah

(Sumber: Dokumen Proyek, 2022)

Volume tersebut merupakan hasil dari volume timbunan yang telah dipadatkan. Sedangkan, volume yang dikerjakan oleh alat berat ketika di lapangan adalah pada kondisi tidak padat atau gembur (*loose*). Setiap material memiliki faktor kembang susut, faktor inilah yang menyebabkan volume sebelum dipadatkan pasti lebih besar dibandingkan volume sesudah dipadatkan. Perhitungan volume pada kondisi gembur untuk setiap material adalah sebagai berikut.

1. Volume Timbunan Tanah

   Berdasarkan detail gambar timbunan dapat dilihat bahwa tanah yang digunakan adalah timbunan tanah dengan ketebalan 60 cm. Timbunan tersebut digunakan untuk menimbun bagian lereng, bagian atas dan sebelah geotekstil, serta bagian dibawah tangga. Oleh karena itu, volumenya diperoleh dengan mengalikan luas potongan tampak samping dengan keliling sebagai berikut.

   a. Volume timbunan tanah pada lereng tangga

      Panjang timbunan lereng = 15,008 m

      Tebal timbunan lereng = 0,6 m

      Keliling lereng *layer* 1 = 525,0895 m

      Keliling lereng *layer* 2 = 370,4598 m

      Berdasarkan data yang diperoleh dari detail gambar dan *autocad*, volume untuk masing masing *layer* adalah sebagai berikut.

      1) Layer 1 (Elevasi +108 ke +116)

         Volume = panjang x tebal x keliling

= 15,008 x 0,6 x 525,0895

= 4.728,430 m^3

2) *Layer* 2 (Elevasi +116 ke +124)

Volume = panjang x tebal x keliling

= 15,008 x 0,6 x 370,4598

= 3.335,990 m^3

Oleh karena itu, volume total untuk timbunan tanah pada bagian lereng adalah sebagai berikut.

Volume total timbunan lereng = volume timbunan *layer* 1 + volume timbunan *layer* 2

= 4.728,430 + 3.335,990

= 8.064,420 m^3

b. Volume timbunan tanah pada geotekstil

Pada proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan, geotekstil dipasang di elevasi setiap kenaikan 4 m, sehingga di setiap *layer* terdapat 2 daerah timbunan tanah untuk geotekstil. Timbunan tanah di atas geotekstil ini diletakkan di tengah-tengah *layer* dan berada di puncak *layer* seperti tampak pada Gambar 5.13 tentang detail timbunan sampah dan tanah. Perhitungan volumenya adalah sebagai berikut.

Tebal timbunan di tengah *layer* = 0,6 m

Tebal timbunan di puncak *layer* = 0,6 m

Total tebal timbunan = 0,6 m + 0,6 m

= 1,2 m

Panjang Timbunan = 16 m

Keliling lereng *layer* 1 = 525,0895 m

Keliling lereng *layer* 2 = 370,4598 m

Cara memperoleh besarnya volume timbunan tanah tersebut, dapat digunakan perhitungan dengan membandingkan tebal keseluruhan *layer* dibandingkan dengan tebal timbunan tanah pada *layer* yaitu sebagai berikut.

1) *Layer* 1 (Elevasi +108 ke +116)

Volume = panjang x tebal x keliling
= 16 x 1,2 x 525,0895
= 10.081,718 m^3

2) Layer 2 (Elevasi +116 ke +124)

Volume = panjang x tebal x keliling
= 16 x 1,2 x 370,4598
= 7.112.828 m^3

Oleh karena itu, volume total untuk timbunan tanah pada bagian geotekstil adalah sebagai berikut.

Volume total timbunan geotekstil = volume timbunan *layer* 1 + volume timbunan *layer* 2
= 10.081,718 + 7.112.828
= 17.194,546 m^3

c. Volume timbunan tanah sebelah timbunan geotekstil

Keliling lereng *layer* 1 = 525,0895 m

Keliling lereng *layer* 2 = 370,4598 m

1) Potongan bentuk segitiga

Alas = 1,18 m

Tinggi = 0,6 m

Luas 2 segitiga = 2 x $\frac{1}{2}$ x alas x tinggi
= 2 x $\frac{1}{2}$ x 1,18 x 0,6
= 0,708 m^2

2) Potongan bentuk persegi

Panjang = 4,32 m

Tinggi = 0,6 m

Luas = 2 x panjang x tinggi
= 2 x 4,32 x 0,6
= 0,414 m^2

Oleh karena itu, volume totalnya adalah sebagai berikut.

1) *Layer* 1 (Elevasi +108 ke +116)

Volume = (luas 1 + luas 2) x keliling
= (0,708 + 0,414) x 525,0895
= 588,940 m^3

2) *Layer 2 (Elevasi +116 ke +124)*

Volume = (luas 1 + luas 2) x keliling
= (0,708 + 0,414) x 370,4598
= 415,508 m^3

Oleh karena itu, volume total untuk timbunan tanah pada bagian sebelah timbunan geotekstil adalah sebagai berikut.

Volume total timbunan = volume timbunan *layer* 1 + volume timbunan *layer* 2
= 588,940 + 415,508
= 1.004,448 m^3

d. Volume timbunan tanah di bawah tangga

Timbunan tanah yang berada di bawah tangga ini jika dilihat dari samping berbentuk segitiga. Oleh karena itu dalam menghitung volume, langkah awal yang harus dilakukan adalah menjadi luas segitiga kemudian dikalikan dengan lebar keseluruhan.

Alas = 2 m

Kemiringannya adalah 1 : 2 sehingga ukuran tingginya adalah sebagai berikut.

Tinggi = 1 m

Luas segitiga = $\frac{1}{2}$ x alas x tinggi
= $\frac{1}{2}$ x 2 x 1
= 1 m^2

Akan tetapi, disebabkan luasan ini berada di bawah *layer* dan di tengah *layer*, maka luas nya dikalikan 2 untuk setiap *layer*.

Luas segitiga = 1 m^2 x 2
= 2 m^2

Lebar *layer* 1 = 525,0895 m

Lebar *layer* 2 = 370,4598 m

Berdasarkan data yang diperoleh dari detail gambar dan *autocad*, volume untuk masing masing layer adalah sebagai berikut.

1) Layer 1 (Elevasi +108 ke +116)

Volume = luas x lebar *layer* 1

= 2 x 525,0895

= 1.050,179 m^3

2) Layer 2 (Elevasi +116 ke +124)

Volume = luas x lebar *layer* 2

= 2 x 370,4598

= 740,920 m^3

Oleh karena itu, volume total untuk timbunan tanah pada bagian lereng adalah sebagai berikut.

Volume total timbunan bawah tangga= volume timbunan *layer* 1 + volume timbunan *layer* 2

= 1.050,179 + 740,920

= 1.791.099 m^3

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, diperoleh total volume timbunan tanah kondisi padat yaitu sebagai berikut.

Volume padat total timbunan tanah = 8.064,420 + 17.194,546 + 1.004,448 + 1.791,099

= 28.054,513 m^3

Faktor pengembangan material pada kondisi gembur untuk tanah diperkirakan sebesar 20% (lihat Tabel 3.2) berupa timbunan tanah limestone, tanah merah dan tanah berpasir dari kondisi padat ke kondisi gembur, sehingga besar volume yang dikerjakan ketika di lapangan adalah sebagai berikut.

Volume gembur total timbunan tanah = 28.054,513 + (20% x 28.054,513)

= 33.665,416 m^3

2. Volume Timbunan Sampah

Volume padat total timbunan sampah = volume total sampah dan tanah –

volume tanah

= 163.490,16 – 33.665,416

= 135.435.647 m^3

Faktor pengembangan material pada kondisi gembur untuk sampah diperkirakan sebesar 70% (lihat subbab 3.5). Hal ini dikarenakan material sampah cukup bervariasi baik bahan organik maupun anorganik sehingga sulit diprediksi secara pasti faktor kembang susutnya. Perhitungan besar volume yang dikerjakan ketika di lapangan adalah sebagai berikut.

Volume gembur total timbunan sampah =135.435.647 + (70% x 135.435.647)

= 230.240,599 m^3

Rekapitulasi perhitungan volume timbunan tanah dan sampah dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Volume Timbunan Tanah dan Sampah

Jenis Material	Volume Kondisi Padat	Volume Kondisi Gembur
Timbunan Tanah	28.054,513 m^3	33.665,416 m^3
Timbunan Sampah	135.435.647 m^3	230.240,599 m^3
Volume timbunan tanah + sampah	163.490,160 m^3	263.906,015 m^3

5.2.3 Jenis Material Timbunan

Pengamatan perhitungan produktivitas alat berat dilakukan selama tiga hari yaitu hari Senin, Rabu dan Jum'at pada pekan yang sama dari pukul 08.00 – 17.00 WIB. Material yang dikerjakan pada pekerjaan timbunan ini terdiri dari 2 jenis yaitu material tanah dan sampah. Dua macam material ini kemudian dipisahkan secara pekerjaan. Material tanah berupa timbunan *limestone*, tanah merah, dan tanah berpasir yang perhitungannya dijadikan satu, sedangkan material sampah terdiri dari berbagai bahan, baik organik maupun anorganik yang tercampur. Akan tetapi, untuk material sampah dominan bahan anorganik seperti plastik dan botol minum. Gambar kedua material tersebut dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5.14 Material Timbunan Tanah



Gambar 5.15 Material Timbunan Sampah

5.2.4 Faktor Efisiensi Alat (E)

Setiap alat memiliki nilai efisiensi yang berbeda-beda. Besar nilai faktor efisiensi alat berdasarkan teori berbeda dengan faktor efisiensi sesungguhnya di lapangan karena terdapat banyak faktor yang berpengaruh. Faktor efisiensi alat ini diperoleh dari data waktu penggunaan alat berat selama proyek berjalan.

Menurut Rostiyanti (2008), faktor efisiensi alat adalah menit alat bekerja secara efektif dalam satu jam. Faktor efisiensi alat juga diartikan sebagai jumlah menit alat tersebut bekerja secara efektif dibandingkan dengan jumlah jam kerja alat yang tersedia. Jam kerja efektif merupakan jam kerja sesungguhnya yang digunakan untuk kegiatan konstruksi. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengamatan

terhadap waktu alat tersebut berhenti (menit) dalam waktu 1 jam (60 menit). Penyebab alat berhenti bekerja berdasarkan pengamatan antara lain adalah menunggu material, adanya pengarahan dari pelaksana lapangan, operator beristirahat seperti minum maupun operator yang malas. Berikut merupakan beberapa dokumentasi *excavator* dan *bulldozer* ketika berhenti bekerja.



Gambar 5.16 *Excavator* Berhenti Bekerja Karena Menunggu Material



Gambar 5.17 *Excavator* Berhenti Bekerja Karena Adanya Pengarahan



Gambar 5.18 *Bulldozer* Berhenti Bekerja Karena Operator Beristirahat

Berdasarkan pengamatan tersebut dicatat waktu berhenti alat berat dalam menit sebagai berikut.

1. Pengamatan Hari Senin

   Hasil pengamatan faktor efisiensi alat pada hari senin diperoleh dari pengamatan di lapangan yang dapat dilihat pada Lampiran 19. Berdasarkan hasil tersebut kemudian dihitung rata-rata waktu berhenti alat berat dalam 1 jam dapat dihitung sebagai berikut.

   a. *Excavator* Kobelco SK200-8

      Waktu berhenti dalam 1 jam (menit)

      1) Sesi Pagi = 9 menit
      2) Sesi Siang = 11 menit
      3) Sesi Sore = 15 menit

      Rata-rata waktu berhenti = (9 + 11 + 15) / 3
      = 11,667 menit

      Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.2 berikut.

Tabel 5.2 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Senin

Jenis Alat	Waktu	Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)	Rata-rata (menit)
Excavator Kobelco SK200-8	Pagi	9	11,667
	Siang	11	
	Sore	15	
Excavator Komatsu PC200-8	Pagi	10	8,667
	Siang	9	
	Sore	7	
Excavator Komatsu PC200-6	Pagi	10	9,667
	Siang	7	
	Sore	12	
Bulldozer Komatsu D85-10	Pagi	9	11,333
	Siang	11	

Lanjutan Tabel 5.2 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Senin

Jenis Alat	Waktu	Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)	Rata-rata (menit)
Bulldozer Komatsu D85-10	Sore	14	11,333
Bulldozer Komatsu D31-6	Pagi	10	10,667
	Siang	10	
	Sore	12	

2. Pengamatan Hari Rabu

Hasil pengamatan faktor efisiensi alat pada hari rabu dapat dilihat pada tabel berikut. Hasil ini diperoleh dari pengamatan di lapangan yang dapat dilihat pada Lampiran 20.

a. *Excavator* Kobelco SK200-8

Waktu berhenti dalam 1 jam (menit)

1) Sesi Pagi = 15 menit
2) Sesi Siang = 8 menit
3) Sesi Sore = 13 menit

Rata-rata waktu berhenti = (15 + 8 + 13) / 3
= 12 menit

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.3 berikut.

Tabel 5.3 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Rabu

Jenis Alat	Waktu	Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)	Rata-rata (menit)
Excavator Kobelco SK200-8	Pagi	15	12
	Siang	8	
	Sore	13	
Excavator Komatsu PC200-8	Pagi	9	10
	Siang	9	

Lanjutan Tabel 5.3 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Rabu

Jenis Alat	Waktu	Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)	Rata-rata (menit)
Excavator Komatsu PC200-8	Sore	12	10
Excavator Komatsu PC200-6	Pagi	9	11
	Siang	12	
	Sore	12	
Bulldozer Komatsu D85-10	Pagi	8	10,333
	Siang	10	
	Sore	13	
Bulldozer Komatsu D31-6	Pagi	8	9
	Siang	9	
	Sore	10	

3. Pengamatan Hari Jum'at

Hasil pengamatan faktor efisiensi alat pada hari jum'at dapat dilihat pada tabel berikut. Hasil ini diperoleh dari pengamatan di lapangan yang dapat dilihat pada Lampiran 21.

a. *Excavator* Kobelco SK200-8

Waktu berhenti dalam 1 jam (menit)

1) Sesi Pagi = 12 menit
2) Sesi Siang = 11 menit
3) Sesi Sore = 14 menit

Rata-rata waktu berhenti = (12 + 11 + 14) / 3
= 12,333 menit

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.4 berikut.

Tabel 5.4 Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat Hari Jum'at

Jenis Alat	Waktu	Waktu Berhenti dalam 1 jam (menit)	Rata-rata (menit)
Excavator Kobelco SK200-8	Pagi	12	12,333
	Siang	11	
	Sore	14	
Excavator Komatsu PC200-8	Pagi	10	10,667
	Siang	9	
	Sore	13	
Excavator Komatsu PC200-6	Pagi	8	10,667
	Siang	10	
	Sore	14	
Bulldozer Komatsu D85-10	Pagi	13	11,333
	Siang	10	
	Sore	11	
Bulldozer Komatsu D31-6	Pagi	11	9,667
	Siang	9	
	Sore	9	

Berdasarkan data di atas, didapatkan rata-rata waktu berhenti (menit) dan rata rata efektif (menit), kemudian dari hasil tersebut dapat dihitung rata-rata faktor efisiensi alat berat berdasarkan rata-rata waktu berhenti alat berat dalam waktu 1 jam (60 menit).

a. *Excavator* Kobelco SK200-8

Rata-rata waktu berhenti hari senin = 11,667 menit (lihat Tabel 5.2)

Rata-rata waktu berhenti hari rabu = 12 menit (lihat Tabel 5.3)

Rata-rata waktu berhenti hari jum'at = 12,333 menit (lihat Tabel 5.4)

Sehingga dari hasil tersebut dicari rata-rata waktu berhenti alat berat tersebut.

Rata-rata waktu berhenti = (11,667 + 12 + 12,333) / 3

= 12 menit

Rata-rata efektif bekerja = 60 menit - 12 menit

= 48 menit

Faktor efisiensi alat = ($\frac{48}{60}$) x 100%

= 80 %

= 0,8

Hasil rekapitulasi perhitungan alat berat lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.5 Rekapitulasi Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat

***Excavator* Kobelco**	
Hari Pengamatan	**Waktu**
Senin	11,667 menit
Rabu	12 menit
Jum'at	12,333 menit
Rata-rata waktu berhenti (menit)	12
Rata-rata waktu efektif (menit)	48
Faktor efisiensi alat (menit/jam)	0,8
***Excavator* Komatsu PC200-8**	
Hari Pengamatan	**Waktu**
Senin	8,667 menit
Rabu	10 menit
Jum'at	10,667 menit
Rata-rata waktu berhenti (menit)	9,778
Rata-rata waktu efektif (menit)	50,222
Faktor efisiensi alat (menit/jam)	0,837

Lanjutan Tabel 5.5 Rekapitulasi Faktor Efisiensi Kerja Alat Berat

***Excavator* Komatsu PC200-6**	
Hari Pengamatan	**Waktu**
Senin	9,667 menit
Rabu	11 menit
Jum'at	10,444 menit
Rata-rata waktu berhenti (menit)	10,444
Rata-rata waktu efektif (menit)	49,556
Faktor efisiensi alat (menit/jam)	0,826
***Bulldozer* Komatsu D85-10**	
Hari Pengamatan	**Waktu**
Senin	11,333 menit
Rabu	10,333 menit
Jum'at	11,333 menit
Rata-rata waktu berhenti (menit)	11
Rata-rata waktu efektif (menit)	49
Faktor efisiensi alat (menit/jam)	0,817
***Bulldozer* Komatsu D31-6**	
Hari Pengamatan	**Waktu**
Senin	10,667 menit
Rabu	9 menit
Jum'at	9,667 menit
Rata-rata waktu berhenti (menit)	9,778
Rata-rata waktu efektif (menit)	50,222
Faktor efisiensi alat (menit/jam)	0,837

5.2.5 Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade*

Faktor *bucket* merupakan besarnya kemampuan *excavator* untuk menggali dan memuat material yang telah dikeruknya. Hal ini ditunjukkan oleh persen *bucket* yang terisi ketika *excavator* bekerja. Sedangkan, faktor *blade* merupakan besarnya kemampuan *bulldozer* untuk menggusur material. Hal ini ditunjukkan oleh persen *blade* yang terisi ketika *bulldozer* bekerja. Faktor *bucket dan blade* ini tergantung oleh jenis material yang dikerjakan. Gambar *bucket* dan *blade* yang terisi material dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.19 *Bucket Excavator* Terisi 100% oleh Material Sampah



Gambar 5.20 *Bucket Excavator* Terisi 90% oleh Material Tanah



Gambar 5.21 *Blade Bulldozer* Terisi 20% oleh Material Tanah



Gambar 5.22 *Blade Bulldozer* Terisi 100% oleh Material Tanah

Besarnya faktor *bucket* dan faktor *blade* dapat dihitung sebagai berikut.

1. Pengamatan Hari Senin

   Hasil pengamatan faktor *bucket* dan faktor *blade* pada hari senin dapat dilihat pada tabel berikut. Hasil ini diperoleh dari pengamatan di lapangan yang dapat dilihat pada Lampiran 16.

   a. *Excavator* Kobelco SK200-8

      1) Bagian terisi material sampah (%)

         Sesi pagi = (100 + 100 + 100) /3

         = 100 %

      2) Bagian terisi material tanah (%)

         Sesi siang + siang sore = (80 + 90 + 80 + 80 + 80 + 80) / 6

         = 81,667 %

   Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade*
Pada Hari Senin

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Sampah (%)	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Kobelco SK200-8	Pagi	100	Sampah	100	81,667
		100			
		100			
	Siang	80	Tanah		
		90			
		80			
	Sore	80	Tanah		
		80			
		80			
Excavator Komatsu PC200-8	Pagi	70	Tanah	100	63,333
		60			
		60			
	Siang	100	Sampah		
		100			
		100			
	Sore	100	Sampah		
		100			
		100			
Excavator Komatsu PC200-6	Pagi	80	Tanah		78,889
		90			
		70			

Lanjutan Tabel 5.6 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Pada Hari Senin

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Sampah (%)	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Komatsu PC200-6	Siang	80	Tanah		78,889
		80			
		80			
	Sore	80	Tanah		
		80			
		70			
Bulldozer Komatsu D85-10	Pagi	100	Sampah	98,333	86,667
		90			
		100			
	Siang	100	Sampah		
		100			
		100			
	Sore	80	Tanah		
		90			
		90			
Bulldozer Komatsu D31-6	Pagi	80	Tanah		82,222
		80			
		70			
	Siang	90	Tanah		
		90			
		80			

Lanjutan Tabel 5.6 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Pada Hari Senin

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Sampah (%)	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Bulldozer Komatsu D31-6	Sore	90	Tanah		82,222
		80			
		80			

2. Pengamatan Hari Rabu

Hasil pengamatan faktor *bucket* dan faktor *blade* pada hari rabu dapat dilihat pada tabel berikut. Hasil ini diperoleh dari pengamatan di lapangan yang dapat dilihat pada Lampiran 17.

a. *Excavator* Kobelco SK200-8

1) Bagian terisi material sampah (%)

Sesi pagi + sesi siang = (100 + 100 + 100) /3

= 100 %

2) Bagian terisi material tanah (%)

Sesi sore = (60 + 70 + 60) / 3

= 63,333 %

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.7 berikut.

Tabel 5.7 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Pada Hari Rabu

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Sampah (%)	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Kobelco SK200-8	Pagi	100	Sampah	100	63,333
		100			
		100			

Lanjutan Tabel 5.7 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Pada Hari Rabu

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Sampah (%)	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Kobelco SK200-8	Siang	100	Sampah		63,333
		100			
		100			
	Sore	60	Tanah		
		70			
		60			
Excavator Komatsu PC200-8	Pagi	100	Sampah	100	86,667
		100			
		100			
	Siang	100	Sampah		
		100			
		100			
	Sore	90	Tanah		
		80			
		90			
Excavator Komatsu PC200-6	Pagi	80	Tanah		77,778
		80			
		80			
	Siang	90	Tanah		
		70			
		80			
	Sore	80	Tanah		
		70			

Lanjutan Tabel 5.7 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Pada Hari Rabu

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Sampah (%)	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Komatsu PC200-6	Sore	70			77,778
Bulldozer Komatsu D85-10	Pagi	100	Sampah	100	83,333
		100			
		100			
	Siang	100	Sampah		
		100			
		100			
	Sore	90	Tanah		
		80			
		80			
Bulldozer Komatsu D31-6	Pagi	90	Tanah		76,667
		80			
		80			
	Siang	70	Tanah		
		90			
		70			
	Sore	80	Tanah		
		60			
		70			

3. Pengamatan Hari Jum'at

Hasil pengamatan faktor *bucket* dan faktor *blade* pada hari jum'at dapat dilihat pada tabel berikut. Hasil ini diperoleh dari pengamatan di lapangan yang dapat dilihat pada Lampiran 18.

a. *Excavator* Kobelco SK200-8

1) Bagian terisi material sampah (%)

Sesi pagi = (95+ 100 + 100) /3

= 98,333 %

2) Bagian terisi material tanah (%)

Sesi siang + sesi sore = (60 + 60 + 80 + 80 + 85 + 85) / 6

= 75 %

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut.

Tabel 5.8 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Pada Hari Jum'at

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Sampah (%)	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Kobelco SK200-8	Pagi	95	Sampah	98,333	75
		100			
		100			
	Siang	60	Tanah		
		60			
		80			
	Sore	80	Tanah		
		85			
		85			

Lanjutan Tabel 5.8 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Pada Hari Jum'at

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Sampah (%)	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Komatsu PC200-8	Pagi	70	Tanah	100	78,333
		70			
		60			
	Siang	100	Sampah		
		100			
		100			
	Sore	90	Tanah		
		90			
		90			
Excavator Komatsu PC200-6	Pagi	100	Sampah		60
		100			
		100			
	Siang	70	Tanah		
		60			
		50			
	Sore	100	Sampah		
		100			
		100			
Bulldozer Komatsu D85-10	Pagi	100	Sampah	76,667	73,333
		100			
		100			
	Siang	50	Sampah		
		50			

Lanjutan Tabel 5.8 Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Pada Hari Jum'at

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Sampah (%)	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Bulldozer Komatsu D85-10	Siang	60	Sampah	76,667	73,333
	Sore	80	Tanah		
		70			
		70			
Bulldozer Komatsu D31-6	Pagi	50	Tanah		71,111
		60			
		80			
	Siang	20	Tanah		
		70			
		70			
	Sore	100	Tanah		
		90			
		100			

Berdasarkan data di atas, didapatkan rata-rata *bucket* dan *blade* yang terisi material (%), kemudian dari hasil tersebut dapat dihitung rata-rata persen terisi material lalu diperoleh faktor *bucket*nya.

a. *Excavator* Kobelco SK200-8

1) Material sampah

Rata-rata material terisi sampah hari senin = 100 % (lihat Tabel 5.6)

Rata-rata material terisi sampah hari rabu = 100 % (lihat Tabel 5.7)

Rata-rata material terisi sampah hari jum'at = 98,333 % (lihat Tabel 5.8)

Sehingga dari hasil tersebut dicari rata-rata *bucket* terisi material tersebut.

Rata-rata waktu *bucket* terisi material = (100 + 100 + 98,333) / 3

= 99,444 %

Faktor *bucket* = 0,994

2) Material tanah

Rata-rata material terisi sampah hari senin = 81,667% (lihat Tabel 5.6)

Rata-rata material terisi sampah hari rabu = 63,333% (lihat Tabel 5.7)

Rata-rata material terisi sampah hari jum'at = 75% (lihat Tabel 5.8)

Sehingga dari hasil tersebut dicari rata-rata *bucket* terisi material tersebut.

Rata-rata waktu *bucket* terisi material = (81,667 + 63,333 + 75) / 3

= 73,333%

Faktor *bucket* = 0,733

Hasil rekapitulasi perhitungan alat berat lainnya dapat dilihat pada tabel berikut. Skema pembagiannya, *excavator* menangani sampah untuk menatanya dalam bentuk timbunan berundak, apabila *dump truck* datang membawa timbunan tanah, maka *excavator* kemudian bekerja pada timbunan tanah tersebut untuk menimbun sampah yang telah dikumpulkan sebelumnya.

Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade*

***Excavator* Kobelco SK200-8**		
Hari Pengamatan	**Material Sampah**	**Material Tanah**
Senin	100%	81,667%
Rabu	100%	63,333%
Jum'at	98,333%	75%
Rata-rata (%)	99,444%	73,333%
Faktor *Bucket*	0,994	0,733
***Excavator* Komatsu PC200-8**		
Hari Pengamatan	**Material Sampah**	**Material Tanah**
Senin	100%	63,333%
Rabu	100%	86,667%
Jum'at	100%	78,333%

Lanjutan Tabel 5.9 Rekapitulasi Hasil Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade*

***Excavator* Komatsu PC200-8**		
Rata-rata (%)	100%	76,333%
Faktor *Bucket*	1	0,761
***Excavator* Komatsu PC200-6**		
Hari Pengamatan	**Material Sampah**	**Material Tanah**
Senin		78,889
Rabu		77,778%
Jum'at	100%	60%
Rata-rata (%)	100%	72,222%
Faktor *Bucket*	1	0,722
***Bulldozer* Komatsu D85-10**		
Hari Pengamatan	**Material Sampah**	**Material Tanah**
Senin	98,333%	86,667%
Rabu	100%	83,333%
Jum'at	76.667%	73,333%
Rata-rata (%)	91,667%	81,111%
Faktor *Blade*	0,917	0,811
***Bulldozer* Komatsu D31-6**		
Hari Pengamatan	**Material Sampah**	**Material Tanah**
Senin		82,222%
Rabu		76,667%
Jum'at		71,111%
Rata-rata (%)		76,667%
Faktor *Blade*		0,767

5.2.6 Perhitungan Produktivitas Alat Berat

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

1. Excavator

Pada penelitian ini *excavator* dengan merk yang berbeda yaitu *excavator* Kobelco SK200-8, *excavator* Komatsu PC200-8, dan *excavator* Komatsu PC200-6. Fungsi yang dilakukan *excavator* ini adalah melakukan penimbunan dengan material sampah dan tanah untuk membuat bentuk terasering/berundak.

a. *Excavator* Kobelco SK200-8



Gambar 5.23 *Excavator* Kobelco SK200-8

Kapasitas *bucket* (q') = 0,8 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,8 (lihat Tabel 5.5)

Material Sampah

Faktor *bucket* (K) = 0,994 (lihat Tabel 5.9)

Material Tanah

Faktor *bucket* (K) = 0,733 (lihat Tabel 5.9)

Hasil pengamatan waktu siklus *excavator* Kobelco SK200-8 dapat dilihat pada Lampiran 1, Lampiran 6, dan Lampiran 11. Pengamatan dilakukan dengan mencatat waktu gali, waktu putar isi, waktu putar kosong, serta jenis material yang dikerjakan pada sesi pagi, siang dan sore. Kemudian waktu yang didapatkan tersebut dirata-rata sehingga diperoleh waktu gali rata-rata, waktu putar isi rata-rata, waktu buang rata-rata, dan waktu putar kosong rata-rata dengan pemisahan jenis materialnya. Hal ini dilakukan karena jenis material akan mempengaruhi waktu siklus alat berat.

Rata-rata waktu siklus *excavator* (lihat pers. 3.10) pada hari senin dapat dilihat sebagai berikut.

1) Material Sampah

Rata-rata waktu gali = (6,84 + 9,72 + 8,95) / 3
= 8,503 detik (lihat Lampiran 1)

Rata-rata waktu putar isi = 3,840 detik (lihat Lampiran 1)

Rata-rata waktu buang = 2,843 detik (lihat Lampiran 1)

Rata-rata waktu putar kosong = 3,597 detik (lihat Lampiran 1)

Waktu siklus (CT) = waktu gali + waktu putar isi + waktu buang + waktu putar kosong
= 8,503 + 3,840 + 2,843 + 3,597
= 18,783 detik

2) Material Tanah

Rata-rata waktu gali = (10,05 + 15,29 + 14,17 + 6,52 + 6,55 + 6,36) / 6
= 9,823 detik (lihat Lampiran 1)

Rata-rata waktu putar isi = 3,851 detik (lihat Lampiran 1)

Rata-rata waktu buang = 3,036 detik (lihat Lampiran 1)

Rata-rata waktu putar kosong = 3,087 detik (lihat Lampiran 1)

Waktu siklus (CT) = waktu gali + waktu putar isi + waktu buang + waktu putar kosong
= 9,823 + 3,851 + 3,036 + 3,087
= 19,357 detik

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya pada dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.10 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Senin

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Waktu Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
10:36	Pagi	1	6,84	4,2	2,33	3,38	Sampah
		2	9,72	3,69	3,12	3,96	
		3	8,95	3,63	3,08	3,45	

Lanjutan Tabel 5.10 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Senin

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Waktu Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
13:12	Siang	1	10,05	3,87	3,47	3,6	Tanah
		2	15,29	3,32	3,63	2,42	
		3	14,17	3,43	3,42	2,38	
15:45	Sore	1	6,52	4,52	3,17	3,45	Tanah
		2	6,55	3,27	2,66	2,35	
		3	6,36	4,73	2,44	2,79	
Rata-rata			**8,503**	**3,840**	**2,843**	**3,597**	**Sampah**
Waktu Siklus Rata-rata			**18,783**				
Rata-rata			**9,823**	**3,857**	**3,132**	**2,832**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**19,643**				

Tabel 5.11 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Rabu

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Waktu Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
8:40	Pagi	1	7,25	3,68	2,24	3,12	Sampah
		2	9,67	4,21	3,27	3,79	
		3	9,46	4,12	3,18	3,42	
13:18	Siang	1	9,56	4,22	3,25	2,89	Sampah
		2	8,49	3,79	3,02	3,26	
		3	8,68	3,85	3,18	3,12	
15:32	Sore	1	8,49	2,21	1,69	2,67	Tanah
		2	14,03	1,61	1,53	3,43	
		3	15,24	1,92	1,86	4,36	

Lanjutan Tabel 5.11 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Rabu

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Waktu Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
Rata-rata			**8,852**	**3,978**	**3,023**	**3,267**	**Sampah**
Waktu Siklus Rata-rata			**19,120**				
Rata-rata			**12,587**	**1,913**	**1,693**	**3,487**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**19,307**				

Tabel 5.12 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Jum'at

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Waktu Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
9:48	Pagi	1	10,34	4,33	2,14	3,63	Sampah
		2	8,32	3,63	2,34	3,23	
		3	11,87	3,75	2,53	3,48	
13:44	Siang	1	8,72	5,24	2,85	4,8	Tanah
		2	5,07	5,06	2,13	4,36	
		3	6,62	4,55	1,57	4,26	
15:47	Sore	1	9,32	5,12	2,12	4,23	Tanah
		2	8,67	5,23	3,03	4,12	
		3	8,84	4,87	1,98	3,87	
Rata-rata			**10,177**	**3,470**	**2,337**	**4,880**	**Sampah**
Waktu Siklus Rata-rata			**19,863**				
Rata-rata			**7,873**	**5,012**	**2,280**	**4,273**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**19,438**				

Perhitungan produktivitas *excavator* Kobelco SK200-8 dapat dilihat sebagai berikut.

1) Produktivitas *excavator* untuk pekerjaan timbunan sampah

a) Hari Senin

Waktu siklus (CT) = 18,783 detik (lihat Tabel 5.10)

Kapasitas *excavator* (q') = 0,8 m^3

Faktor *bucket* (K) = 0,994 (lihat Tabel 5.9)

Produksi per siklus (V) = q' x K (lihat pers. 3.9)

= 0,8 x 0,994

= 0,796 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,8 (lihat Tabel 5.5)

Faktor koreksi (S) = 1,15 (lihat Tabel 3.9)

Faktor Koreksi (BFF) = 1 (lihat Tabel 3.10)

Produktivitas *excavato*r per jam (lihat pers. 3.8)

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

= 0,796 x $\frac{3600}{18,783}$ x 1,15 x 1 x 0,8

= 140,278 m^3/jam

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.13 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Kobelco SK200-8 Material Sampah

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Produktivitas (m^3/jam)
Excavator Kobelco SK200-8	Hari Senin	140,278
	Hari Rabu	137,808
	Hari Jum'at	132,650
Rata-rata Produktivitas		**136,912**

2) Produktivitas *excavator* untuk pekerjaan timbunan tanah

a) Hari Senin

Waktu siklus (CT) = 19,643 detik (lihat Tabel 5.10)

Kapasitas *excavator* (q') = 0,8 m^3

Faktor *bucket* (K) = 0,733 (lihat Tabel 5.9)

Produksi per siklus (V) = q' x K (lihat pers. 3.9)

= 0,8 x 0,733

= 0,587 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,8 (lihat Tabel 5.5)

Faktor koreksi (S) = 1,15 (lihat Tabel 3.9)

Faktor Koreksi (BFF) = 1 (lihat Tabel 3.10)

Produktivitas *excavato*r per jam

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

= 0,587 x $\frac{3600}{19,643}$ x 1,15 x 1 x 0,8

= 98,916 m^3/jam

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Kobelco SK200-8 Material Tanah

Jenis Alat Berat	**Waktu Pengamatan**	**Produktivitas (m^3/jam)**
Excavator Kobelco SK200-8	Hari Senin	98,916
	Hari Rabu	98,732
	Hari Jum'at	99,959
Rata-rata Produktivitas		**99,202**

b. *Excavator* Komatsu PC200-8



Gambar 5.24 *Excavator* Komatsu PC200-8

Kapasitas *bucket* (q') = 0,8 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,837 (lihat Tabel Tabel 5.5)

Material Sampah

Faktor *bucket* (K) = 1,00 (lihat Tabel Tabel 5.9)

Material Tanah

Faktor *bucket* (K) = 0,761 (lihat Tabel 5.9)

Hasil pengamatan waktu siklus *excavator* Komatsu PC200-8 dapat dilihat pada Lampiran 2, Lampiran 7, dan Lampiran 12. Pengamatan dilakukan dengan mencatat waktu gali, waktu putar isi, waktu putar kosong, serta jenis material yang dikerjakan pada sesi pagi, siang dan sore. Kemudian waktu yang didapatkan tersebut dirata-rata sehingga diperoleh waktu gali rata-rata, waktu putar isi rata-rata, waktu buang rata-rata, dan waktu putar kosong rata-rata dengan pemisahan jenis materialnya. Hal ini dilakukan karena jenis material akan mempengaruhi waktu siklus alat berat.

Rata-rata waktu siklus *excavator* (lihat pers. 3.10) pada hari senin dapat dilihat sebagai berikut

1) Material Sampah

Rata-rata waktu gali = (8,05 + 8,29 + 9,17 + 10,12 + 9,75 + 9,56) / 6
= 9,157 detik (lihat Lampiran 2)

Rata-rata waktu putar isi = 4,068 detik (lihat Lampiran 2)

Rata-rata waktu buang = 3,112 detik (lihat Lampiran 2)

Rata-rata waktu putar kosong = 3,398 detik (lihat Lampiran 2)

Waktu siklus (Cm) = waktu gali + waktu putar isi + waktu buang + waktu putar kosong
= 9,157 + 4,068 + 3,112 + 3,398
= 19,735 detik

2) Material Tanah

Rata-rata waktu gali = (6,5 + 5,86 + 5,52) / 3
= 5,960 detik (lihat Lampiran 2)

Rata-rata waktu putar isi = 6,057 detik (lihat Lampiran 2)

Rata-rata waktu buang = 4,773 detik (lihat Lampiran 2)

Rata-rata waktu putar kosong = 4,057 detik (lihat Lampiran 2)

Waktu siklus (CT) = waktu gali + waktu putar isi + waktu buang + waktu putar kosong

= 5,960 + 6,057 + 4,773 + 4,057

= 20,847 detik

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya pada dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.15 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-8 Hari Senin

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Waktu Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
9:53	Pagi	1	6,5	5,91	4,4	3,45	Tanah
		2	5,86	6,04	5,8	4,37	
		3	5,52	6,22	4,12	4,35	
13:23	Siang	1	8,05	3,87	3,27	3,6	Sampah
		2	8,29	3,52	2,83	3,12	
		3	9,17	3,43	2,72	3,08	
16:10	Sore	1	10,12	4,59	3,37	3,45	Sampah
		2	9,75	4,27	3,16	3,35	
		3	9,56	4,73	3,32	3,79	
Rata-rata			**9,157**	**4,068**	**3,112**	**3,398**	**Sampah**
Waktu Siklus Rata-rata			**19,735**				
Rata-rata			**5,960**	**6,057**	**4,773**	**4,057**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**20,847**				

Tabel 5.16 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-8 Hari Rabu

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Waktu Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
9:10	Pagi	1	10,28	4,41	3,07	3,12	Sampah
		2	9,23	4,37	2,96	3,04	
		3	7,12	3,88	2,83	2,89	
13:26	Siang	1	9,56	4,64	3,13	3,42	Sampah
		2	8,48	4,23	3,84	3,12	
		3	10,56	4,12	3,73	3,07	
15:54	Sore	1	8,87	4,52	2,52	3,12	Tanah
		2	7,23	5,05	2,41	3,16	
		3	7,67	5,32	2,32	2,32	
Rata-rata			**9,205**	**4,275**	**3,260**	**3,110**	**Sampah**
Waktu Siklus Rata-rata			**19,850**				
Rata-rata			**7,923**	**4,963**	**2,417**	**2,867**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**18,170**				

Tabel 5.17 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-8 Hari Jum'at

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Waktu Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
9:32	Pagi	1	4,87	3,3	2,51	2,25	Tanah
		2	7,29	1,97	4,6	4,92	
		3	8,14	1,82	1,47	3,36	
13:29	Siang	1	10,14	4,26	3,12	3,33	Sampah
		2	10,36	3,64	2,55	2,99	

Lanjutan Tabel 5.15 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-8 Hari Jum'at

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Waktu Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
13:29	Siang	3	9,29	6,51	2,62	3,07	Sampah
16:22	Sore	1	6,77	5,43	3,15	3,68	Tanah
		2	9,33	5,19	2,86	3,41	
		3	8,64	5,25	2,97	3,56	
Rata-rata			**9,930**	**4,803**	**2,763**	**3,130**	**Sampah**
Waktu Siklus Rata-rata			**20,627**				
Rata-rata			**7,507**	**3,827**	**2,927**	**3,530**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**18,736**				

Perhitungan produktivitas *excavator* Komatsu PC200-8 dapat dilihat sebagai berikut.

1) Produktivitas *excavator* untuk pekerjaan timbunan sampah

a) Hari Senin

Waktu siklus (CT) = 19,735 detik (lihat Tabel 5.15)

Kapasitas *excavator* (q') = 0,8 m^3

Faktor *bucket* (K) = 1,00 (lihat Tabel 5.9)

Produksi per siklus (V) = q' x K (lihat pers. 3.9)

= 0,8 x 1

= 0,8 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,837 (lihat Tabel 5.5)

Faktor koreksi (S) = 1,15 (lihat Tabel 3.9)

Faktor Koreksi (BFF) = 1 (lihat Tabel 3.10)

Produktivitas *excavato*r per jam

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

= 0,8 x $\frac{3600}{19,735}$ x 1,15 x 1 x 0,837

= 140,475 m^3/jam

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.18 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Komatsu PC200-8 Material Sampah

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Produktivitas (m^3/jam)
Excavator Kobelco SK200-8	Hari Senin	140,475
	Hari Rabu	139,661
	Hari Jum'at	134,402
Rata-rata Produktivitas		**138,179**

2) Produktivitas *excavator* untuk pekerjaan timbunan tanah

a) Hari Senin

Waktu siklus (CT) = 20,847 detik (lihat Tabel 5.15)

Kapasitas *excavator* (q') = 0,8 m^3

Faktor *bucket* (K) = 0,761 (lihat Tabel 5.9)

Produksi per siklus (V) = q' x K (lihat pers. 3.9)

= 0,8 x 0,761

= 0,609 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,837 (lihat Tabel 5.5)

Faktor koreksi (S) = 1,15 (lihat Tabel 3.9)

Faktor Koreksi (BFF) = 1 (lihat Tabel 3.10)

Produktivitas *excavato*r per jam

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

= 0,609 x $\frac{3600}{20,847}$ x 1,15 x 1 x 0,837

= 101,215 m^3/jam

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.19 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Komatsu PC200-8 Material Tanah

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Produktivitas (m^3/jam)
Excavator Kobelco SK200-8	Hari Senin	101,215
	Hari Rabu	116,126
	Hari Jum'at	101,818
Rata-rata Produktivitas		**111,982**

c. *Excavator* Komatsu PC200-6



Gambar 5.25 *Excavator* Komatsu PC200-6

Kapasitas *bucket* (q') = 0,8 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,826 (lihat Tabel 5.5)

Material Sampah

Faktor *bucket* (K) = 1,00 (lihat Tabel 5.9)

Material Tanah

Faktor *bucket* (K) = 0,722 (lihat Tabel 5.9)

Hasil pengamatan waktu siklus *excavator* Komatsu PC200-8 dapat dilihat pada Lampiran 3, Lampiran 8, dan Lampiran 13. Pengamatan dilakukan dengan mencatat waktu gali, waktu putar isi, waktu putar kosong, serta jenis material yang dikerjakan pada sesi pagi, siang dan sore. Kemudian waktu yang didapatkan tersebut dirata-rata sehingga diperoleh waktu gali

rata-rata, waktu putar isi rata-rata, waktu buang rata-rata, dan waktu putar kosong rata-rata dengan pemisahan jenis materialnya. Hal ini dilakukan karena jenis material akan mempengaruhi waktu siklus alat berat.

Rata-rata waktu siklus *excavator* (lihat pers. 3.10) pada hari senin dapat dilihat sebagai berikut

1) Material Tanah

Rata-rata waktu gali = (5,46 + 5,51 + 4,76 + 12,3 + 18,56 + 6,72 + 10,21 + 9,53 + 5,72) / 9
= 8,752 detik (lihat Lampiran 3)

Rata-rata waktu putar isi = 4,633 detik (lihat Lampiran 3)

Rata-rata waktu buang = 3,159 detik (lihat Lampiran 3)

Rata-rata waktu putar kosong = 3,408 detik (lihat Lampiran 3)

Waktu siklus (CT) = waktu gali + waktu putar isi + waktu buang + waktu putar kosong
= 8,752 + 4,633 + 3,159 + 3,408
= 19,952 detik

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya pada dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.20 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-6 Hari Senin

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Waktu Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
10:12	Pagi	1	5,46	5,11	4,12	4,16	Tanah
		2	5,51	5,35	3,52	5,02	
		3	4,76	6,77	4,82	4,22	
13:50	Siang	1	12,3	4,1	2,22	2,45	Tanah
		2	18,56	3,87	1,87	3,31	

Lanjutan Tabel 5.16 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-6 Hari Senin

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Waktu Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
13:50	Siang	3	6,72	4,56	2,34	3,78	Tanah
16:30	Sore	1	10,21	3,6	3,23	2,32	Tanah
		2	9,53	4,21	3,42	2,22	
		3	5,72	4,13	2,89	3,19	
Rata-rata			**8,752**	**4,633**	**3,159**	**3,408**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**19,952**				

Tabel 5.21 Data Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-6 Hari Rabu

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Waktu Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
8:24	Pagi	1	5,67	6,32	3,59	3,07	Tanah
		2	6,02	5,17	4,26	2,16	
		3	6,12	5,62	4,46	2,12	
13:38	Siang	1	10,54	4,5	2,32	3,21	Tanah
		2	11,65	3,67	2,24	3,25	
		3	8,53	3,45	2,15	3,12	
15:46	Sore	1	14,67	4,24	3,46	2,43	Tanah
		2	8,45	4,22	3,36	3,15	
		3	7,56	3,89	3,24	2,32	
Rata-rata			**8,801**	**4,564**	**3,231**	**2,759**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**19,356**				

Tabel 5.22 Data Pengamatan Waktu Siklus
***Excavator* Komatsu PC200-6 Hari Jum'at**

Jam	Sesi	Siklus	Waktu Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Waktu Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
9:28	Pagi	1	6,49	5,49	3,29	4,66	Sampah
		2	6,77	5,27	4,01	4,93	
		3	9,39	6,81	2,51	4,88	
13:12	Siang	1	8,21	4,22	2,88	3,84	Tanah
		2	9,15	4,3	2,81	2,69	
		3	8,86	4,53	4,35	2,37	
16:12	Sore	1	10,24	4,46	2,61	3,34	Sampah
		2	9,56	4,35	2,52	2,38	
		3	8,72	3,42	2,34	2,25	
Rata-rata			**8,528**	**4,967**	**2,880**	**3,740**	**Sampah**
Waktu Siklus Rata-rata			**20,115**				
Rata-rata			**8,740**	**4,350**	**3,347**	**2,967**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**19,878**				

Perhitungan produktivitas *excavator* Komatsu PC200-6 dapat dilihat sebagai berikut.

1) Produktivitas *excavator* untuk pekerjaan timbunan sampah
   a) Hari Jum'at

Waktu siklus (CT) = 20,115 detik (lihat Tabel 5.18)

Kapasitas *excavator* (q') = 0,8 m^3

Faktor *bucket* (K) = 1,00 (lihat Tabel 5.9)

Produksi per siklus (V) = q' x K (lihat pers. 3.9)

= 0,8 x 1

= 0,8 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,826 (lihat Tabel 5.5)

Faktor koreksi (S) = 1,15 (lihat Tabel 3.9)

Faktor Koreksi (BFF) = 1 (lihat Tabel 3.10)

Produktivitas *excavato*r per jam

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

= 0,8 x $\frac{3600}{20,115}$ x 1,15 x 1 x 0,826

= 135,991 m^3/jam

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Komatsu PC200-6 Material Sampah

Jenis Alat Berat	**Waktu Pengamatan**	**Produktivitas (m^3/jam)**
Excavator Komatsu PC200-6	Hari Jum'at	135,991
Rata-rata Produktivitas		**135,991**

2) Produktivitas *excavator* untuk pekerjaan timbunan tanah

a) Hari Senin

Waktu siklus (CT) = 19,952 detik (lihat Tabel 5.18)

Kapasitas *excavator* (q') = 0,8 m^3

Faktor *bucket* (K) = 0,722 (lihat Tabel 5.9)

Produksi per siklus (V) = q' x K (lihat pers. 3.9)

= 0,8 x 0,722

= 0,578 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,826 (lihat Tabel 5.5)

Faktor koreksi (S) = 1,15 (lihat Tabel 3.9)

Faktor Koreksi (BFF) = 1 (lihat Tabel 3.10)

Produktivitas *excavato*r per jam

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

= 0,578 x $\frac{3600}{19,952}$ x 1,15 x 1 x 0,826

= 99,017 m^3/jam

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.24 Rekapitulasi Produktivitas *Excavator* Komatsu PC200-6 Material Tanah

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Produktivitas (m^3/jam)
Excavator Kobelco SK200-8	Hari Senin	99,017
	Hari Rabu	88,756
	Hari Jum'at	101,818
Rata-rata Produktivitas		**96,531**

2. Bulldozer

a. *Bulldozer* D85-10



Gambar 5.26 *Bulldozer* D85-10

Kapasitas *blade* (q') = 3,4 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,817 (lihat Tabel 5.5)

Material Sampah

Faktor *blade* (a) = 0,917 (lihat Tabel 5.9)

Material Tanah

Faktor *blade* (a) = 0,811 (lihat Tabel 5.9)

Hasil pengamatan waktu siklus *bulldozer* Komatsu D85-10 dapat dilihat pada Lampiran 4, Lampiran 9, dan Lampiran 14. Pengamatan dilakukan dengan mencatat jarak angkut, waktu maju, waktu mundur, serta waktu ganti persneling yang dikerjakan pada sesi pagi, siang dan sore. Kemudian

waktu yang didapatkan tersebut dirata-rata sehingga diperoleh rata-rata jarak angkut, rata-rata kecepatan maju, rata-rata kecepatan mundur, dan rata-rata waktu ganti persneling dengan pemisahan jenis materialnya. Hal ini dilakukan karena jenis material akan mempengaruhi waktu siklus alat berat.

Rata-rata waktu siklus *bulldozer* (lihat pers. 3.14) pada hari senin dapat dilihat sebagai berikut.

1) Material Sampah

Rata-rata waktu maju = (23,77 + 24,32 + 22,21 + 27,32 + 29,54 + 28,73) / 6
= 25,982 detik (lihat Lampiran 4)

Rata-rata waktu mundur = (20,51 + 21,69 + 20,24 + 22,53 + 20,68 + 20,21) / 6
= 20,977 detik (lihat Lampiran 4)

Rata-rata jarak angkut (D) = (11 + 11 + 11 + 15 + 15 + 15) / 6
= 13 meter (lihat Lampiran 4)

Rata-rata kecepatan maju (F) = (0,463 + 0,452 + 0,495 + 0,549 + 0,508 + 0,522) / 6
= 0,498 m/detik (lihat Lampiran 4)

Rata-rata kecepatan mundur (R) = (0,536 + 0,507 + 0,543 + 0,666 + 0,725 + 0,742) / 6
= 0,620 m/detik (lihat Lampiran 4)

Rata-rata ganti persneling (z) = (1,2 + 0,77 + 0,99 + 1,07 + 1,37 + 0,98) / 6
= 1,063 detik (lihat Lampiran 4)

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

$= \frac{13}{0,498} + \frac{13}{0,620} + 1,063$

= 48,123 detik

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya pada dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.25 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* D85-10 Hari Senin

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Angkut (meter)	Waktu Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Jarak Angkut (meter)	Waktu Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneliing (detik)	Jenis Material
9:05	Pagi	1	11	23,77	0,463	11	20,51	0,536	1,2	Sampah
		2	11	24,32	0,452	11	21,69	0,507	0,77	
		3	11	22,21	0,495	11	20,24	0,543	0,99	
14:10	Siang	1	15	27,32	0,549	15	22,53	0,666	1,07	Sampah
		2	15	29,54	0,508	15	20,68	0,725	1,37	
		3	15	28,73	0,522	15	20,21	0,742	0,98	
16:49	Sore	1	12	28,13	0,427	12	19,96	0,601	0,59	Tanah
		2	12	27,31	0,439	12	20,58	0,583	0,87	
		3	12	26,85	0,447	12	19,42	0,618	1,12	
Rata-rata			**13,000**	**25,982**	**0,498**	**13,000**	**20,977**	**0,620**	**1,063**	**Sampah**
Waktu Siklus Rata-rata			**48,123**							
Rata-rata			**12,000**	**27,430**	**0,438**	**12,000**	**19,987**	**0,601**	**0,860**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**48,255**							

Tabel 5.26 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* D85-10 Hari Rabu

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Angkut (meter)	Waktu Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Jarak Angkut (meter)	Waktu Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneliing (detik)	Jenis Material
9:47	Pagi	1	12	24,43	0,491	12	16,83	0,713	1,07	sampah
		2	12	23,61	0,508	12	15,91	0,754	0,89	
		3	12	25,99	0,462	12	15,32	0,783	1,08	
14:20	Siang	1	11	22,44	0,490	11	14,84	0,741	0,78	sampah
		2	11	27,67	0,398	11	17,87	0,616	1,33	
		3	11	26,51	0,415	11	16,53	0,665	1,13	
16:20	Sore	1	13	25,06	0,519	13	21,82	0,596	1,35	Tanah
		2	13	24,75	0,525	13	18,43	0,705	1,42	
		3	13	23,19	0,561	13	20,82	0,624	1,65	
Rata-rata			**11,500**	**25,108**	**0,461**	**11,500**	**16,217**	**0,712**	**1,047**	**Sampah**
Waktu Siklus Rata-rata			**42,161**							
Rata-rata			**13,000**	**24,333**	**0,535**	**13,000**	**20,357**	**0,642**	**1,473**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**46,032**							

Tabel 5.27 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* D85-10 Hari Jum'at

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Angkut (meter)	Waktu Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Jarak Angkut (meter)	Waktu Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneliing (detik)	Jenis Material
10:23	Pagi	1	14	26,23	0,534	14	19,58	0,715	1,44	Sampah
		2	14	24,17	0,579	14	18,84	0,743	1,12	
		3	14	25,16	0,556	14	19,11	0,733	1,07	
14:07	Siang	1	8	23,58	0,339	8	10,06	0,795	0,75	Sampah
		2	8	16,71	0,479	8	12,95	0,618	0,99	
		3	8	20,49	0,390	8	9,51	0,841	1,15	
16:03	Sore	1	10	29,45	0,340	10	19,62	0,510	1,17	Tanah
		2	10	26,16	0,382	10	19,34	0,517	1,01	
		3	10	28,45	0,351	10	18,38	0,544	1,25	
Rata-rata			**11,000**	**22,723**	**0,480**	**11,000**	**15,008**	**0,741**	**1,087**	**Sampah**
Waktu Siklus Rata-rata			**38,869**							
Rata-rata			**10,000**	**28,020**	**0,358**	**10,000**	**19,113**	**0,524**	**1,143**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**441,360**							

Perhitungan produktivitas *bulldozer* Komatsu D85-10 dapat dilihat sebagai berikut.

1) Produktivitas *bulldozer* untuk pekerjaan timbunan sampah

a) Hari Senin

Waktu siklus (CT) = 48,123 detik (lihat Tabel 5.21)

Faktor *blade* (a) = 0,917 (lihat Tabel 5.9)

Lebar *blade* (L) = 4,37 m

Tinggi *blade* (H) = 1,07 m

Produksi per siklus (V) = L x H^2 x a (lihat pers. 3.13)

= 4,37 x $1,07^2$ x 0,917

= 4,586 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,817 (lihat Tabel 5.5)

Produktivitas *bulldozer* per jam

Q = V x $\frac{3600}{CT}$ x E (lihat pers. 3.12)

= $\frac{4,586 \text{ x } 3600 \text{ x } 0,817}{48,123}$

= 280,193 m^3/jam

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.28 Rekapitulasi Produktivitas *Bulldozer* Komatsu D85-10 Material Sampah

Jenis Alat Berat	**Waktu Pengamatan**	**Produktivitas (m^3/jam)**
Bulldozer Komatsu D85-10	Hari Senin	280,193
	Hari Rabu	319,817
	Hari Jum'at	346,903
Rata-rata Produktivitas		**315,638**

2) Produktivitas *bulldozer* untuk pekerjaan timbunan tanah

a) Hari Senin

Waktu siklus (CT) = 48,255 detik (lihat Tabel 5.21)

Faktor *blade* (a) = 0,811 (lihat Tabel 5.9)

Lebar *blade* (L) = 4,37 m

Tinggi *blade* (H) = 1,07 m

Produksi per siklus (V) = L x H^2 x a (lihat pers. 3.13)

= 4,37 x $1,07^2$ x 0,811

= 4,058 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,817 (lihat Tabel 5.5)

Produktivitas *bulldozer* per jam

Q = V x $\frac{3600}{CT}$ x E (lihat pers. 3.12)

= $\frac{4,058 \text{ x } 3600 \text{ x } 0,817}{48,255}$

= 247,247 m^3/jam

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.29 Rekapitulasi Produktivitas *Bulldozer* Komatsu D85-10 Material Tanah

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Produktivitas (m^3/jam)
Bulldozer Komatsu D85-10	Hari Senin	247,247
	Hari Rabu	259,187
	Hari Jum'at	247,570
Rata-rata Produktivitas		**251,335**

b. *Bulldozer* D31-6



Gambar 5.27 *Bulldozer* D31-6

Kapasitas *blade* (q') = 1,61 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,765 (lihat Tabel 5.5)

Material Tanah

Faktor *blade* (a) = 0,767 (lihat Tabel 5.9)

Hasil pengamatan waktu siklus *bulldozer* Komatsu D85-10 dapat dilihat pada Lampiran 5, Lampiran 10, dan Lampiran 15. Pengamatan dilakukan dengan mencatat jarak angkut, waktu maju, waktu mundur, serta waktu ganti persneling yang dikerjakan pada sesi pagi, siang dan sore. Kemudian waktu yang didapatkan tersebut dirata-rata sehingga didapatkan rata-rata jarak angkut, rata-rata kecepatan maju, rata-rata kecepatan mundur, dan rata-rata waktu ganti persneling dengan pemisahan jenis materialnya. Hal ini dilakukan karena jenis material akan mempengaruhi waktu siklus alat berat.

Rata-rata waktu siklus *bulldozer* (lihat pers. 3.14) pada hari senin dapat dilihat sebagai berikut.

1) Material Tanah

Rata-rata waktu maju = (13,07 + 13,23 + 12,12 + 15,16 + 16,76 + 15,94 + 17,54 + 16,72 + 16,32) / 9
= 15,207 detik (lihat Lampiran 5)

Rata-rata waktu mundur = (10,29 + 9,45 + 9,23 + 13,9 + 10,75 + 9,45 + 18,13 + 13,53 + 14,44) / 9
= 12,141 detik (lihat Lampiran 5)

Rata-rata jarak angkut (D) = (9 + 9 + 9 + 8 + 8 + 8 + 8 + 8 + 8) / 9
= 8,333 meter (lihat Lampiran 5)

Rata-rata kecepatan maju (F) = (0,689 + 0,680 + 0,743 + 0,528 + 0,477 + 0,502 + 0,456 + 0,478 + 0,490) / 9

= 0,560 m/detik (lihat Lampiran 5)

Rata-rata kecepatan mundur (R) = (0,875 + 0,952 + 0,975 + 0,576 + 0,744 + 0,847 + 0,441 + 0,591 + 0,550) / 9

= 0,728 m/detik (lihat Lampiran 5)

Rata-rata waktu ganti persneling (z)= (1,06 + 0,98 + 1,17 + 1,23 + 0,89 + 1,02 + 0,59 + 0,82 + 0,8) / 9

= 0,951 detik (lihat Lampiran 5)

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

$= \frac{8,333}{0,560} + \frac{8,333}{0,728} + 0,951$

= 27,271 detik

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya pada dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.30 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* D31-6 Hari Senin

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Angkut (meter)	Waktu Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Jarak Angkut (meter)	Waktu Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneliing (detik)	Jenis Material
8:52	Pagi	1	9	13,07	0,689	9	10,29	0,875	1,06	Tanah
		2	9	13,23	0,680	9	9,45	0,952	0,98	
		3	9	12,12	0,743	9	9,23	0,975	1,17	
13:56	Siang	1	8	15,16	0,528	8	13,9	0,576	1,23	Tanah
		2	8	16,76	0,477	8	10,75	0,744	0,89	
		3	8	15,94	0,502	8	9,45	0,847	1,02	
16:40	Sore	1	8	17,54	0,456	8	18,13	0,441	0,59	Tanah
		2	8	16,72	0,478	8	13,53	0,591	0,82	
		3	8	16,32	0,490	8	14,54	0,550	0,8	
Rata-rata			8,333	15,207	0,560	8,333	12,141	0,728	0,951	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**27,271**							

Tabel 5.31 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* D31-6 Hari Rabu

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Angkut (meter)	Waktu Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Jarak Angkut (meter)	Waktu Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneliing (detik)	Jenis Material
9:25	Pagi	1	5	14,23	0,351	5	5,25	0,952	1,25	Tanah
		2	5	9,63	0,519	5	6,31	0,792	0,8	
		3	5	9,11	0,549	5	6,03	0,829	0,93	
13:54	Siang	1	5	11,21	0,446	5	8,21	0,609	0,8	Tanah
		2	5	13,73	0,364	5	7,32	0,683	0,81	
		3	5	13,34	0,375	5	4,93	1,014	0,95	
16:32	Sore	1	14	18,72	0,748	14	19,3	0,725	1,25	Tanah
		2	14	23,91	0,586	14	21,34	0,656	1,07	
		3	14	22,09	0,634	14	18,41	0,760	0,84	
Rata-rata			**8,000**	**15,108**	**0,508**	**8,000**	**10,789**	**0,780**	**0,967**	0,780
Waktu Siklus Rata-rata			**26,969**							

Tabel 5.32 Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* D31-6 Hari Jum'at

Jam	Sesi	Siklus	Jarak Angkut (meter)	Waktu Maju (detik)	Kecepatan Maju (m/detik)	Jarak Angkut (meter)	Waktu Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persneliing (detik)	Jenis Material
9:12	Pagi	1	6	10,25	0,585	6	4,07	1,474	0,95	Tanah
		2	6	6,22	0,965	6	4,63	1,296	0,9	
		3	6	6,07	0,988	6	5,55	1,081	1,26	
13:36	Siang	1	13	34,72	0,374	13	32,94	0,395	0,91	Tanah
		2	13	32,53	0,400	13	41,89	0,310	0,77	
		3	13	43,73	0,297	13	36	0,361	1,05	
16:36	Sore	1	8	23,65	0,338	8	19,65	0,407	1,19	Tanah
		2	8	22,12	0,362	8	19,28	0,415	0,96	
		3	8	19,54	0,409	8	18,15	0,441	0,88	
Rata-rata			**9,000**	**22,092**	**0,524**	**9,000**	**20,240**	**0,687**	**0,986**	**Tanah**
Waktu Siklus Rata-rata			**31,256**							

Perhitungan produktivitas *bulldozer* Komatsu D31-6 dapat dilihat sebagai berikut.

1) Produktivitas *bulldozer* untuk pekerjaan timbunan tanah

a) Hari Senin

Waktu siklus (CT) = 27,271 detik (lihat Tabel 5.24)

Faktor *blade* (a) = 0,767 (lihat Tabel 5.9)

Lebar blade (L) = 2,55 m

Tinggi blade (H) = 0,84 m

Produksi per siklus (V) = L x H^2 x a (lihat pers. 3.13)

= 2,55 x $0,84^2$ x 0,767

= 1,379 m^3

Efisiensi kerja (E) = 0,837 (lihat Tabel 5.5)

Produktivitas *bulldozer* per jam

Q = V x $\frac{3600}{CT}$ x E (lihat pers. 3.12)

= $\frac{1,379 \text{ x } 3600 \text{ x } 0,767}{27,271}$

= 152,422 m^3/jam

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.33 Rekapitulasi Produktivitas *Bulldozer* Komatsu D31-6 Material Tanah

Jenis Alat Berat	**Waktu Pengamatan**	**Produktivitas (m^3/jam)**
Bulldozer Komatsu D31-6	Hari Senin	152,422
	Hari Rabu	154,128
	Hari Jum'at	132,989
Rata-rata Produktivitas		**146,513**

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, didapatkan rekapitulasi produktivitas untuk setiap alat berat sebagai berikut.

Tabel 5.34 Rekapitulasi Produktivitas Alat Berat

Nama Alat Berat	Produktivitas alat berat untuk Sampah (m^3/jam)	Produktivitas alat berat untuk Tanah (m^3/jam)
Excavator Kobelco SK200-8	136,912	99,202
Excavator Komatsu PC200-8	138,179	111,982
Excavator Komatsu PC200-6	135,991	96,531
Bulldozer D85-10	315,638	251,335
Bulldozer d31-6		146,513

5.2.7 Perhitungan Biaya Penggunaan Alat Berat

Biaya penggunaan alat berat didapatkan dari hasil wawancara dengan kontraktor penyewa alat berat untuk Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Piyungan. Alat berat disewa dari wilayah Yogyakarta. Daftar harga tersebut meliputi harga sewa alat berat per jam, biaya bahan bakar solar per jam yang ditanggung penyewa, dan biaya upah operator alat berat per hari nya.

1. *Excavator* Kobelco SK200-8

   Kapasitas = 0,8 m^3

   Harga sewa alat = Rp150.000,00/jam (lihat Lampiran 1)

   Harga bahan bakar = 15 liter/jam x Rp15.000,00 (lihat Lampiran 1)

   = Rp225.000,00/jam

   Upah operator = Rp250.000,00/hari (lihat Lampiran 1)

   = Rp250.000,00/7 jam

   = Rp35.800,00/jam

   Harga sewa total = Rp150.000,00 + Rp225.000,00 + Rp35.800,00

   = Rp410.800,00/jam

2. *Excavator* Komatsu PC200-8

   Kapasitas = 0,8 m^3

   Harga sewa alat = Rp150.000,00/jam (lihat Lampiran 2)

   Harga bahan bakar = 15 liter/jam x Rp15.000,00 (lihat Lampiran 2)

   = Rp225.000,00/jam

Upah operator = Rp250.000,00/hari (lihat Lampiran 2)
= Rp250.000,00/7 jam
= Rp35.800,00/jam
Harga sewa total = Rp150.000,00 + Rp225.000,00 + Rp35.800,00
= Rp410.800,00/jam

3. *Excavator* Komatsu PC200-6

Kapasitas = 0,8 m^3
Harga sewa alat = Rp150.000,00/jam (lihat Lampiran 3)
Harga bahan bakar = 15 liter/jam x Rp15.000,00 (lihat Lampiran 3)
= Rp225.000,00/jam
Upah operator = Rp250.000,00/hari (lihat Lampiran 3)
= Rp250.000,00/7 jam
= Rp35.800,00/jam
Harga sewa total = Rp150.000,00 + Rp225.000,00 + Rp35.800,00
= Rp410.800,00/jam

4. *Bulldozer* Komatsu D85-10

Kapasitas = 3,4 m^3
Harga sewa alat = Rp175.000,00/jam (lihat Lampiran 4)
Harga bahan bakar = 15 liter/jam x Rp15.000,00 (lihat Lampiran 4)
= Rp225.000,00/jam
Upah operator = Rp250.000,00/hari (lihat Lampiran 4)
= Rp250.000,00/7 jam
= Rp35.800,00/jam
Harga sewa total = Rp175.000,00 + Rp225.000,00 + Rp35.800,00
= Rp435.800,00/jam

5. *Bulldozer* Komatsu D31-6

Kapasitas = 1,61 m^3
Harga sewa alat = Rp120.000,00/jam (lihat Lampiran 5)
Harga bahan bakar = 11 liter/jam x Rp15.000,00 (lihat Lampiran 5)
= Rp165.000,00/jam
Upah operator = Rp250.000,00/hari (lihat Lampiran 5)

= Rp250.000,00/7 jam

= Rp35.800,00/jam

Harga sewa total = Rp120.000,00 + Rp165.000,00 + Rp35.800,00

= Rp320.800,00/jam

5.2.8 Perhitungan Alternatif Kombinasi Alat Berat

Berikut ini merupakan perhitungan alternatif kombinasi alat berat yang akan dianalisis berdasarkan perhitungan produktivitas disertai biaya sewa dan penjelasan mengenai langkah-langkah pengerjaan.

1. Kondisi di lapangan (*existing*)

   Pada pelaksanaan pekerjaan timbunan tanah, jumlah alat berat yang digunakan pada Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Piyungan untuk pekerjaan timbunan adalah *excavator* dan *bulldozer*. Biaya sewa alat per jam menggunakan biaya yang telah dihitung pada tugas akhir ini. Kondisi *existing* ini nantinya akan digunakan sebagai pembanding dengan alternatif lainnya. Perhitungan waktu dan biaya untuk kondisi di lapangan adalah sebagai berikut.

   a. Excavator

   1) Pekerjaan Material Sampah

      Jumlah alat (n) = 3 unit

      Volume timbunan = 230.240,599 m^3

      Produksi *excavator* per jam (Q) = rata-rata produktivitas 3 *excavator*

      = (136,912 + 138,179 + 135,991) / 3

      = 137,027 m^3/jam

      Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n

      = 137,027 m^3/jam x 3 unit

      = 411,084 m^3/jam

      Waktu kerja *excavator* $= \frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } excavator \text{ seluruh alat}}$

      $= \frac{230.240,599}{411,084}$

      = 560,084 jam ≈ 561 jam

2) Pekerjaan Material Tanah

Jumlah alat (n) = 3 unit

Volume timbunan = 33.665,416 m^3

Produksi *excavator* per jam (Q) = rata-rata produktivitas 3 *excavator*

= (99,202 + 111,982 + 96,531) / 3

= 102,572 m^3/jam

Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n

= 102,572 m^3/jam x 3 unit

= 307,715 m^3/jam

Waktu kerja *excavator* $= \frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } excavator \text{ seluruh alat}}$

$= \frac{33.665,416}{307,715}$

= 109,404 jam ≈ 110 jam

Pada penggunaan alat berat *excavator* kondisi *existing* ini menggunakan 3 jenis unit *excavator* yaitu *excavator* Kobelco SK200-8, *excavator* Komatsu PC 200-8 dan *excavator* Komatsu PC 200-6. Berikut merupakan perhitungan biaya sewa *excavator*.

Waktu penggunaan *excavator* = waktu timbunan sampah dan tanah

= 561 jam + 110 jam

= 671 jam

Biaya alat sewa per jam = Rp410.800,00/jam

Biaya total sewa alat = Rp410.800,00 x 671 jam x 3 unit

= Rp826.940.400,00

b. *Bulldozer* D85-10

1) Pekerjaan Material Sampah

Jumlah alat (n) = 1 unit

Volume timbunan = 230.240,599 m^3

Produksi *bulldozer* per jam (Q) = 315,638 m^3/jam

Produksi *bulldozer* seluruh alat = Q x n

= 315,638 m^3/jam x 1 unit

= 315,638 m^3/jam

Waktu kerja *bulldozer* = $\frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } bulldozer \text{ seluruh alat}}$

= $\frac{230.240,599}{315,638}$

= 729,446 jam ≈ 730 jam

2) Pekerjaan Material Tanah

Jumlah alat (n) = 1 unit

Volume timbunan = $\frac{\text{kapasitas } bulldozer}{\text{kapasitas } bulldozer \text{ total}}$ x volume timbunan

= $\frac{3,4}{3,4+1,61}$ x 33.665,416 m^3

= 22.846,789 m^3

Produksi *bulldozer* per jam (Q) = 251,335 m^3/jam

Produksi *bulldozer* seluruh alat = Q x n

= 251,335 m^3/jam x 1 unit

= 251,335 m^3/jam

Waktu kerja *bulldozer* = $\frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } bulldozer \text{ seluruh alat}}$

= $\frac{22.846,789}{251,335}$

= 90,902 jam ≈ 91 jam

Pada penggunaan alat berat *bulldozer* kondisi *existing* ini menggunakan 1 unit *bulldozer* D85-10. Berikut merupakan perhitungan biaya sewa *bulldozer*.

Waktu penggunaan *bulldozer* = waktu timbunan sampah dan tanah

= 730 jam + 91 jam

= 821 jam

Biaya alat sewa per jam = Rp435.800,00/jam

Biaya total sewa alat = Rp435.800,00 x 821 jam x 1 unit

= Rp357.791.800,00

c. *Bulldozer* D31-6

1) Pekerjaan Material Tanah

Jumlah alat (n) = 1 unit

Volume timbunan $= \frac{\text{kapasitas } bulldozer}{\text{kapasitas } bulldozer \text{ total}}$ x volume timbunan

$= \frac{1{,}61}{3{,}4 + 1{,}61}$ x 33.665,416 m^3

= 10.818,627 m^3

Produksi *bulldoze*r per jam (Q) = 146,513 m^3/jam

Produksi *bulldozer* seluruh alat = Q x n

= 146,513 m^3/jam x 1 unit

= 146,513 m^3/jam

Waktu kerja *bulldozer* $= \frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } bulldozer \text{ seluruh alat}}$

$= \frac{10.818{,}627}{146{,}513}$

= 73,841 jam ≈ 74 jam

Pada penggunaan alat berat *bulldozer* kondisi *existing* ini menggunakan 1 unit *bulldozer* D31-6. Berikut merupakan perhitungan biaya sewa *bulldozer*.

Waktu penggunaan *bulldozer* = waktu timbunan tanah

= 74 jam

Biaya alat sewa per jam = Rp320.800,00/jam

Biaya total sewa alat = Rp320.800,00 x 74 jam x 1 unit

= Rp23.739.200,00

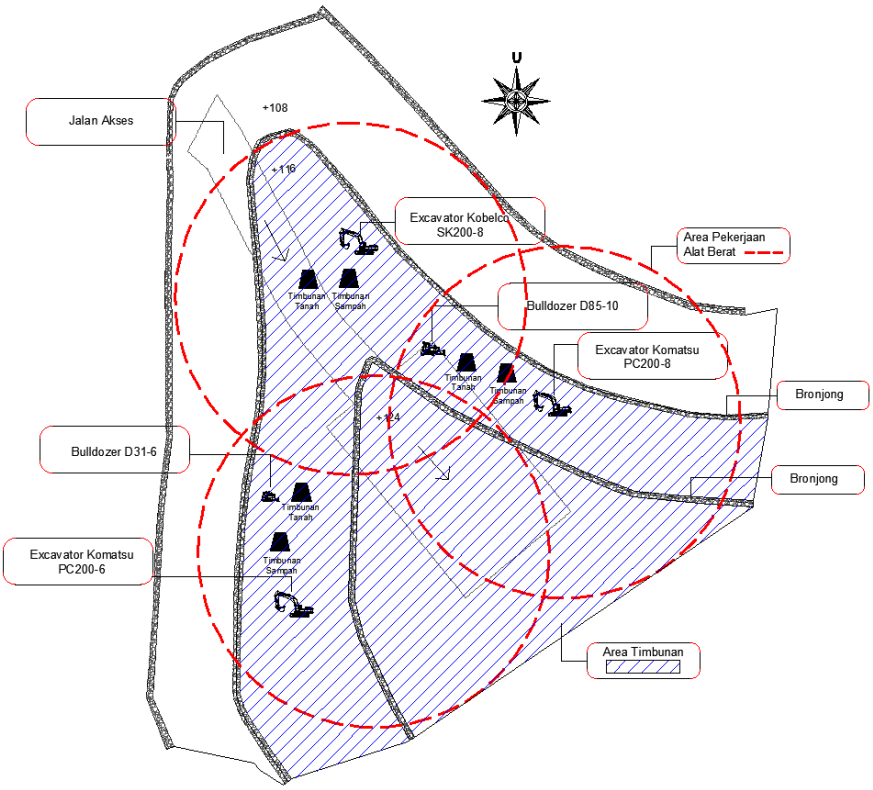
Pada pekerjaan timbunan ini, *excavator* dan *bulldozer* bekerja secara bersama-sama. Oleh karena itu, perhitungan durasi pekerjaan dapat terselesaikan 100% dengan anggapan bahwa alat bekerja terus menerus dalam waktu 7 jam/hari adalah sebagai berikut.

Durasi penyelesaian pekerjaan (hari) $= \frac{\text{Durasi alat berat terlama}}{7 \text{ jam/hari}}$

$= \frac{821 \text{ jam}}{7 \text{ jam/hari}}$

= 117,286 ≈ 118 hari

Skema pekerjaan alat berat untuk kondisi asli dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5.28 Skema Alat Berat Pada Kondisi Asli

2. Analisis Alternatif 1

   a. *Excavator* Komatsu PC200-8

   Excavator jenis ini dipilih karena berdasarkan ketiga jenis *excavator* tersebut, produktivitas paling besar adalah *excavator* Komatsu PC200-8.

   1) Pekerjaan Material Sampah

   Jumlah alat (n) = 3 unit

   Volume timbunan = 230.240,599 m^3

   Produksi *excavator* per jam (Q) = 138,179 m^3/jam

   Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n

   = 138,179 m^3/jam x 3 unit

   = 414,537 m^3/jam

   Waktu kerja *excavator* $= \frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } excavator \text{ seluruh alat}}$

   $= \frac{230.240,599}{414,537}$

   = 555,416 jam ≈ 556 jam

2) Pekerjaan Material Tanah

Jumlah alat (n) = 3 unit

Volume timbunan = 33.665.416 m^3

Produksi *excavator* per jam (Q) = 111,982 m^3/jam

Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n

= 111,982 m^3/jam x 3 unit

= 335,947 m^3/jam

Waktu kerja *excavator* = $\frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } excavator \text{ seluruh alat}}$

= $\frac{33.665.416}{111,982}$

= 100,210 jam ≈ 101 jam

Pekerjaan *excavator* ini adalah melakukan galian sampah kemudian diratakan. Setelah itu, tanah didatangkan dari luar area proyek digunakan untuk menimbun timbunan sampah. Proses timbunan tanah ini dilakukan oleh bantuan *excavator*.

Pada penggunaan alat berat *excavator* pada alternatif 1 ini menggunakan 3 unit *excavator.* Berikut merupakan perhitungan biaya sewa *excavator.*

Waktu penggunaan *excavator* = waktu timbunan sampah dan tanah

= 556 jam + 101 jam

= 657 jam

Biaya alat sewa per jam = Rp410.800,00/jam

Biaya total sewa alat = Rp410.800,00 x 657 jam x 1 unit

= Rp809.686.800,00

b. *Bulldozer* Komatsu D85-10

Bulldozer jenis ini dipilih karena memiliki kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan *bulldozer* Komatsu D31-6. Hal ini tentu akan mempercepat pekerjaan jika menggunakan *bulldozer* dengan kapasitas yang besar.

1) Pekerjaan Material Sampah

Jumlah alat (n) = 2 unit

Volume timbunan = 230.240,599 m^3

Produksi *bulldozer* per jam (Q) = 315,638 m^3/jam

Produksi *bulldozer* seluruh alat = Q x n

= 315,638 m^3/jam x 3 unit

= 631,275 m^3/jam

Waktu kerja *bulldozer* = $\frac{Volume\ timbunan}{Produksi\ bulldozer\ seluruh\ alat}$

= $\frac{230.240,599}{631,275}$

= 364,722 jam ≈ 365 jam

2) Pekerjaan Material Tanah

Jumlah alat (n) = 2 unit

Volume timbunan = 33.665.416 m^3

Produksi *bulldozer* per jam (Q) = 251,335 m^3/jam

Produksi *bulldozer* seluruh alat = Q x n

= 251,335 m^3/jam x 3 unit

= 502,669 m^3/jam

Waktu kerja *bulldozer* = $\frac{Volume\ timbunan}{Produksi\ bulldozer\ seluruh\ alat}$

= $\frac{33.665.416}{502,669}$

= 66,973 jam ≈ 67 jam

Pekerjaan *bulldozer* adalah untuk meratakan timbunan sampah kemudian di atasnya diberikan timbunan tanah untuk diratakan.

Pada penggunaan alat berat *bulldozer* pada alternatif 1 ini menggunakan 2 unit *bulldozer* Komatsu D85-10. Berikut merupakan perhitungan biaya sewa *bulldozer*.

Waktu penggunaan *bulldozer* = waktu timbunan sampah dan tanah

= 365 jam + 67 jam

= 432 jam

Biaya alat sewa per jam = Rp435.800,00/jam

Biaya total sewa alat = Rp435.800,00 x 432 jam x 2 unit

= Rp376.531.200,00

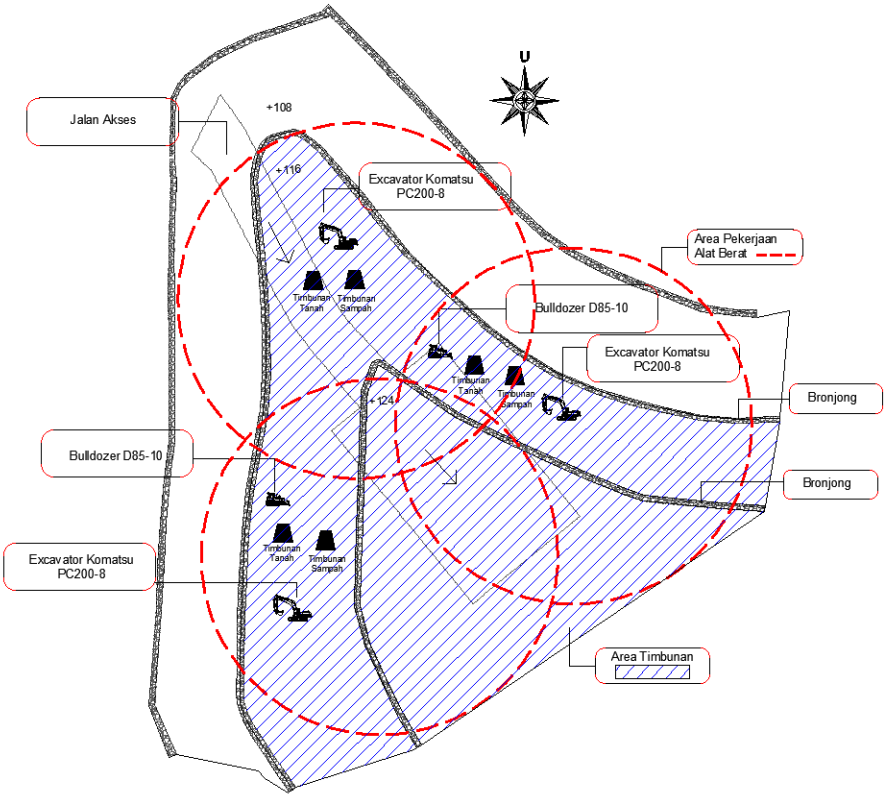
Pada pekerjaan timbunan ini, *excavator* dan *bulldozer* bekerja secara bersama-sama. Oleh karena itu, perhitungan durasi pekerjaan dapat terselesaikan 100% dengan anggapan bahwa alat bekerja terus menerus dalam waktu 7 jam/hari adalah sebagai berikut.

$$\text{Durasi penyelesaian pekerjaan (hari)} = \frac{\text{Durasi alat berat terlama}}{7 \text{ jam/hari}}$$

$$= \frac{657 \text{ jam}}{7 \text{ jam/hari}}$$

$$= 93{,}857 \approx 94 \text{ hari}$$

Skema pekerjaan alat berat untuk alternatif 1 dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5.29 Skema Alat Berat Pada Alternatif 1

Berikut merupakan jumlah sampah dan tanah yang dapat dipindah dalam satu hari pekerjaan dengan total jam kerja optimal yaitu 7 jam/hari.

a. Timbunan Sampah

1) *Excavator* Komatsu PC200-8

Jumlah *excavator* per hari = 3 unit

Produktivitas *excavator* per jam = 138,179 m^3

Produktivitas *excavator* per hari = 138,179 x 7 jam x 3

= 2.901,762 m^3

Sehingga material sampah yang dapat dikerjakan oleh 3 unit *excavator* dalam satu hari kerja adalah 2.901,762 m^3.

2) *Bulldozer* D85-10

Jumlah *bulldozer* per hari = 2 unit

Produktivitas *bulldozer* per jam = 315,638 m^3

Produktivitas *bulldozer* per hari = 315,638 x 7 jam x 2

= 4.418,927 m^3

Sehingga material sampah yang dapat dikerjakan oleh 2 unit *bulldozer* dalam satu hari kerja adalah 4.418,927 m^3.

b. Timbunan Tanah

1) *Excavator* Komatsu PC200-8

Jumlah *excavator* per hari = 3 unit

Produktivitas *excavator* per jam = 111,982 m^3

Produktivitas *excavator* per hari = 111,982 x 7 jam x 3

= 2.351,630 m^3

Sehingga material tanah yang dapat dikerjakan oleh 3 unit *excavator* dalam satu hari kerja adalah 2.351,630 m^3.

2) *Bulldozer* D85-10

Jumlah *bulldozer* per hari = 2 unit

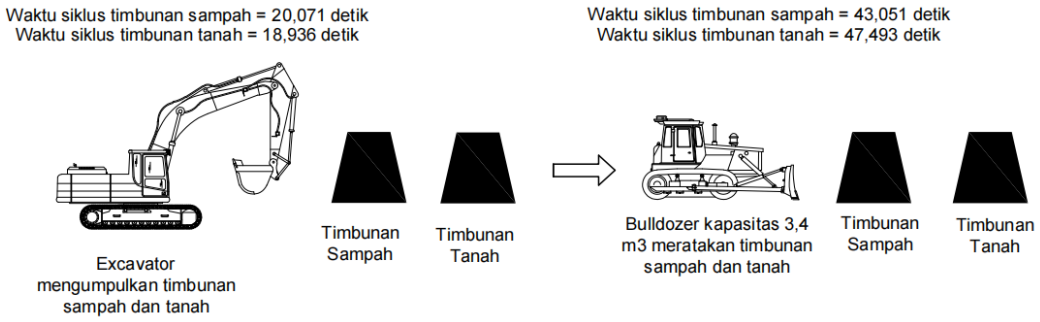
Produktivitas *bulldozer* per jam = 251,335 m^3

Produktivitas *bulldozer* per hari = 251,335 x 7 jam x 2

= 3.518,684 m^3

Sehingga material tanah yang dapat dikerjakan oleh 2 unit *bulldozer* dalam satu hari kerja adalah 3.518,684 m^3.

Cycle Time excavator dan *bulldozer* dalam waktu satu hari adalah sebagai berikut.



Gambar 5.30 *Cycle Time Excavator* dan *Bulldozer* Alternatif 1

3. Analisis Alternatif 2

   a. *Excavator* Komatsu PC200-8

   Excavator jenis ini dipilih karena berdasarkan ketiga jenis *excavator* tersebut, produktivitas paling besar adalah *excavator* Komatsu PC200-8.

   1) Pekerjaan Material Sampah

   Jumlah alat (n) = 4 unit

   Volume timbunan = 230.240,599 m^3

   Produksi *excavator* per jam (Q) = 138,179 m^3/jam

   Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n

   = 138,179 m^3/jam x 4 unit

   = 552,717 m^3/jam

   Waktu kerja *excavator* $= \frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } excavator \text{ seluruh alat}}$

   $= \frac{230.240,599}{552,717}$

   = 416,562 jam ≈ 417 jam

   2) Pekerjaan Material Tanah

   Jumlah alat (n) = 4 unit

   Volume timbunan = 33.665.416 m^3

   Produksi *excavator* per jam (Q) = 111,982 m^3/jam

   Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n

   = 111,982 m^3/jam x 4 unit

   = 447,929 m^3/jam

Waktu kerja *excavator* $= \frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } excavator \text{ seluruh alat}}$

$= \frac{33.665.416}{447,929}$

= 75,158 jam ≈ 76 jam

Pekerjaan *excavator* ini adalah melakukan galian sampah kemudian diratakan. Setelah itu, tanah didatangkan dari luar area proyek digunakan untuk menimbun timbunan sampah. Proses timbunan tanah ini dilakukan oleh bantuan *excavator*.

Pada penggunaan alat berat *excavator* pada alternatif 2 ini menggunakan 4 unit *excavator.* Berikut merupakan perhitungan biaya sewa *excavator.*

Waktu penggunaan *excavator* = waktu timbunan sampah dan tanah

= 417 jam + 76 jam

= 493 jam

Biaya alat sewa per jam = Rp410.800,00/jam

Biaya total sewa alat = Rp410.800,00 x 493 jam x 4 unit

= Rp810.097.600,00

b. *Bulldozer* Komatsu D85-10

Bulldozer jenis ini dipilih karena memiliki kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan *bulldozer* Komatsu D31-6. Hal ini tentu akan mempercepat pekerjaan jika menggunakan *bulldozer* dengan kapasitas yang besar.

1) Pekerjaan Material Sampah

Jumlah alat (n) = 2 unit

Volume timbunan = 230.240,599 m^3

Produksi *bulldozer* per jam (Q) = 315,638 m^3/jam

Produksi *bulldozer* seluruh alat = Q x n

= 315,638 m^3/jam x 2 unit

= 631,275 m^3/jam

Waktu kerja *bulldozer* $= \frac{Volume\ timbunan}{Produksi\ bulldozer\ seluruh\ alat}$

$= \frac{230.240,599}{631,275}$

= 364,722 jam ≈ 365 jam

2) Pekerjaan Material Tanah

Jumlah alat (n) = 2 unit

Volume timbunan = 33.665.416 m^3

Produksi *bulldozer* per jam (Q) = 251,335 m^3/jam

Produksi *bulldozer* seluruh alat = Q x n

= 251,335 m^3/jam x 2 unit

= 502,669 m^3/jam

Waktu kerja *bulldozer* $= \frac{Volume\ timbunan}{Produksi\ bulldozer\ seluruh\ alat}$

$= \frac{33.665.416}{502,669}$

= 66,973 jam ≈ 67 jam

Pekerjaan *bulldozer* adalah untuk meratakan timbunan sampah kemudian di atasnya diberikan timbunan tanah untuk diratakan.

Pada penggunaan alat berat *bulldozer* pada alternatif 2 ini menggunakan 2 unit *bulldozer* Komatsu D85-10. Berikut merupakan perhitungan biaya sewa *bulldozer*.

Waktu penggunaan *bulldozer* = waktu timbunan sampah dan tanah

= 365 jam + 67 jam

= 432 jam

Biaya alat sewa per jam = Rp435.800,00/jam

Biaya total sewa alat = Rp435.800,00 x 432 jam x 2 unit

= Rp376.531.200,00

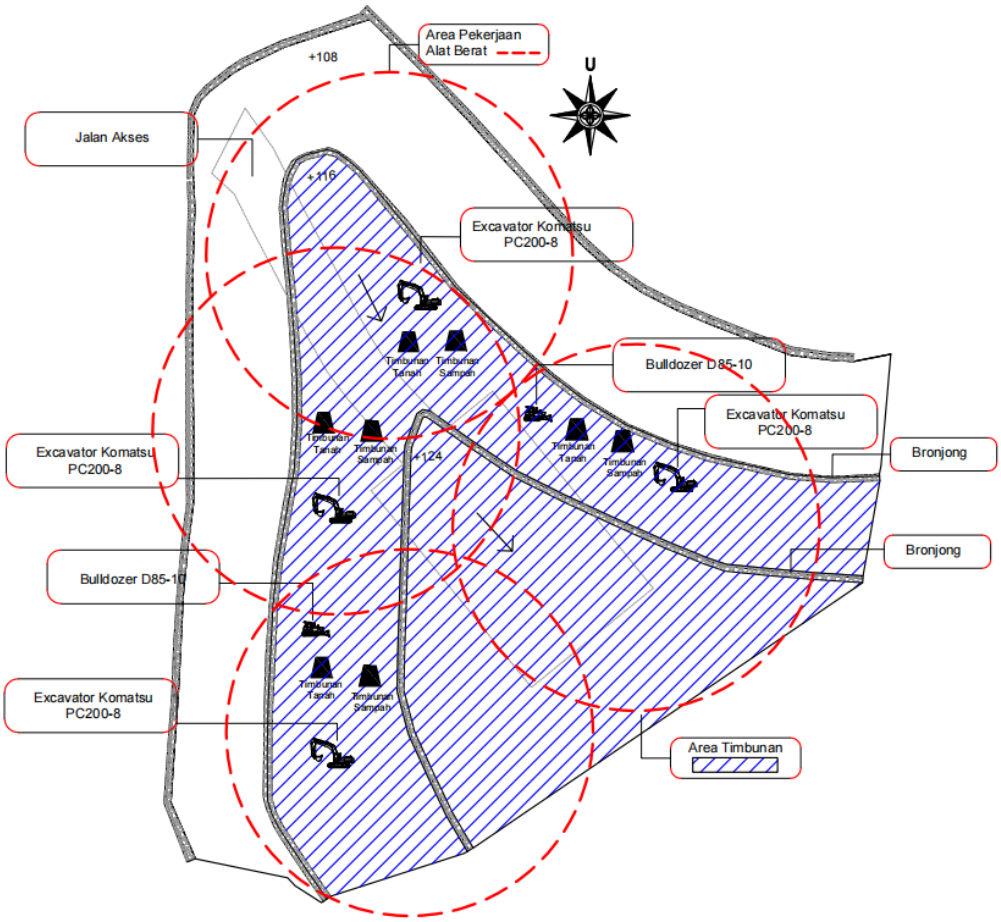
Pada pekerjaan timbunan ini, *excavator* dan *bulldozer* bekerja secara bersama-sama. Oleh karena itu, perhitungan durasi pekerjaan dapat terselesaikan 100% dengan anggapan bahwa alat bekerja terus menerus dalam waktu 7 jam/hari adalah sebagai berikut.

Durasi penyelesaian pekerjaan (hari) $= \frac{\text{Durasi alat berat terlama}}{\text{7 jam/hari}}$

$= \frac{\text{493 jam}}{\text{7 jam/hari}}$

= 70,428 ≈ 71 hari

Skema pekerjaan alat berat untuk alternatif 2 dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5.31 Skema Alat Berat Pada Alternatif 2

Berikut merupakan jumlah sampah dan tanah yang dapat dipindah dalam satu hari pekerjaan dengan total jam kerja optimal yaitu 7 jam/hari.

a. Timbunan Sampah

1) *Excavator* Komatsu PC200-8

Jumlah *excavator* per hari = 4 unit

Produktivitas *excavator* per jam = 138,179 m^3

Produktivitas *excavator* per hari = 138,179 x 7 jam x 4

= 3.869,016 m^3

Sehingga material sampah yang dapat dikerjakan oleh 4 unit *excavator* dalam satu hari kerja adalah 3.869,016 m^3.

2) *Bulldozer* D85-10

Jumlah *bulldozer* per hari = 2 unit

Produktivitas *bulldozer* per jam = 315,638 m^3

Produktivitas *bulldozer* per hari = 315,638 x 7 jam x 2

= 4.418,927 m^3

Sehingga material sampah yang dapat dikerjakan oleh 2 unit *bulldozer* dalam satu hari kerja adalah 4.418,927 m^3.

b. Timbunan Tanah

1) *Excavator* Komatsu PC200-8

Jumlah *excavator* per hari = 4 unit

Produktivitas *excavator* per jam = 111,982 m^3

Produktivitas *excavator* per hari = 111,982 x 7 jam x 4

= 3.135,507 m^3

Sehingga material tanah yang dapat dikerjakan oleh 4 unit *excavator* dalam satu hari kerja adalah 3.135,507 m^3.

2) *Bulldozer* D85-10

Jumlah *bulldozer* per hari = 2 unit

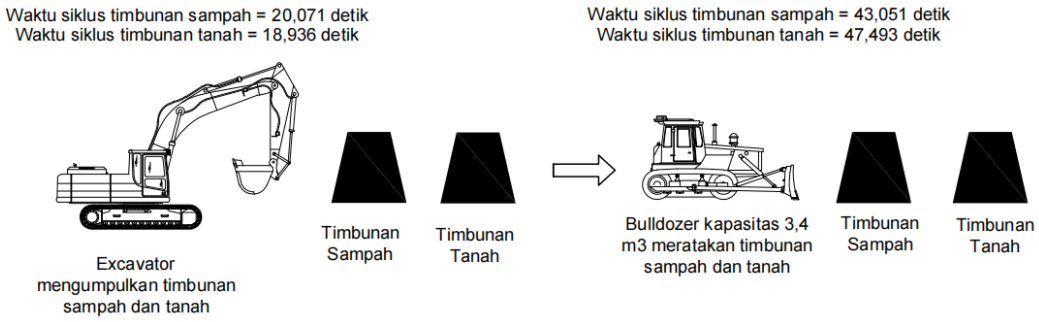
Produktivitas *bulldozer* per jam = 251,335 m^3

Produktivitas *bulldozer* per hari = 251,335 x 7 jam x 2

= 3.518,684 m^3

Sehingga material tanah yang dapat dikerjakan oleh 2 unit *bulldozer* dalam satu hari kerja adalah 3.518,684 m^3.

Cycle Time excavator dan *bulldozer* dalam waktu satu hari adalah sebagai berikut.



Gambar 5.32 *Cycle Time Excavator* dan *Bulldozer* Alternatif 2

4. Analisis Alternatif 3

   a. *Excavator* Komatsu PC200-8

   Excavator jenis ini dipilih karena berdasarkan ketiga jenis *excavator* tersebut, produktivitas paling besar adalah *excavator* Komatsu PC200-8.

   1) Pekerjaan Material Sampah

   Jumlah alat (n) = 3 unit

   Volume timbunan = 230.240,599 m^3

   Produksi *excavator* per jam (Q) = 138,179 m^3/jam

   Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n

   = 138,179 m^3/jam x 3 unit

   = 414,537 m^3/jam

   Waktu kerja *excavator* $= \frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } excavator \text{ seluruh alat}}$

   $= \frac{230.240,599}{414,537}$

   = 555,416 jam ≈ 556 jam

   2) Pekerjaan Material Tanah

   Jumlah alat (n) = 3 unit

   Volume timbunan = 33.665.416 m^3

   Produksi *excavator* per jam (Q) = 111,982 m^3/jam

   Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n

   = 111,982 m^3/jam x 3 unit

= 335,947 m^3/jam

Waktu kerja *excavator* = $\frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } excavator \text{ seluruh alat}}$

= $\frac{33.665.416}{335,947}$

= 100,210 jam ≈ 101 jam

Pekerjaan *excavator* ini adalah melakukan galian sampah kemudian diratakan. Setelah itu, tanah didatangkan dari luar area proyek digunakan untuk menimbun timbunan sampah. Proses timbunan tanah ini dilakukan oleh bantuan *excavator*.

Pada penggunaan alat berat *excavator* pada alternatif 3 ini menggunakan 3 unit *excavator.* Berikut merupakan perhitungan biaya sewa *excavator.*

Waktu penggunaan *excavator* = waktu timbunan sampah dan tanah

= 556 jam + 101 jam

= 657 jam

Biaya alat sewa per jam = Rp410.800,00/jam

Biaya total sewa alat = Rp410.800,00 x 657 jam x 3 unit

= Rp809.686.800,00

b. *Bulldozer* D85-10

1) Pekerjaan Material Sampah

Jumlah alat (n) = 2 unit

Volume timbunan = 230.240,599 m^3

Produksi *bulldozer* per jam (Q) = 315,638 m^3/jam

Produksi *bulldozer* seluruh alat = Q x n

= 315,638 m^3/jam x 2 unit

= 631,275 m^3/jam

Waktu kerja *bulldozer* = $\frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } bulldozer \text{ seluruh alat}}$

= $\frac{230.240,599}{631,275}$

= 364,723 jam ≈ 365 jam

2) Pekerjaan Material Tanah

Jumlah alat (n) = 2 unit

Volume timbunan $= \frac{\text{kapasitas } bulldozer}{\text{kapasitas } bulldozer \text{ total}}$ x volume timbunan

$= \frac{(3{,}4\ x\ 2)}{(3{,}4\ x\ 2)+(1{,}61\ x\ 2)}$ x 33.665,416 m^3

= 22.846,789 m^3

Produksi *bulldozer* per jam (Q) = 251,335 m^3/jam

Produksi *bulldozer* seluruh alat = Q x n

= 251,335 m^3/jam x 2 unit

= 502,669 m^3/jam

Waktu kerja *bulldozer* $= \frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } bulldozer \text{ seluruh alat}}$

$= \frac{22.846{,}789}{502{,}669}$

= 45,451 jam ≈ 46 jam

Pada penggunaan alat berat *bulldozer* pada alternatif 3 ini menggunakan 2 unit *bulldozer* D85-10. Berikut merupakan perhitungan biaya sewa *bulldozer*.

Waktu penggunaan *bulldozer* = waktu timbunan sampah dan tanah

= 365 jam + 46 jam

= 411 jam

Biaya alat sewa per jam = Rp435.800,00/jam

Biaya total sewa alat = Rp435.800,00 x 411 jam x 2 unit

= Rp358.227.600,00

c. *Bulldozer* D31-6

2) Pekerjaan Material Tanah

Jumlah alat (n) = 2 unit

Volume timbunan $= \frac{\text{kapasitas } bulldozer}{\text{kapasitas } bulldozer \text{ total}}$ x volume timbunan

$= \frac{(1{,}61\ x\ 2)}{(3{,}4\ x\ 2)\ +(1{,}61\ x\ 2)}$ x 33.665,416 m^3

= 10.818,627 m^3

Produksi *bulldoze*r per jam (Q) = 146,513 m^3/jam

Produksi *bulldozer* seluruh alat = Q x n

= 146,513 m^3/jam x 2 unit

= 293,026 m^3/jam

Waktu kerja *bulldozer* = $\frac{\text{Volume timbunan}}{\text{Produksi } bulldozer \text{ seluruh alat}}$

= $\frac{10.818,627}{293,026}$

= 36,920 jam ≈ 37 jam

Pada penggunaan alat berat *bulldozer* pada alternatif 3 ini menggunakan 2 unit *bulldozer* D31-6. Berikut merupakan perhitungan biaya sewa *bulldozer*.

Waktu penggunaan *bulldozer* = waktu timbunan tanah

= 37 jam

Biaya alat sewa per jam = Rp320.800,00/jam

Biaya total sewa alat = Rp320.800,00 x 37 jam x 1 unit

= Rp23.739.200,00

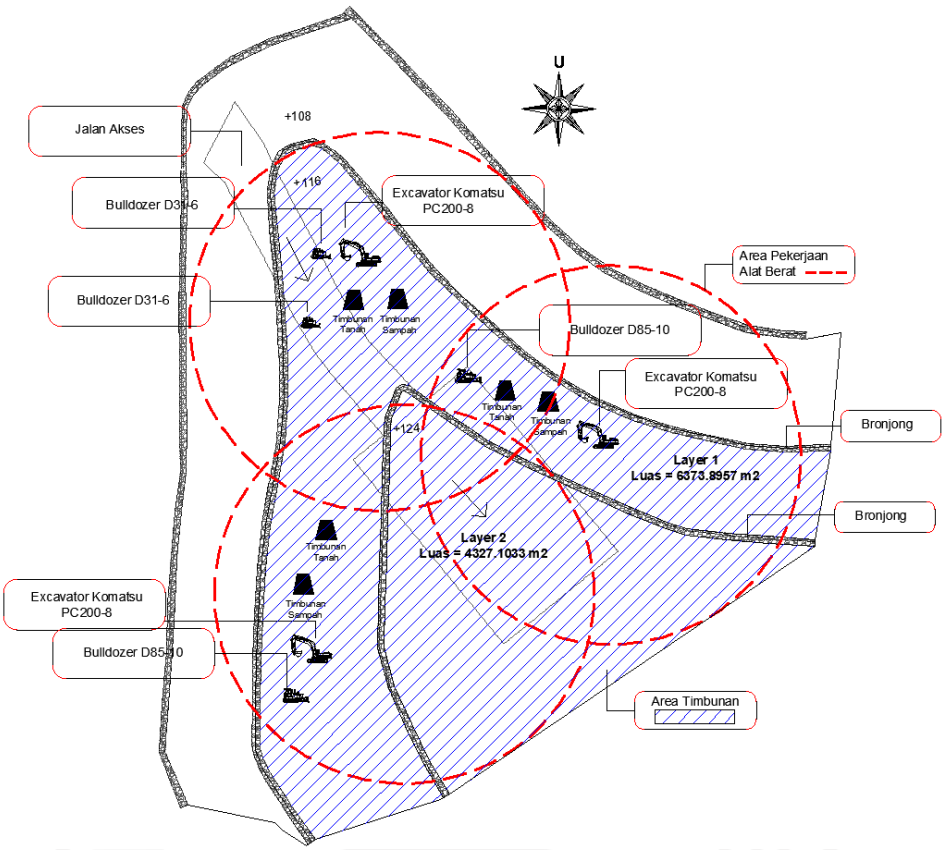
Pada pekerjaan timbunan ini, *excavator* dan *bulldozer* bekerja secara bersama-sama. Oleh karena itu, perhitungan durasi pekerjaan dapat terselesaikan 100% dengan anggapan bahwa alat bekerja terus menerus dalam waktu 7 jam/hari adalah sebagai berikut.

Durasi penyelesaian pekerjaan (hari) = $\frac{\text{Durasi alat berat terlama}}{7 \text{ jam/hari}}$

= $\frac{657}{7 \text{ jam/hari}}$

= 93,857 ≈ 94 hari

Skema pekerjaan alat berat untuk alternatif 3 dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5.33 Skema Alat Berat Pada Alternatif 3

Berikut merupakan jumlah sampah dan tanah yang dapat dipindah dalam satu hari pekerjaan dengan total jam kerja optimal yaitu 7 jam/hari.

a. Timbunan Sampah

1) *Excavator* Komatsu PC200-8

Jumlah *excavator* per hari = 3 unit

Produktivitas *excavator* per jam = 138,179 m^3

Produktivitas *excavator* per hari = 138,179 x 7 jam x 3

= 2.901,762 m^3

Sehingga material sampah yang dapat dikerjakan oleh 3 unit *excavator* dalam satu hari kerja adalah 2.901,762 m^3.

2) *Bulldozer* D85-10

Jumlah *bulldozer* per hari = 2 unit

Produktivitas *bulldozer* per jam = 315,638 m^3

Produktivitas *bulldozer* per hari = 315,638 x 7 jam x 2

= 4.418,927 m^3

Sehingga material sampah yang dapat dikerjakan oleh 2 unit *bulldozer* dalam satu hari kerja adalah 4.418,927 m^3.

b. Timbunan Tanah

1) *Excavator* Komatsu PC200-8

Jumlah *excavator* per hari = 3 unit

Produktivitas *excavator* per jam = 111,982 m^3

Produktivitas *excavator* per hari = 111,982 x 7 jam x 3

= 2.351,630 m^3

Sehingga material tanah yang dapat dikerjakan oleh 3 unit *excavator* dalam satu hari kerja adalah 2.351,630 m^3.

2) *Bulldozer* D85-10

Jumlah *bulldozer* per hari = 2 unit

Produktivitas *bulldozer* per jam = 251,335 m^3

Produktivitas *bulldozer* per hari = 251,335 x 7 jam x 2

= 3.518,684 m^3

Sehingga material tanah yang dapat dikerjakan oleh 2 unit *bulldozer* dalam satu hari kerja adalah 3.518,684 m^3.

3) *Bulldozer* D31-6

Jumlah *bulldozer* per hari = 2 unit

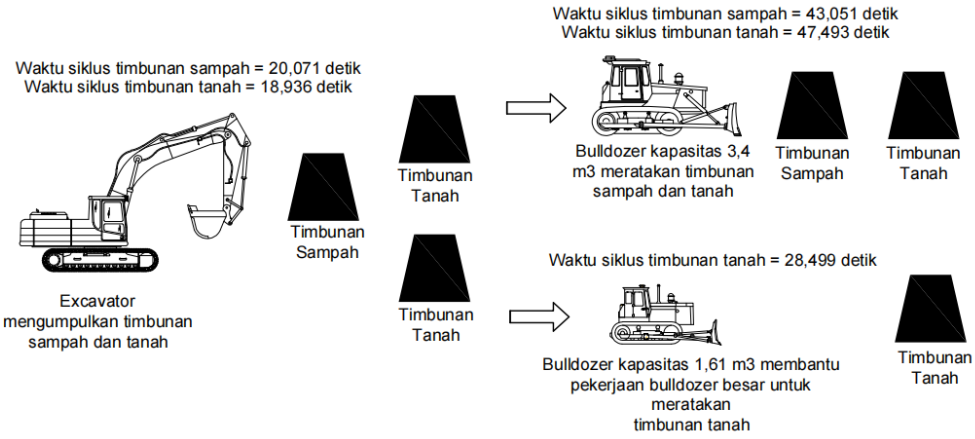
Produktivitas *bulldozer* per jam = 146,513 m^3

Produktivitas *bulldozer* per hari = 146,513 x 7 jam x 2

= 2.051,182 m^3

Sehingga material tanah yang dapat dikerjakan oleh 2 unit *bulldozer* dalam satu hari kerja adalah 2.051,182 m^3.

Cycle Time excavator dan *bulldozer* adalah sebagai berikut.



Gambar 5.34 *Cycle Time Excavator* dan *Bulldozer* Alternatif 3

5.2.9 Rencana Alternatif Kombinasi Alat Berat dengan BIM

Rencana alternatif kombinasi alat berat dapat juga dianalisis menggunakan BIM. BIM merupakan teknologi yang seluruh prosesnya berjalan dalam sebuah model digital yang terintegrasi untuk menghasilkan serta mengelola data suatu konstruksi (Kementerian PUPR, 2018). Pada perencanaan alternatif kombinasi alat berat, informasi yang dapat dimasukkan kedalam database BIM adalah gambar kerja, penjadwalan, serta estimasi biaya. BIM juga dapat memodelkan gambar rencana alat berat secara 3D. Menurut Kementerian PUPR (2018), keuntungan penggunaan BIM adalah sebagai berikut.

1. Meminimalisir kesalahan serta mempercepat proses konstruksi
2. Menghasilkan pengoperasian yang lebih mudah
3. Menghasilkan gambar yang lebih efisien
4. Meminimalisir konflik informasi
5. Meminimalisir produksi limbah kertas
6. Mengeluarkan biaya yang lebih murah

Berdasarkan acuan penelitian terdahulu seperti yang dijelaskan di subbab 2.3, yang dilakukan oleh peneliti Huzaini (2021) dapat diketahui bahwa salah satu *software* untuk memodelkan 3D salah satunya adalah *revit*. *Software* ini dapat membantu menghitung volume pekerjaan struktur sehingga dihasilkan hasil yang lebih akurat untuk menekan biaya dibandingkan metode konvensional. Selain itu, peneliti lainnya Nugrahini dan Permana (2020), menjelaskan bahwa *software*

lainnya yang dapat digunakan untuk memodelkan 3D adalah *3DS max, rhino, sketchup* dan *SAP*. Pemodelan 3D ini, tidak hanya digunakan untuk pekerjaan struktur saja, tetapi juga bisa dilakukan untuk memodelkan kebutuhan alat berat di lokasi proyek.

5.3 Pembahasan

Berdasarkan perhitungan dari BOQ Proyek, perhitungan manual, dan perhitungan *revit* terdapat perbedaan volume. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.35 Perbandingan Perhitungan Volume Total Timbunan Sampah dan Tanah

Metode Perhitungan	Volume Total
BOQ Proyek	161.939,45 m^3
Perhitungan Manual	170.384,651 m^3
Perhitungan *Revit*	163.490,16 m^3

Berdasarkan rekapitulasi Tabel 3.35, didapatkan bahwa hasil volume pada perhitungan manual memiliki sedikit perbedaan dengan BOQ Proyek. Hal ini dikarenakan perhitungan manual banyak digunakan pembulatan atau penyederhanaan secara garis besar. Berdasarkan perhitungan revit, didapatkan angka yang mendekati BOQ. Hal tersebut dikarenakan perhitungan revit menggunakan metode elemen hingga, sehingga perhitungannya lebih akurat. Oleh karena itu, volume yang dipakai adalah volume dari revit yaitu besar volume timbunan untuk material tanah padat sebesar 28.054,513 m^3, sedangkan volume timbunan untuk material sampah padat sebesar 135.435,647 m^3.

Langkah selanjutnya adalah melakukan perbandingan terhadap ketiga alternatif berdasarkan volume yang telah didapatkan untuk dianalisis alternatif yang lebih cepat dan lebih ekonomis dalam segi harga sewa. Sedangkan, kondisi *existing* nantinya akan digunakan sebagai pembanding terhadap alternatif yang diperoleh tersebut. Analisis perbandingan dapat dilihat sebagai berikut.

1. Kondisi Asli (*Existing*)

Berdasarkan data dan analisis didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.36 Biaya dan Waktu Alat Berat Kondisi Asli (*Existing*)

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya	Keterangan
Excavator (Excavator Kobelco SK200-8, *Excavator* Komatsu PC200-8, *Excavator* Komatsu PC200-6)	3		Rp826.940.400,00	Menimbun
Bulldozer D85-10	1		Rp357.791.800,00	Meratakan
Bulldozer D31-6	1		Rp23.739.200,00	Meratakan
TOTAL		**821**	**Rp1.208.471.400,00**	

Pekerjaan timbunan di Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan Yogyakarta dapat selesai 100% dengan waktu 821 jam (118 hari) dan biaya sebesar Rp1.208.471.400,00. Perhitungan pada kondisi *existing* ini akan digunakan sebagai pembanding alternatif yang telah didapatkan. Hal ini dilakukan untuk mencari jenis kombinasi alat berat paling efektif dan efisien untuk pekerjaan timbunan di proyek ini.

2. Alternatif 1

   Berdasarkan data dan analisis didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.37 Biaya dan Waktu Alat Berat Alternatif 1

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya	Keterangan
Excavator Komatsu PC200-8	3		Rp809.686.800,00	Menimbun
Bulldozer Komatsu D85-10	2		Rp376.531.200,00	Meratakan timbunan
TOTAL		**657**	**Rp1.186.218.000,00**	

Pada alternatif 1, pekerjaan dapat selesai 100% dengan waktu 657 jam (94 hari) dan biaya sebesar Rp1.186.218.000,00. Apabila dibandingkan dengan kondisi *existing* maka akan didapatkan hasil sebagai berikut.

Selisih waktu = 657 – 821

= -164 jam

Selisih biaya = Rp1.186.218.000,00 - Rp1.208.471.400,00

= - Rp22.253.400,00

Perbandingan waktu = $\frac{-164}{821}$ x 100%

= -19,976 %

Perbandingan biaya = $\frac{-\text{Rp}22.253.400,00}{\text{Rp}1.208.471.400,00}$ x 100%

= -1,841 %

Keterangan:

(-) Pekerjaan lebih cepat biaya lebih murah

(+) Pekerjaan lebih lambat dan biaya lebih mahal

3. Alternatif 2

Berdasarkan data dan analisis didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.38 Biaya dan Waktu Alat Berat Alternatif 2

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya	Keterangan
Excavator Komatsu PC200-8	4		Rp810.097.600,00	Menimbun
Bulldozer Komatsu D85-10	2		Rp376.531.200,00	Meratakan timbunan
TOTAL		**493**	**Rp1.186.628.000,00**	

Pada alternatif 2, pekerjaan dapat selesai 100% dengan waktu 493 jam (71 hari) dan biaya sebesar Rp1.186.628.000,00. Apabila dibandingkan dengan kondisi *existing* maka akan didapatkanhasil sebagai berikut.

Selisih waktu = 493 – 821

= - 328 jam

Selisih biaya = Rp1.186.628.000,00 - Rp1.208.471.400,00

= - Rp21.842.600,00

Perbandingan waktu = $\frac{-328}{821}$ x 100%

= -39,951 %

Perbandingan biaya = $\frac{-\text{Rp}21.842.600,00}{\text{Rp}1.208.471.400,00}$ x 100%

= -1,807 %

Keterangan:

(-) Pekerjaan lebih cepat biaya lebih murah

(+) Pekerjaan lebih lambat dan biaya lebih mahal

4. Alternatif 3

Berdasarkan data dan analisis didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.39 Biaya dan Waktu Alat Berat Alternatif 3

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya	Keterangan
Excavator Komatsu PC200-8	3		Rp809.686.800,00	Menimbun
Bulldozer Komatsu D85-10	2		Rp358.227.600,00	Meratakan timbunan
Bulldozer Komatsu D31-6	2		Rp23.739.200,00	Meratakan timbunan
TOTAL		**657**	**Rp1.191.653.600,00**	

Pada alternatif 3, pekerjaan dapat selesai 100% dengan waktu 657 jam (94 hari) dan biaya sebesar Rp1.191.653.600,00. Apabila dibandingkan dengan kondisi *existing* maka akan didapatkan hasil sebagai berikut.

Selisih waktu = 657 – 821

= - 164 jam

Selisih biaya = Rp1.191.653.600,00 - Rp1.208.471.400,00

= - Rp16.817.800,00

Perbandingan waktu = $\frac{-164}{821}$ x 100%

= -19,976 %

Perbandingan biaya = $\frac{-\text{Rp16.817.800,00}}{\text{Rp1.208.471.400,00}}$ x 100%

= -1,392 %

Keterangan:

(-) Pekerjaan lebih cepat biaya lebih murah

(+) Pekerjaan lebih lambat dan biaya lebih mahal

Berdasarkan hasil perhitungan alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3, dapat dilihat pada hasil rekapitulasi perbandingan lat berat dari segi biaya dan waktu yaitu sebagai berikut.

Tabel 5.40 Hasil Rekapitulasi Selisih dan Perbandingan Alternatif

Ket.	Durasi (jam)	Biaya (Rp)	Waktu (%)	Biaya (%)	Alat
Existing	0	0	0	0	3 unit *excavator* (1 *excavator* Kobelco SK200-8, 1 *excavator* Komatsu PC200-8, 1 *excavator* Komatsu PC200-6), dan 2 unit *bulldozer* (1 *bulldozer* D85-10, 1 bulldozer D31-6)
Alternatif 1	-164	- 22.253.400,00	-19,976	-1,841	3 unit *excavator* (3 *excavator* Komatsu PC200-8), dan 2 *bulldozer* (2 *bulldozer* D85-10)
Alternatif 2	-328	- 21.842.600,00	-39,951	-1,807	4 unit *excavator* (4 *excavator* Komatsu PC200-8), dan 2 *bulldozer* (2 *bulldozer* D85-10)
Alternatif 3	-164	- 16.817.800,00	-19,976	-1,392	3 unit *excavator* (3 *excavator* Komatsu PC200-8), 4 *bulldozer* (2 *bulldozer* D85-10 dan 2 *bulldozer* D31-6)

Berdasarkan rekapitulasi hasil perhitungan yang ditunjukkan pada Tabel 5.39 dapat diketahui bahwa di antara ketiga alternatif tersebut, kombinasi paling efektif dan efisien adalah kombinasi pada alternatif 2. Pada alternatif 2, pekerjaan timbunan dilakukan menggunakan 4 unit *excavator* Komatsu PC200-8 dengan kapasitas 0,8 m^3 dan 2 unit bulldozer D85-10 dengan kapasitas 3,4 m^3. Tugas dari *excavator* ini adalah mengumpulkan timbunan sampah dan tanah untuk nantinya dibuat *layer-layer*. Kemudian timbunan yang telah dikumpulkan tersebut, diratakan dan dipadatkan oleh *bulldozer*.

Meskipun selisih biaya alternatif 2 bukan termasuk alternatif yang memiliki biaya paling kecil, tetapi alternatif 2 memiliki durasi yang paling cepat. Selisih waktunya adalah -328 jam (-39,951%) dan selisih biaya yang diperoleh adalah –Rp21.842.600,00 (-1,807%) dibandingkan kondisi *existing*. Pada hasil perhitungan yang menunjukkan angka (–) artinya adalah pekerjaan lebih cepat dan lebih murah. Oleh karena itu, alternatif yang direkomendasikan adalah alternatif 2 untuk melakukan pekerjaan timbunan pada Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan Yogyakarta.

Hal ini juga dilakukan oleh peneliti lain, Nugraha (2020), yang merekomendasikan alternatif pekerjaan galian dan pemindahan tanah menggunakan 3 unit *excavator* PC75uu dan 9 unit dump truck kapasitas 7 m^3, karena memiliki selisih waktu paling cepat yang dapat mempengaruhi pekerjaan meskipun biayanya lebih mahal dibandingkan alternatif lainnya. Penelitian Firdaus dan Ratnayanti (2021) juga memilih alternatif dengan durasi waktu paling cepat meskipun terdapat selisih biaya sebesar 7,3% dari alternatif yang paling murah.

Penambahan kapasitas alat berat yang bekerja terbukti dapat mengurangi biaya meskipun penambahan kapasitas yang terlalu besar justru akan menambah biaya. Penelitian yang dilakukan Kusumo, dkk (2022) membuktikan bahwa adanya penambahan jumlah *dump truck* sebanyak 3 unit dan *excavator* sebanyak 2 unit mampu mengurangi biaya sebesar 53,6% dan mempercepat waktu pekerjaan sebesar 11,57%. Hasil yang sama juga didapatkan oleh peneliti lain, Kurniawan (2021), yaitu dengan adanya penambahan 1 *excavator* dari kondisi semula dapat mempercepat pekerjaan sebesar 59%.

BAB VI
KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan melalui perbandingan antara kondisi *existing* dengan alternatif lainnya diperoleh kesimpulan bahwa alternatif yang paling efektif adalah alternatif 2. Kombinasi yang direkomendasikan untuk Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Piyungan yang paling efektif dan efisien dalam aspek waktu dan biaya adalah menggunakan 4 unit *excavator* Komatsu PC200-8, kapasitas 0,8 m^3 dan 2 unit *bulldozer* D85-10, kapasitas 3,4 m^3. Pekerjaan ini dapat diselesaikan 100% dalam waktu 493 jam (71 hari) dengan total biaya sebesar Rp1.186.628.000,00. Alternatif 2 ini, dapat mempercepat pekerjaan timbunan selama -328 jam (-39,951%). dan menghemat biaya sebesar – Rp21.842.600,00 (-1,807%) terhadap kondisi asli.

6.2 Saran

Berikut merupakan beberapa saran untuk penelitian selanjutnya mengenai produktivitas alat berat pada Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Piyungan adalah sebagai berikut.

1. Perlu adanya penelitian lebih lanjut menggunakan BIM untuk melakukan perhitungan kombinasi alat berat yang paling efektif dan efisien supaya dapat diketahui selisih metode konvensional dibandingkan metode BIM.
2. Penambahan jenis alat berat lainnya dapat digunakan sebagai alternatif untuk mendukung produktivitas di lokasi proyek tersebut.
3. Perlu adanya koordinasi antara operator dengan pengawas lapangan yang baik sehingga alat tidak terhenti cukup lama untuk pengarahan.
4. Pemilihan operator alat berat yang handal dan rajin cukup penting dalam mendukung produktivitas alat berat.

DAFTAR PUSTAKA

Amirin, T.M. 1995. *Menyusun Rencana Penelitian*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.

Badan Pemeriksa Keuangan Republik Indonesia. 2022. *Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2022 tentang Hubungan Keuangan antara Pemerintah Pusat dan Pemerintah Daerah*. Pemerintah Pusat. Jakarta.

Badan Pusat Statistik. 2022. *Indikator Konstruksi Triwulan/Quarter I-2022*. Penerbit Badan Pusat Statistik. Jakarta.

Clead dan King (1987) dalam Jaya, S. 2017. *Manajemen Proyek Teknologi Informasi*. Universitas Pembangunan Jaya. Tangerang.

Cleland, D.I, dan King, W (1987) dalam Karaini, A.A. 2014. *Pengantar Manajemen Proyek*. Universitas Gunadarma. Depok.

Departemen Pekerjaan Umum. 2017. *Pelaksanaan Pekerjaan Gedung*. Penerbit Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan DIY. 2019. *Sekilas Info TPST Piyungan. (*https://dlhk.jogjaprov.go.id/sekilas-info-tpst-piyungan. Diakses tanggal 21 September 2022).

Dinas Lingkungan Hidup Kulon Progo. 2019. *Analisa Timbulan dan Komposisi Sampah*. (https://dlh.kulonprogokab.go.id/files/Bab%204_Non%20Permukiman%20-%20Akhir.pdf. Diakses tanggal 2 Februari 2023).

Dipohusodo, I. 1996. *Manajemen Proyek dan Konstruksi*, Jilid 1, Cetakan Pertama. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Dokuchaev. 1870. *Mekanika Tanah.* Penerbit Erlangga. Jakarta.

Duffy (2017) dalam Lama, A.R., Sai, S.S., dan Mabrur, A.Y. 2019. *Analisis Ketelitian Perhitungan Volume Galian Menggunakan Data Gridding dan Tanpa Gridding Pada Pekerjaan Bendungan.* Institut Teknologi Nasional. Malang.

Firdaus, M.F., dan Ratnayanti, K.R. 2021. Kajian Perbandingan Biaya dan Waktu Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Gedung Perkuliahan Program Studi Agroindustri

Politeknik Negeri Subang). *FTSP Series 2: Seminar Nasional dan Diseminasi Tugas Akhir 2021*. Institut Teknologi Nasional. Bandung.

Gransberg, D.D., Popescu, C.M, and Ryan, R.C. 2006. *Construction Equipment Management For Engineers, Estimators, And Owners*. CRC Press Taylor & Francis Group. New York.

Hariyanto, B. 2004. *Sistem Manajemen Basis Data: Pemodelan, Perancangan Dan Terapannya*. Penerbit Informatika. Bandung.

Huzaini, H. 2021. Penerapan Konsep Building Information Modelling (BIM) 3D dalam Mendukung Pengestimasian Biaya Pekerjaan Struktur. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Kurniawan, R. 2021. Analisis Produktivitas Excavator Pada Proyek Pembangunan Embung Universitas Islam Indonesia (UII). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. 2022. *Kementerian PUPR Targetkan Revitalisasi TPA Regional Piyungan di Yogyakarta Rampung Maret 2022*. (https://pu.go.id/kanal-gallery/284. Diakses tanggal 21 September 2022).

Kamus Besar Bahasa Indonesia. 2022. *KBBI Daring*. (https://kbbi.kemdikbud.go.id/. Diakses tanggal 21 September 2022).

Kholil, A. 2012. *Alat Berat*. PT Remaja Rosdakarya. Bandung.

Kobelco Construction Machinery. Tanpa Tahun. *Catalog Acera Geospec Sk200-8/SK21*. Japan.

Komatsu. Tanpa Tahun. *Specification & Application Handbook Komatsu PC200-8*. Japan.

Komatsu. 1996. *Komatsu PC200-6 Workshop Manual*. America.

Komatsu. Tanpa Tahun. *Specification & Application Handbook Komatsu D85ESS-2A*. Japan.

Komatsu. Tanpa Tahun. *Specification & Application Handbook Komatsu D31*. Japan.

Komatsu. 2009. *Specification & Application Handbook Edition 30*. Japan.

Komatsu. *Komatsu PC200*. (https://www.komatsu.jp/en/worldwide/PDF/PC200_200LC-8MO_ZESSP208M0EP-01.pdf. Diakses tanggal 12 Oktober 2022).

Kurniawan, R. 2021. Analisis Produktivitas Excavator Pada Proyek Pembangunan Embung Universitas Islam Indonesia (UII). *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Kusumo, A.T.H., Triwuryanto, Maulana, R., dan Sari, S.N. 2022. Analisis Pemilihan Alat Berat Dalam Pekerjaan Galian Dan Timbunan Proyek Bendungan Bener. *Jurnal EQUILIB*. Vol. 03 No. 1:55-64. Yogyakarta.

Lantang, F.N., Sompie, B.F., dan Malingkas, G.Y. 2014. Perencanaan Biaya dengan Menggunakan Perhitungan Biaya Nyata Pada Proyek Perumahan (Studi Kasus Perumahan Green Hill Residence). *Jurnal Sipil Statik*. Vol. 2 No.2:73-80. Manado.

Lydianingtias, D., Suhariyanto. 2018. *Alat Berat*. Polinema Press. Malang.

Machinerypark. Bulldozer Komatsu D85. (https://en.machinerypark.com/bulldozers/komatsu-d85-12a-used-vgof0711qc. Diakses tanggal 12 Oktober 2022).

Nugraha, D., Iriana, R.T., dan Djuniati, S. 2018. Analisis Biaya dan Produktivitas Pemakaian Alat Berat Pada Kegiatan Pembangunan Jalan Akses Siak IV Pekanbaru. *Jurnal Online Mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Riau*. Vol. 5 No. 1:1-10. Riau.

Nugraha, S.A. 2020. Analisis Produktivitas Excavator dan Dump Truck (Studi Kasus: Proyek Peningkatan Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri), Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.

Nugrahini, F.C., dan Permana, T.A. 2020. Building Information Modelling (BIM) dalam Tahapan Desain dan Konstruksi di Indonesia, Peluang dan Tantangan (Studi Kasus Perluasan T1 Bandara Juanda Surabaya). Jurnal Agregat. Vol. 5, No. 2:459-467. Surabaya.

Pemerintah Indonesia. 2008. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2008 Tentang Pengelolaan Sampah*. Sekretariat Negara. Jakarta.

Permadi, A., Waluyo, R., dan Kristiana, W. 2018. Analisis Estimasi Biaya Konstruksi Menggunakan Analisis Harga Satuan Pekerjaan 2013 dan 2016. *Jurnal Teknika*. Vol. 2 No. 1:1-12. Palangka Raya.

Ratna, N. K (2010) dalam Hakim, A. 2017. *Metode Penelitian: Penelitian Kualitatif, Tindakan Kelas & Studi Kasus*. CV Jejak. Sukabumi.

Rochmanhadi. 1992. *Alat 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.

Santoso, P. 2013. Peran Penerjemah Bahasa China Bagi Kelancaran Proyek Pemasangan Mesin PT. Delta Merlin Sandang Tekstil I Sragen. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Soeharto, I. 1999. *Manajemen Proyek,* Jilid 1. Penerbit Erlangga. Jakarta.

Sugiyanto. 1986. *Manajemen Alat-Alat Berat*. PT United Tractors Tbk.

Sugiyono. 2017. *Metode Penelitian Pendekatan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D.* Penerbit Alfabeta. Bandung.

Syahputra, R. 2020. Perencanaan Pemakaian Alat Berat Pada Pekerjaan Tanah Proyek Pembangunan Jalan Di Kota Batu Batas Tobasa Di Kabupaten Labuhan Batu Utara. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.

Tenriajeng, A.T. 2003. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Gunadarma. Jakarta.

Toybah, Hawa, S., dan Suganda V.A. 2020. *Geometri dan Pengukuran Berbasis Pendekatan Saintek*. Bening Media Publishing. Palembang.

Tuelah, J.D.P., Tjakra, J., dan Walangitan, D.R.O. 2014. Peranan Konsultan Manajemen Konstruksi Pada Tahap Pelaksanaan Proyek Pembangunan (Studi Kasus: The Lagoon Taman Sari). *Jurnal Tekno Sipil*. Vol. 12 No. 61:47-53. Manado.

Waluyo, B. 2007. *Sosiologi Menyelami Fenomena Sosial di Masyarakat*. Penerbit PT Setia Purna Inves. Bandung.

Yulianto, N.A.B., Maskan, M., dan Utaminingsih, A. 2018. *Metode Penelitian Bisnis*. Polinema Press. Malang.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Senin

LEMBAR PENGAMATAN *EXCAVATOR*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *EXCAVATOR*	Hari : Senin Tanggal : 7 November 2022 Jam : 08.00 - 17.00
Spesifikasi *Excavator*	
Merk *Excavator*	Excavator Kobelco SK200-8
Tipe *Excavator*	Backhoe
Ukuran Bucket	0,8 m^3
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp 150.000 /jam
Bahan Bakar	Solar 15 liter/jam = Rp15.000 x 15 = Rp 225.000/jam
Upah Operator	Rp 250.000 /hari = Rp 250.000 /7 jam = Rp 35.714 /jam

Waktu Siklus *Excavator*

Sesi	**Jam**	**Siklus**	**Gali (detik)**	**Putar Isi (detik)**	**Buang (detik)**	**Putar Kosong (detik)**	**Jenis Material**
Pagi	10:36	1	6,84	4,2	2,33	3,38	Sampah
		2	9,72	3,69	3,12	3,96	
		3	8,95	3,63	3,08	3,45	
Siang	13:12	1	10,05	3,87	3,47	3,6	Tanah
		2	15,29	3,32	3,63	2,42	
		3	14,17	3,43	3,42	2,38	
Sore	15:45	1	6,52	4,52	3,17	3,45	Tanah
		2	6,55	3,27	2,66	2,35	
		3	6,36	4,73	2,44	2,99	
Rata-rata			9,383	3,851	3,036	3,087	
Waktu siklus rata-rata			Cm = waktu gali + putar isi + waktu buang + putar kosong = 9,383 + 3,851 + 3,036 + 3,087 = 19,357 detik				

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	**CATATAN**
Chandra	

Lampiran 2. Hasil Pengamatan Waktu Siklus Excavator Komatsu PC200-8 Hari Senin

LEMBAR PENGAMATAN *EXCAVATOR*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *EXCAVATOR*	Hari : Senin Tanggal : 7 November 2022 Jam : 08.00 - 19.00

Spesifikasi *Excavator*

Merk *Excavator*	Excavator Komatsu PC200-8
Tipe *Excavator*	Backhoe
Ukuran Bucket	0,8 m^3
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp 150.000/jam
Bahan Bakar	Solar 15 liter/jam = Rp15.000 x15 = Rp 225.000/jam
Upah Operator	Rp 250.000/hari = Rp 250.000/7jam = Rp 35.714/jam

Waktu Siklus *Excavator*

Sesi	**Jam**	**Siklus**	**Gali (detik)**	**Putar Isi (detik)**	**Buang (detik)**	**Putar Kosong (detik)**	**Jenis Material**
Pagi	09:53	1	6,15	5,91	4,4	3,45	Tanah
		2	5,86	6,04	5,8	4,37	
		3	5,52	6,22	4,12	4,35	
Siang	13:23	1	8,05	3,87	3,27	3,6	Sampah
		2	8,29	3,52	2,83	3,12	
		3	9,19	3,43	2,72	3,08	
Sore	16:10	1	10,12	4,59	3,37	3,45	Sampah
		2	9,75	4,27	3,16	3,35	
		3	9,56	4,73	3,32	3,79	
Rata-rata			8,091	4,731	3,666	3,618	
Waktu siklus rata-rata			Cm = waktu gali + putar isi + waktu buang + putar kosong = 8,091 + 4,731 + 3,666 + 3,618 = 20,106 detik				

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	**CATATAN**
Chandra	

Lampiran 3. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-6 Hari Senin

LEMBAR PENGAMATAN *EXCAVATOR*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *EXCAVATOR*	Hari : Senin Tanggal : 7 November 2022 Jam : 08.00 - 17.00

Spesifikasi *Excavator*

Merk *Excavator*	Excavator Komatsu PC200-6
Tipe *Excavator*	Backhoe
Ukuran Bucket	0,8 m^3
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp 150.000 /jam
Bahan Bakar	Solar 15 liter /jam = Rp15.000 x 15 = Rp 225.000 /jam
Upah Operator	Rp 250.000 /hari = Rp 250.000 /7 jam = Rp 35.714/jam

Waktu Siklus *Excavator*

Sesi	Jam	Siklus	Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
Pagi	10:12	1	5,46	5,11	4,12	4,16	Tanah
		2	5,51	5,35	3,52	5,02	
		3	4,76	6,77	4,82	4,22	
Siang	13:50	1	12,3	4,1	2,22	2,45	Tanah
		2	18,56	3,87	1,87	3,31	
		3	6,72	4,56	2,34	3,78	
Sore	16:30	1	10,21	3,6	3,23	2,32	Tanah
		2	9,52	4,21	3,42	2,22	
		3	5,72	4,13	2,89	3,19	
Rata-rata			8,752	4,633	3,159	3,408	
Waktu siklus rata-rata			Cm = waktu gali + putar isi + waktu buang + putar kosong = 8,752 + 4,633 + 3,159 + 3,408 = 19,952 detik				

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	CATATAN
Ardi Chandra	

Lampiran 4. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D85-10 Hari Senin

LEMBAR PENGAMATAN *BULLDOZER*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *BULLDOZER*	Hari : Senin Tanggal : 7 November 2022 Jam : 08.00 - 17.00

Spesifikasi *Bulldozer*

Merk *Bulldozer*	Bulldozer Komatsu D85-10
Tipe *Bulldozer*	Crawler dozer
Ukuran Blade	3,4 m^3
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp 175.000/jam
Bahan Bakar	Solar 15 liter/jam = Rp 15.000 x 15 liter = Rp 225.000/jam
Upah Operator	Rp 250.000 /hari = Rp 250.000 / 7 jam = Rp 35.714/jam

Waktu Siklus *Bulldozer*

Sesi	Jam	Siklus	Jarak Angkut (m)	Maju (detik)	Kecepatan maju (m/detik)	Jarak Angkut (m)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persnelling (detik)	Jenis Material
Pagi	09:05	1	11	23,77	0,463	11	20,51	0,536	0,48+0,72=1,2	Sampah
		2	11	24,32	0,452	11	21,69	0,507	0,32+0,45=0,77	
		3	11	22,21	0,495	11	20,24	0,543	0,59+0,42=0,99	
Siang	14:10	1	15	27,32	0,549	15	22,53	0,666	0,39+0,68=1,07	Sampah
		2	15	29,54	0,508	15	20,68	0,725	0,72+0,65=1,37	
		3	15	28,73	0,522	15	20,21	0,742	0,47+0,51=0,98	
Sore	16:49	1	12	28,13	0,427	12	19,96	0,601	0,34+0,25=0,59	Tanah
		2	12	27,31	0,439	12	20,58	0,583	0,52+0,35=0,87	
		3	12	26,85	0,447	12	19,42	0,618	0,48+0,64=1,12	
Rata-rata			12,667	26,464	0,478	12,667	20,647	0,614	0,996	
Waktu siklus rata-rata			$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + z \rightarrow Cm = \frac{12,667}{0,478} + \frac{12,667}{0,614} + 0,996 = 48,137$ detik							

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	**CATATAN**
Ardi Chandra	

Lampiran 5. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D31-6 Hari Senin

LEMBAR PENGAMATAN *BULLDOZER*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *BULLDOZER*	Hari : Senin Tanggal : 7 November 2022 Jam : 08.00 - 17.00

Spesifikasi *Bulldozer*

Merk *Bulldozer*	Bulldozer Komatsu D31-6
Tipe *Bulldozer*	Crawler dozer
Ukuran Blade	1,61 m^3
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp 120.000 /jam
Bahan Bakar	Solar 11 liter /jam = Rp 15.000 x 11 liter = Rp 165.000 /jam
Upah Operator	Rp 250.000/hari = Rp 250.000 /7 jam = Rp 35.714/ jam

Waktu Siklus *Bulldozer*

Sesi	Jam	Siklus	Jarak Angkut (m)	Maju (detik)	Kecepatan maju (m/detik)	Jarak Angkut (m)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persnelling (detik)	Jenis Material
Pagi	08:52	1	9	13,07	0,689	9	10,29	0,875	0,38+0,68=1,06	Tanah
		2	9	13,23	0,680	9	9,45	0,952	0,42+0,56=0,98	
		3	9	12,12	0,743	9	9,23	0,975	0,54+0,63= 1,17	
Siang	13:56	1	8	15,16	0,528	8	13,9	0,576	0,59+0,64=1,23	Tanah
		2	8	16,76	0,477	8	10,73	0,744	0,34+0,55=0,89	
		3	8	15,94	0,502	8	9,45	0,847	0,44+0,58=1,02	
Sore	16:40	1	8	17,54	0,456	8	18,13	0,441	0,32+0,27=0,59	Tanah
		2	8	16,72	0,478	8	13,53	0,591	0,44+0,38=0,82	
		3	8	16,32	0,490	8	14,54	0,550	0,34+0,46=0,8	
Rata-rata			8,333	15,207	0,560	8,333	12,141	0,728	0,951	
Waktu siklus rata-rata			$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \rightarrow Cm = \frac{8,333}{0,560} + \frac{8,333}{0,728} + 0,951 = 27,271$ detik							

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	**CATATAN**
Aulia Adi Chandra	

Lampiran 6. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Rabu

LEMBAR PENGAMATAN *EXCAVATOR*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *EXCAVATOR*	Hari : Rabu Tanggal : 9 November 2022 Jam : 08.00 - 17.00
Spesifikasi *Excavator*	
Merk *Excavator*	Excavator Kobelco Sk200-8
Tipe *Excavator*	Backhoe
Ukuran Bucket	0,8 m^3
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp 150.000 /jam
Bahan Bakar	Solar 15 liter/jam = Rp 15.000 x15 = Rp 225.000/jam
Upah Operator	Rp 250.000/hari = Rp 250.000/7 jam = Rp 35.714/jam

Waktu Siklus *Excavator*

Sesi	Jam	Siklus	Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
Pagi	08:40	1	7,25	3,68	2,24	3,12	Sampah
		2	9,67	4,21	3,27	3,79	
		3	9,46	4,12	3,18	3,42	
Siang	13:18	1	9,56	4,22	3,25	2,89	Sampah
		2	8,49	3,79	3,02	3,26	
		3	8,68	3,85	3,18	3,12	
Sore	15:32	1	6,49	2,21	1,69	2,67	Tanah
		2	14,03	1,61	1,93	3,43	
		3	15,24	1,92	1,86	4,36	
Rata-rata			10,097	3,290	2,580	3,340	
Waktu siklus rata-rata			Cm = waktu gali + putar isi + waktu buang + putar kosong = 10,097 + 3,290 + 2,580 + 3,340 = 19,307 detik				

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	**CATATAN**
Andi Ardi Chandra	

Lampiran 7. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-8 Hari Rabu

LEMBAR PENGAMATAN *EXCAVATOR*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *EXCAVATOR*	Hari : Rabu Tanggal : 9 November 2022 Jam : 08.00 - 17.00
Spesifikasi *Excavator*	
Merk *Excavator*	Excavator Komatsu PC200-8
Tipe *Excavator*	Backhoe
Ukuran Bucket	0,8 m^3
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp 150.000/jam
Bahan Bakar	Solar 15 liter/jam = Rp 15.000 x 15 = Rp 225.000/jam
Upah Operator	Rp 250.000/hari = Rp 250.000/7 jam = Rp 35.714/jam

Waktu Siklus *Excavator*

Sesi	Jam	Siklus	Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
Pagi	09:10	1	10,28	4,41	3,07	3,12	Sampah
		2	9,23	4,37	2,96	3,04	
		3	7,12	3,88	2,83	2,89	
Siang	13:26	1	9,56	4,64	3,13	3,42	Sampah
		2	8,48	4,23	3,84	3,12	
		3	10,56	4,12	3,73	3,07	
Sore	15:54	1	8,87	4,52	2,52	3,12	Tanah
		2	7,23	5,05	2,41	3,16	
		3	7,67	5,32	2,32	2,32	
Rata-rata			8,778	4,504	2,979	3,029	
Waktu siklus rata-rata			Cm = waktu gali + putar isi + waktu buang + putar kosong = 8,778 + 4,504 + 2,979 + 3,029 = 19,290 detik				

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	CATATAN
Ach Ali Chandra	

Lampiran 8. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-6 Hari Rabu

LEMBAR PENGAMATAN *EXCAVATOR*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *EXCAVATOR*	Hari : Rabu Tanggal : 9 November 2022 Jam : 08.00 - 17.00

Spesifikasi *Excavator*

Merk *Excavator*	Excavator Komatsu PC200-6
Tipe *Excavator*	Backhoe
Ukuran Bucket	0,8 m^3
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp 150.000 /jam
Bahan Bakar	Solar 15 liter /jam = Rp 15.000 x 15 = Rp 225.000/jam
Upah Operator	Rp 250.000 /hari = Rp 250.000 /7 jam = Rp 35.714/jam

Waktu Siklus *Excavator*

Sesi	Jam	Siklus	Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
Pagi	09:10	1	5,67	6,32	3,59	3,07	Sampah
		2	6,02	5,17	4,26	2,16	
		3	6,12	5,62	4,46	2,12	
Siang	13:26	1	10,54	4,5	2,32	3,21	Sampah
		2	11,65	3,67	2,24	3,25	
		3	8,53	3,45	2,15	3,12	
Sore	15:54	1	14,67	4,24	3,46	2,43	Tanah
		2	8,45	4,22	3,36	3,15	
		3	7,56	3,89	3,24	2,32	
Rata-rata			8,801	4,564	3,231	2,759	
Waktu siklus rata-rata			Cm = waktu gali + putar isi + waktu buang + putar kosong = 8,801 + 4,564 + 3,231 + 2,759 = 19,356 detik				

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	CATATAN
Ardhi Chandra	

Lampiran 9. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D85-10 Hari Rabu

LEMBAR PENGAMATAN *BULLDOZER*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *BULLDOZER*	Hari : Rabu Tanggal : 9 November 2022 Jam : 08.00-17.00

Spesifikasi *Bulldozer*

Merk *Bulldozer*	Bulldozer Komatsu D85-10
Tipe *Bulldozer*	Crawler dozer
Ukuran Blade	3,4 m^3
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp 175.000 /jam
Bahan Bakar	Solar 15 liter /jam = Rp 15.000 x 15 liter = Rp 225.000/jam
Upah Operator	Rp 250.000/hari = Rp 250.000 /7 jam = Rp 35.714 /jam

Waktu Siklus *Bulldozer*

Sesi	Jam	Siklus	Jarak Angkut (m)	Maju (detik)	Kecepatan maju (m/detik)	Jarak Angkut (m)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persnelling (detik)	Jenis Material
Pagi	09:47	1	12	24,43	0,491	12	16,83	0,713	0,31+0,76=1,07	Sampah
		2	12	23,61	0,508	12	15,91	0,754	0,34+0,55=0,89	
		3	12	25,99	0,462	12	15,32	0,783	0,62+0,46=1,08	
Siang	14:20	1	11	22,44	0,490	11	14,84	0,741	0,36+0,42=0,78	Sampah
		2	11	27,67	0,398	11	17,87	0,616	0,75+0,58=1,33	
		3	11	26,51	0,415	11	16,53	0,665	0,57+0,56=1,13	
Sore	16:20	1	13	25,06	0,519	13	21,82	0,596	0,73+0,62=1,35	Tanah
		2	13	24,75	0,525	13	18,43	0,705	0,78+0,64=1,42	
		3	13	23,19	0,561	13	20,82	0,624	0,92+0,73=1,65	
Rata-rata			12	24,850	0,485	12	17,597	0,689	1,189	
Waktu siklus rata-rata			$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \rightarrow \frac{12}{0,485} + \frac{12}{0,689} + 1,189 = 43,337$ detik							

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	**CATATAN**
Aulia Chandra	

Lampiran 10. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D31-6 Hari Rabu

LEMBAR PENGAMATAN *BULLDOZER*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *BULLDOZER*	Hari : Rabu Tanggal : 9 November 2022 Jam : 08.00 - 17.00

Spesifikasi *Bulldozer*

Merk *Bulldozer*	Bulldozer Komatsu D31-6
Tipe *Bulldozer*	Crawler dozer
Ukuran Blade	1,61 m^3
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp120.000/jam
Bahan Bakar	Solar 11 liter/jam = Rp 15.000 x 11 liter = Rp 165.000/jam
Upah Operator	Rp 250.000/hari = Rp 250.000/7 jam = Rp 35.714/jam

Waktu Siklus *Bulldozer*

Sesi	Jam	Siklus	Jarak Angkut (m)	Maju (detik)	Kecepatan maju (m/detik)	Jarak Angkut (m)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persnelling (detik)	Jenis Material
Pagi	09:25	1	5	14,23	0,351	5	5,25	0,952	0,73+0,52=1,25	Tanah
		2	5	9,63	0,519	5	6,31	0,792	0,38+0,42=0,8	
		3	5	9,11	0,549	5	6,03	0,829	0,42+0,51=0,93	
Siang	13:54	1	5	11,21	0,446	5	8,21	0,609	0,47+0,33=0,8	Tanah
		2	5	13,73	0,364	5	7,32	0,683	0,42+0,39=0,81	
		3	5	13,34	0,375	5	4,93	1,014	0,74+0,21=0,95	
Sore	16:32	1	14	18,72	0,748	14	19,3	0,725	0,52+0,73=1,25	Tanah
		2	14	23,91	0,586	14	21,34	0,656	0,41+0,66=1,07	
		3	14	22,09	0,634	14	18,41	0,760	0,45+0,39=0,84	
Rata-rata			8	15,108	0,508	8	10,789	0,780	0,967	
Waktu siklus rata-rata			$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \rightarrow Cm = \frac{8}{0,508} + \frac{8}{0,780} + 0,967 = 26,969$ detik							

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	CATATAN
Adhi Chandra	

Lampiran 11. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Kobelco SK200-8 Hari Jum'at

LEMBAR PENGAMATAN *EXCAVATOR*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *EXCAVATOR*	Hari : Jum'at Tanggal : 11 November 2022 Jam : 08.00 - 17.00

Spesifikasi *Excavator*

Merk *Excavator*	Excavator Kobelco SK200-8
Tipe *Excavator*	Backhoe
Ukuran Bucket	0,8 m^3
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp 150.000/jam
Bahan Bakar	Solar 15 liter/jam = Rp 15.000 x 15 = Rp 225.000/jam
Upah Operator	Rp 250.000/hari = Rp 250.000/7jam = Rp 35.714/jam

Waktu Siklus *Excavator*

Sesi	Jam	Siklus	Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
Pagi	09:48	1	10,34	4,33	2,14	3,63	Sampah
		2	8,32	3,63	2,34	3,23	
		3	11,87	3,75	2,53	3,48	
Siang	13:44	1	8,72	5,24	2,85	4,8	Tanah
		2	5,07	5,06	2,13	4,36	
		3	6,62	4,55	1,57	4,26	
Sore	15:47	1	9,32	5,12	2,12	4,23	Tanah
		2	8,67	5,23	3,03	4,12	
		3	8,84	4,87	1,98	3,87	
Rata-rata			8,641	4,642	2,299	3,998	
Waktu siklus rata-rata			Cm = waktu gali + putar isi + waktu buang + putar kosong = 8,641 + 4,642 + 2,299 + 3,998 = 19,580 detik				

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	CATATAN
Andi Chandra	

Lampiran 12. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-8 Hari Jum'at

LEMBAR PENGAMATAN *EXCAVATOR*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *EXCAVATOR*	Hari : Jum'at Tanggal : 11 November 2022 Jam : 08.00 - 17.00
Spesifikasi *Excavator*	
Merk *Excavator*	Excavator Komatsu PC200-8
Tipe *Excavator*	Backhoe
Ukuran Bucket	0,8 m^3
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp 150.000 /jam
Bahan Bakar	Solar 15 liter /jam = Rp 15.000 x 15 = Rp 225.000
Upah Operator	Rp 250.000 /hari = Rp 250.000 / 7 jam = Rp 35.714 /jam

Waktu Siklus *Excavator*

Sesi	Jam	Siklus	Gali (detik)	Putar Isi (detik)	Buang (detik)	Putar Kosong (detik)	Jenis Material
Pagi	09 : 32	1	4,87	3,3	2,51	2,25	Tanah
		2	7,29	1,97	4,6	4,92	
		3	8,14	1,82	1,47	3,36	
Siang	13 : 29	1	10,14	4,26	3,12	3,33	Sampah
		2	10,36	3,64	2,55	2,99	
		3	9,29	6,51	2,62	3,07	
Sore	16 : 22	1	6,77	5,43	3,15	3,68	Tanah
		2	9,33	5,19	2,86	3,41	
		3	8,64	5,25	2,97	3,56	
Rata-rata			8,314	4,152	2,872	3,397	

Waktu siklus rata-rata	Cm = waktu gali + putar isi + waktu buang + putar kosong = 8,314 + 4,152 + 2,872 + 3,397 = 18,736 detik

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	**CATATAN**
Chandra	

Lampiran 13. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC200-6 Hari Jum'at

LEMBAR PENGAMATAN *EXCAVATOR*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *EXCAVATOR*			Hari : Jum'at Tanggal : 11 November 2022 Jam : 08.00 - 17.00				
Spesifikasi *Excavator*							
Merk *Excavator*			Excavator Komatsu PC200-6				
Tipe *Excavator*			Backhoe				
Ukuran Bucket			0,8 m^3				
Kondisi Alat			Sedang				
Harga Sewa			Rp 150.000 /jam				
Bahan Bakar			Solar 15 liter /jam = Rp 15.000 x 15 = Rp 225.000 /jam				
Upah Operator			Rp 250.000 /hari = Rp 250.000 / 7 jam = Rp 35.714 /jam				
Waktu Siklus *Excavator*							
Sesi	**Jam**	**Siklus**	**Gali (detik)**	**Putar Isi (detik)**	**Buang (detik)**	**Putar Kosong (detik)**	**Jenis Material**
Pagi	09:28	1	6,49	5,49	3,29	4,66	Sampah
		2	6,77	5,27	4,01	4,93	
		3	9,39	6,81	2,51	4,88	
Siang	13:12	1	8,21	4,22	2,88	3,84	Tanah
		2	9,15	4,3	2,81	2,69	
		3	8,86	4,53	4,35	2,37	
Sore	16:12	1	10,24	4,46	2,61	3,34	Sampah
		2	9,56	4,35	2,52	2,38	
		3	8,72	3,42	2,34	2,25	
Rata-rata			8,599	4,761	3,036	3,482	
Waktu siklus rata-rata			Cm = waktu gali + putar isi + waktu buang + putar kosong = 8,599 + 4,761 + 3,036 + 3,482 = 19,878 detik				
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK			**CATATAN**				
Ardi Chandra							

Lampiran 14. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D85-10 Hari Jum'at

LEMBAR PENGAMATAN *BULLDOZER*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *BULLDOZER*	Hari : Jum'at Tanggal : 11 November 2022 Jam : 08.00 - 17.00

Spesifikasi *Bulldozer*

Merk *Bulldozer*	Bulldozer Komatsu D85-10
Tipe *Bulldozer*	Crawler dozer
Ukuran Blade	3,4 m^3
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp 175.000/jam
Bahan Bakar	Solar 15 liter/jam = Rp 15.000 x 15 liter = Rp 225.000/jam
Upah Operator	Rp 250.000 /hari = Rp 250.000 / 7 jam = Rp 35.714 /jam

Waktu Siklus *Bulldozer*

Sesi	Jam	Siklus	Jarak Angkut (m)	Maju (detik)	Kecepatan maju (m/detik)	Jarak Angkut (m)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persnelling (detik)	Jenis Material
Pagi	10:23	1	13	26,23	0,496	13	19,58	0,664	0,68+0,76=1,44	Sampah
		2	13	24,17	0,538	13	18,84	0,690	0,45+0,67=1,12	
		3	13	25,16	0,517	13	19,11	0,680	0,45+0,62=1,07	
Siang	14:07	1	8	23,58	0,339	8	10,06	0,795	0,43+0,32=0,75	Sampah
		2	8	16,71	0,479	8	12,95	0,618	0,58+0,41=0,99	
		3	8	20,49	0,390	8	9,51	0,841	0,72+0,43=1,15	
Sore	16:03	1	10	29,45	0,340	10	19,62	0,510	0,56+0,61=1,17	Tanah
		2	10	26,16	0,382	10	19,34	0,517	0,48+0,53=1,01	
		3	10	28,45	0,351	10	18,38	0,544	0,72+0,53=1,25	
Rata-rata			10,667	24,489	0,439	10,667	16,377	0,668	1,106	
Waktu siklus rata-rata			$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + z \rightarrow \frac{10,667}{0,439} + \frac{10,667}{0,668} + 1,106 = 41,360$ detik							

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	CATATAN
Arif Ali Chandra	

Lampiran 15. Hasil Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu D31-6 Hari Jum'at

LEMBAR PENGAMATAN *BULLDOZER*

PENGAMATAN PRODUKTIVITAS *BULLDOZER*	Hari : Jum'at Tanggal : 11 November 2022 Jam : 08.00 - 17.00

Spesifikasi *Bulldozer*

Merk *Bulldozer*	Bulldozer Komatsu D31-6
Tipe *Bulldozer*	Crawler dozer
Ukuran Blade	1,61 m³
Kondisi Alat	Sedang
Harga Sewa	Rp 120.000 /jam
Bahan Bakar	Solar 11 liter /jam = Rp 15.000 x 11 liter = Rp 165.000/jam
Upah Operator	Rp 250.000 /hari = Rp 250.000 /7 jam = Rp 35.714 /jam

Waktu Siklus *Bulldozer*

Sesi	Jam	Siklus	Jarak Angkut (m)	Maju (detik)	Kecepatan maju (m/detik)	Jarak Angkut (m)	Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persnelling (detik)	Jenis Material
Pagi	09:12	1	6	10,25	0,585	6	4,07	1,474	0,43+0,52=0,95	Tanah
		2	6	6,22	0,965	6	4,63	1,296	0,48+0,42=0,9	
		3	6	6,07	0,988	6	5,55	1,081	0,55+0,71=1,26	
Siang	13:36	1	13	34,72	0,374	13	32,94	0,395	0,52+0,39=0,91	Tanah
		2	13	32,53	0,400	13	41,89	0,310	0,46+0,31=0,77	
		3	13	43,73	0,297	13	36	0,361	0,44+0,61=1,05	
Sore	16:36	1	8	23,65	0,677	8	19,65	0,814	0,42+0,77=1,19	Tanah
		2	8	22,12	0,723	8	19,28	0,830	0,55+0,41=0,96	
		3	8	19,34	0,819	8	18,15	0,882	0,55+0,33=0,88	
Rata-rata			9	22,092	0,524	9	20,240	0,687	0,986	
Waktu siklus rata-rata			$Cm = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \rightarrow Cm = \frac{9}{0,524} + \frac{9}{0,687} + 0,986 = 31,256$ detik							

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	CATATAN
Andhi Chandra	

Lampiran 16. Hasil Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Senin

LEMBAR PENGAMATAN FAKTOR BUCKET DAN FAKTOR BLADE

HARI SENIN

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Sampah (%)	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Kobelco SK200-8	Pagi	100	Sampah	(100+100+100)/3 = 100	(80+90+80+80+80+80)/6 = 81,667
		100			
		100			
	Siang	80	Tanah		
		90			
		80			
	Sore	80	Tanah		
		80			
		80			
Excavator Komatsu PC200-8	Pagi	70	Tanah	(100+100+100+100+100+100)/6 = 100	(70+60+60)/3 = 63,333
		60			
		60			
	Siang	100	Sampah		
		100			
		100			
	Sore	100	Sampah		
		100			
		100			
Excavator Komatsu PC200-6	Pagi	80	Tanah	–	(80+90+70+80+80+80+80+80+70)/9 = 78,889
		90			
		70			
	Siang	80	Tanah		
		80			
		80			
	Sore	80	Tanah		
		80			
		70			
Bulldozer Komatsu D85-10	Pagi	100	Sampah	(100+90+100+100+100+100)/6 = 98,333	(80+90+90)/3 = 86,667
		90			
		100			
	Siang	100	Sampah		
		100			
		100			
	Sore	80	Tanah		
		90			
		90			
Bulldozer Komatsu D31-6	Pagi	80	Tanah	–	(80+80+70+90+90+80+90+80+80)/9 = 82,222
		80			
		70			
	Siang	90	Tanah		
		90			
		80			
	Sore	90	Tanah		
		80			
		80			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Chondra				**CATATAN**	

Lampiran 17. Hasil Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Rabu

LEMBAR PENGAMATAN FAKTOR BUCKET DAN FAKTOR BLADE

HARI RABU

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Sampah (%)	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Kobelco SK200-8	Pagi	100	Sampah	(100+100+100+100+100+100)/6 = 100	(60+70+60)/3 = 63,333
		100			
		100			
	Siang	100	Sampah		
		100			
		100			
	Sore	60	Tanah		
		70			
		60			
Excavator Komatsu PC200-8	Pagi	100	Sampah	(100+100+100+100+100+100)/6 = 100	(90+80+90)/3 = 86,667
		100			
		100			
	Siang	100	Sampah		
		100			
		100			
	Sore	90	Tanah		
		80			
		90			
Excavator Komatsu PC200-6	Pagi	80	Tanah	-	(80+80+80+90+70+80+80+70+70)/9 = 77,778
		80			
		80			
	Siang	90	Tanah		
		70			
		80			
	Sore	80	Tanah		
		70			
		70			
Bulldozer Komatsu D85-10	Pagi	100	Sampah	(100+100+100+100+100+100)/6 = 100	(90+80+80)/3 = 83,333
		100			
		100			
	Siang	100	Sampah		
		100			
		100			
	Sore	90	Tanah		
		80			
		80			
Bulldozer Komatsu D31-6	Pagi	90	Tanah	-	(90+80+80+90+80+70+80+60+70)/9 = 76,667
		80			
		80			
	Siang	90	Tanah		
		80			
		70			
	Sore	80	Tanah		
		60			
		70			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Ardhi Chandra			CATATAN		

Lampiran 18. Hasil Pengamatan Faktor *Bucket* dan Faktor *Blade* Hari Jum'at

LEMBAR PENGAMATAN FAKTOR BUCKET DAN FAKTOR BLADE

HARI JUM'AT

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Jenis Material	Rata-rata Bagian Terisi Sampah (%)	Rata-rata Bagian Terisi Tanah (%)
Excavator Kobelco SK200-8	Pagi	95	Sampah	(95+100+100)/3 = 98,333	(60+60+80+80+85+85)/6 = 75
		100			
		100			
	Siang	60	Tanah		
		60			
		80			
	Sore	80	Tanah		
		85			
		85			
Excavator Komatsu PC200-8	Pagi	70	Tanah	(100+100+100)/3 = 100	(70+70+60+90+90+90)/6 = 78,333
		70			
		60			
	Siang	100	Sampah		
		100			
		100			
	Sore	90	Tanah		
		90			
		90			
Excavator Komatsu PC200-6	Pagi	100	Sampah	(100+100+100+100+100+100)/6 = 100	(70+60+50)/3 = 60
		100			
		100			
	Siang	70	Tanah		
		60			
		50			
	Sore	100	Sampah		
		100			
		100			
Bulldozer Komatsu D85-10	Pagi	100	Sampah	(100+100+100+50+50+60)/6 = 76,667	(80+70+70)/3 = 73,333
		100			
		100			
	Siang	50	Sampah		
		50			
		60			
	Sore	80	Tanah		
		70			
		70			
Bulldozer Komatsu D31-6	Pagi	50	Tanah	-	(50+60+80+20+70+70+100+90+100)/9 = 71,111
		60			
		80			
	Siang	20	Tanah		
		70			
		70			
	Sore	100	Tanah		
		90			
		100			

MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	CATATAN
Achi Ali Chandra	

Lampiran 19. Hasil Pengamatan Waktu Berhenti Alat Berat dalam 1 Jam Hari Senin

LEMBAR WAKTU BERHENTI ALAT BERAT HARI SENIN

Jenis Alat	Waktu	Waktu Berhenti dalam 1 Jam (menit)	Rata-Rata (menit)
Excavator Kobelco	Pagi	9	(9+11+15)/3 = 11,667
	Siang	11	
	Sore	15	
Excavator Komatsu PC200-8	Pagi	10	(10+9+7)/3 = 8,667
	Siang	9	
	Sore	7	
Excavator Komatsu PC200-6	Pagi	10	(10+7+12)/3 = 9,667
	Siang	7	
	Sore	12	
Bulldozer Komatsu D85-10	Pagi	9	(9+11+14)/3 = 11,333
	Siang	11	
	Sore	14	
Bulldozer Komatsu D31-6	Pagi	10	(10+10+12)/3 = 10,667
	Siang	10	
	Sore	12	
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Ardi Chandra		**CATATAN**	

Lampiran 20. Hasil Pengamatan Waktu Berhenti Alat Berat dalam 1 Jam Hari Rabu

LEMBAR WAKTU BERHENTI ALAT BERAT HARI RABU

Jenis Alat	Waktu	Waktu Berhenti dalam 1 Jam (menit)	Rata-Rata (menit)
Excavator Kobelco	Pagi	15	(15+8+13) /3 = 12
	Siang	8	
	Sore	13	
Excavator Komatsu PC200-8	Pagi	9	(9 +9+12)/3 =10
	Siang	9	
	Sore	12	
Excavator Komatsu PC200-6	Pagi	9	(9 +12 +12) /3 = 11
	Siang	12	
	Sore	12	
Bulldozer Komatsu D85-10	Pagi	8	(8 +10+13) /3 = 10,333
	Siang	10	
	Sore	13	
Bulldozer Komatsu D31-6	Pagi	8	(8 +9+10)/3 = 9
	Siang	9	
	Sore	10	
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Chandra		**CATATAN**	

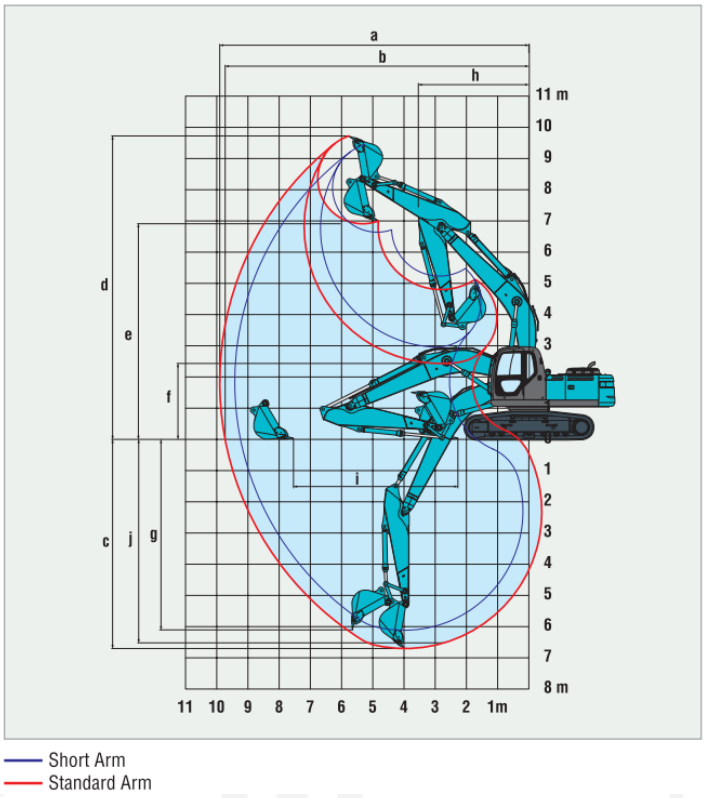
Lampiran 21. Hasil Pengamatan Waktu Berhenti Alat Berat dalam 1 Jam Hari Jum'at

LEMBAR WAKTU BERHENTI ALAT BERAT HARI JUM'AT

Jenis Alat	Waktu	Waktu Berhenti dalam 1 Jam (menit)	Rata-Rata (menit)
Excavator Kobelco	Pagi	12	(12+11+14)/3 = 12,333
	Siang	11	
	Sore	14	
Excavator Komatsu PC200-8	Pagi	10	(10+9+13)/3 = 10,667
	Siang	9	
	Sore	13	
Excavator Komatsu PC200-6	Pagi	8	(8+10+14)/3 = 10,667
	Siang	10	
	Sore	14	
Bulldozer Komatsu D85-10	Pagi	13	(13+10+14)/3 = 11,333
	Siang	10	
	Sore	11	
Bulldozer Komatsu D31-6	Pagi	11	(11+9+9)/3 = 9,667
	Siang	9	
	Sore	9	
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Chandra		**CATATAN**	

Lampiran 22. Spesifikasi *Excavator* Kobelco SK200-8

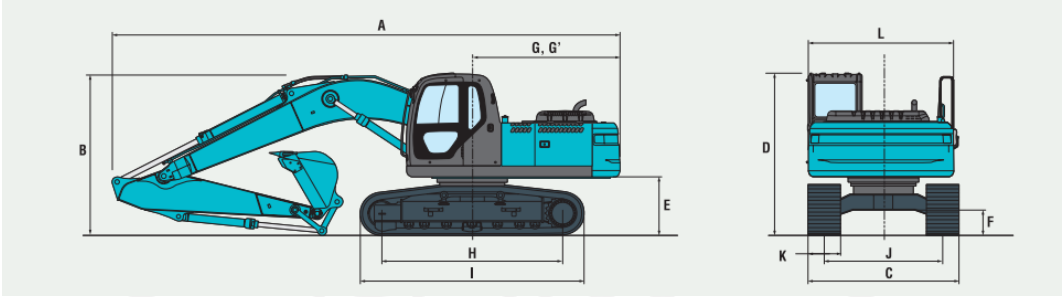
b. Working Ranges



Arm / Range	Standard 2,94 m
A. Max. digging reach	9,900
B. Max. digging reach at ground level	9,730
C. Max. digging depth	6,700
D. Max. digging height	9,720
E. Max. dumping clearance	6,910
F. Min. dumping clearance	2,430
G. Max. vertical wall digging depth	6,100
H. Min. swing radius	3,540
I. Horizontal digging stroke at ground level	5,270
J. Digging depth for 2,4 m (8') flat bottom	6,520
K. Bucket capcity ISO heaped m3	0,800

(Sumber: Modul Spesifikasi SK200-8)

c. Dimensions

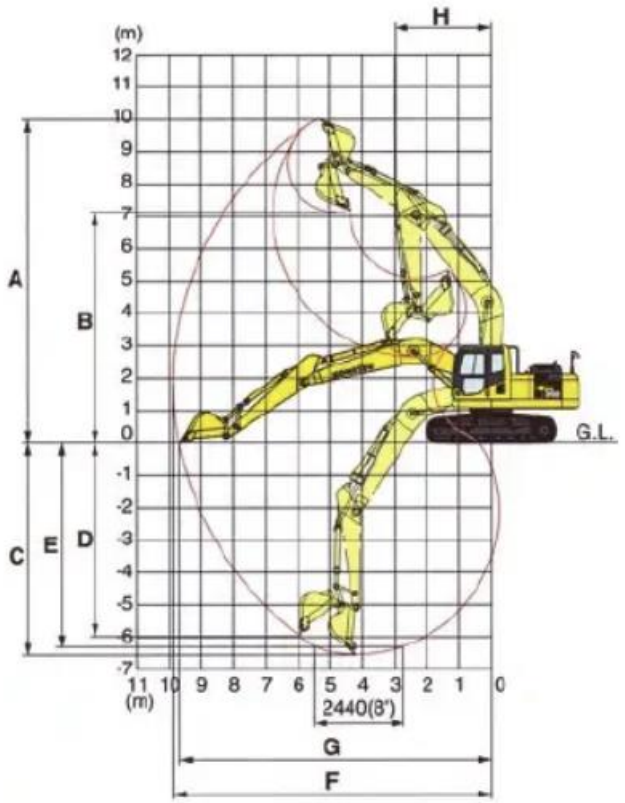


Arm length	Standard 2,94 m
A. Overall length	9,560
B. Overall height (to top of boom)	2,980
C. Overall width	2,800
D. Overall height (to top of cab)	3,030
E. Ground clearance of rear end	1,060
F. Ground clearance	0,450
G. Tail swing radius	2,860
G'. Distance from center of swing to rear end	2,860
H. Tumbler distance	3,370
I. Overall length of crawler	4,170
J. Track gauge	2,200
K. Shoe width	0,0800
L. Overall width of upperstructure	2,710

(Sumber: Modul Spesifikasi SK200-8)

Lampiran 23. Spesifikasi *Excavator* Komatsu PC200-8

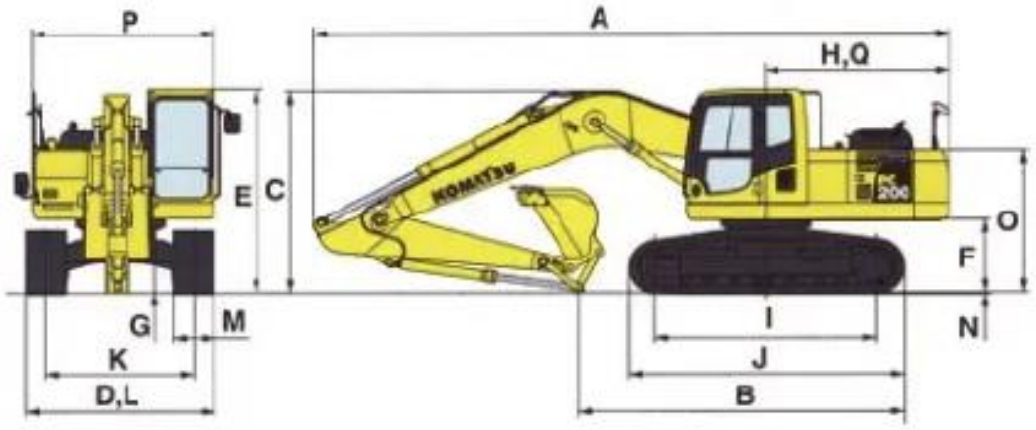
a. Working Ranges



Range \ Arm	Standard 2,925 m
A. Max. digging height	10,000
B. Max. dumping height	7,110
C. Max. digging depth	6,620
D. Max. vertical wall digging depth	5,980
E. Max. digging depth of cut for 8’ level	6,370
F. Max. digging reach	9,875
G. Max. digging reach at ground level	9,700
H. Min. swing radius	3,040

(Sumber: Modul Spesifikasi PC200-8)

b. Dimensions

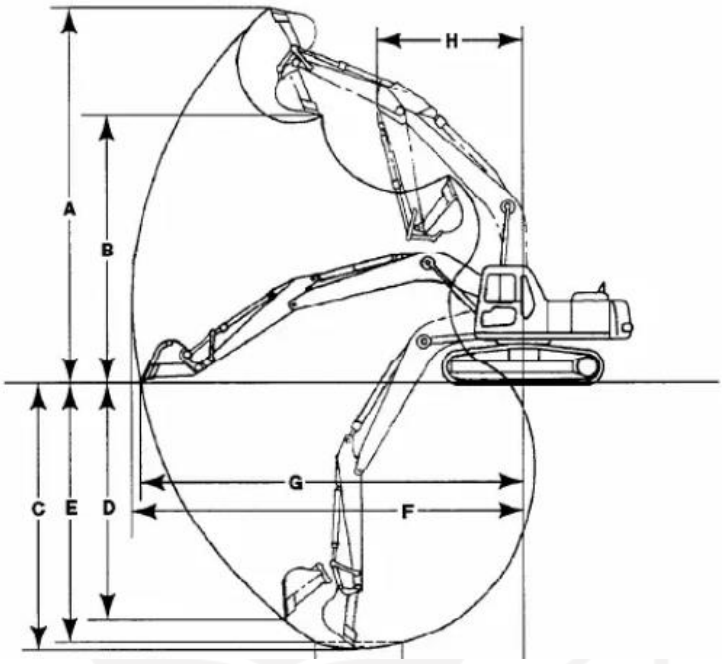


Arm length	Standard 2,925 m
A. Overall length	9,425
B. Length on ground (transport) : PC200-8	4,815
C. Overall height (to top of bottom)	2,970
D. Overall width	3,000
E. Overall height (to top of cab)	3,040
F. Ground clearance, counterweight	1,085
G. Ground clearance	0,440
H. Tail swing radius	2,750
I. Track length on ground	3,275
J. Track length	4,070
K. Track gauge	2,200
L. Width of crawler	3,000
M. Shoe width	0,800
N. Grouser height	2,095
O. Machine cab height	2,095
P. Machine cab width	2,710
Q. Distance, swing center to rear end	2,710

(Sumber: Modul Spesifikasi PC200-8)

Lampiran 24. Spesifikasi *Excavator* Komatsu PC200-6

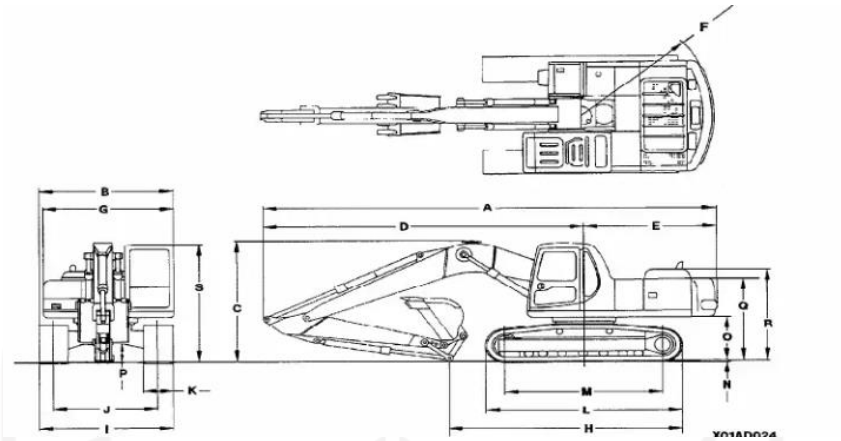
a. Working Ranges



Range \ Arm	Standard 2,4 m
A. Max. digging height	9,050
B. Max. dumping height	6,255
C. Max. digging depth	6,095
D. Max. vertical wall digging depth	5,315
E. Max. digging depth of cut for 8’ level	5,840
F. Max. digging reach	9,395
G. Max. digging reach at ground level	9,205
H. Min. swing radius	3,710

(Sumber: Modul Spesifikasi PC200-6)

b. Dimensions

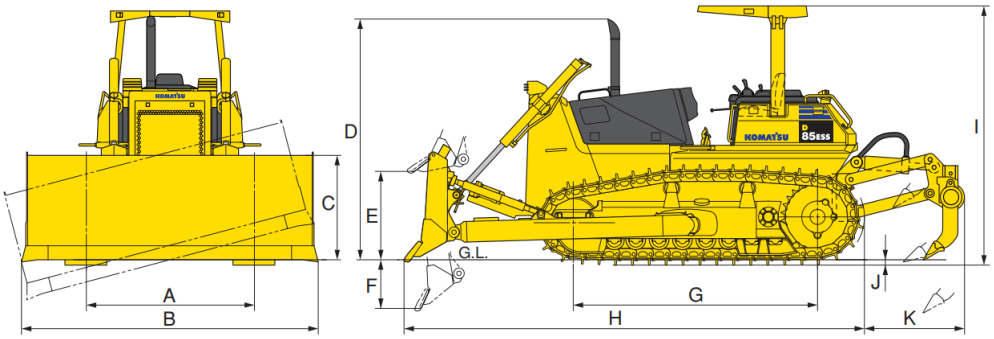


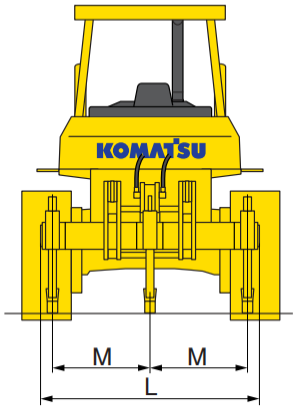
Arm length	Standard 2,925 m
A. Overall length	9,425
B. Overall width	2,800
C. Overall height (to top of bottom)	2,970
D. Boom swing radius	6,685
E. Tail swing radius	2,740
F. Counterweight swing radius	2,750
G. Width of crawler	2,710
H. Length on ground	4,830
I. Width of machine cab	2,880
J. Length on ground	2,180
K. Shoe gauge	0,700
L. Track length	4,080
M. Length of track on ground	3,270
N. Grouser height	0,026
O. Ground clearance, counterweight	1,085
P. Ground clearance, undercarriage	0,440
Q. Machine cab height	2,020
R. Engine compartment height	2,255
S. Operator’s cab height	2,905

(Sumber: Modul Spesifikasi PC200-6)

Lampiran 25. Spesifikasi *Bulldozer* D85-10

a. Dozer Equipment





Overall length with dozer	5,930 m
Blade capacity	3,4 m^3
Blade Length x height	4,370 m x 1,070 m
Maximum lift above ground	1,255 m
Maximum drop below ground	0,485 m
Maximum tilt adjustment	0,400 m
Angling angle	25 degree
Dozer equipment	2890 kg
Hydraulic control unit	540 kg

(Sumber: Modul Bulldozer D85-10)

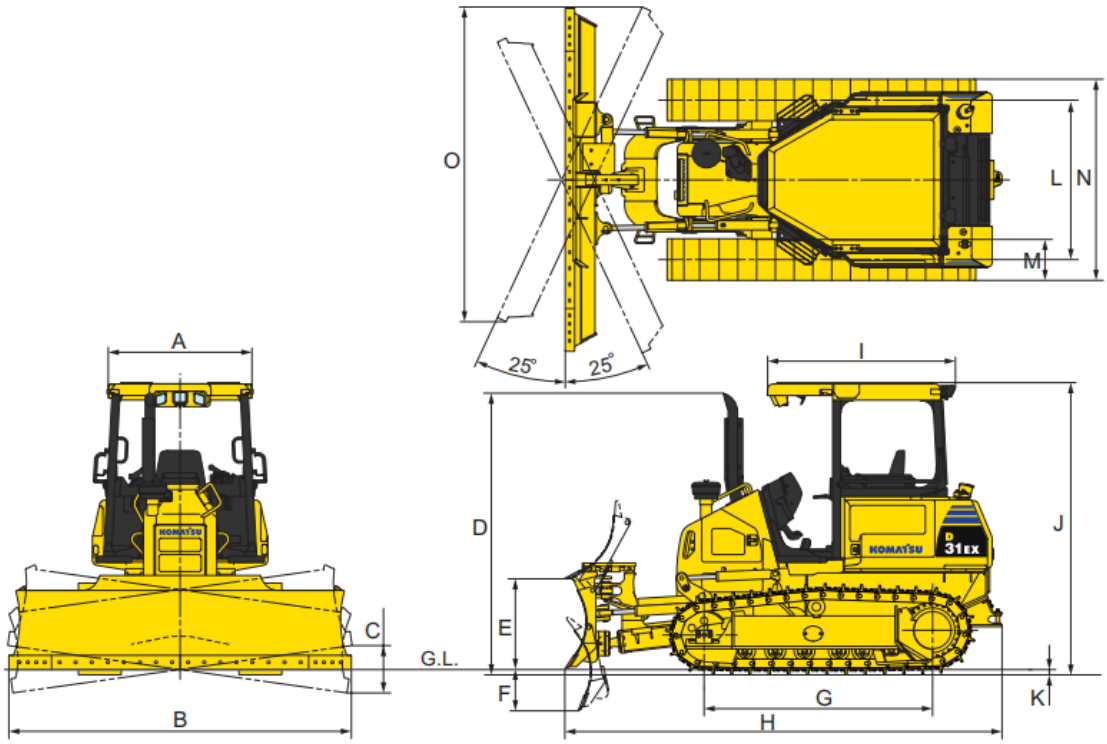
b. Dimensions

A.	2,050 m
B.	3,620 m
C.	1,295 m
D.	2,980 m
E.	1,070 m
F.	0,590 m
G.	2,980 m
H.	5,615 m
I.	3,160 m
J.	0,065 m
K.	1,220 m
L.	2,170 m
M.	0,950 m

(Sumber: Modul Spesifikasi PC200-8)

Lampiran 26. Spesifikasi *Bulldozer* D31-6

a. Dozer Equipment



Overall length with dozer	4,175 m
Blade capacity	1,61 m^3
Blade Length x height	2,550 m x 0,840 m
Maximum lift above ground	0,870 m
Maximum drop below ground	0,390 m
Maximum tilt adjustment	0,350 m
Angling angle	25 degree

(Sumber: Modul Bulldozer D31-6)

b. Dimensions

A.	1,280 m
B.	2,550 m
C.	0,350 m
D.	2,635 m
E.	0,870 m
F.	0,390 m
G.	2,185 m
H.	4,175 m
I.	1,785 m
J.	2,775 m
K.	0,047 m
L.	1,510 m
M.	0,400 m
N.	1,910 m
O.	2,350 m

(Sumber: Modul Spesifikasi Bulldozer D31-6)

Lampiran 27. *Bill Of Quantity* Kontrak TPA Regional Piyungan Zona B

PEMERINTAH DAERAH DAERAH ISTIMEWA YOGYAKARTA
DINAS LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
ꦢꦶꦚꦱꦭꦶꦁꦏꦸꦁꦒꦤꦲꦶꦢꦸꦥꦩꦏꦂꦠꦤ
Jl. Argulobang No. 19, Baciro, Yogyakarta 55225, Telp: (0274)588518, Fax: (0274)512447
Email: dlhk@jogjaprov.go.id, Website: dlhk.jogjaprov.go.id

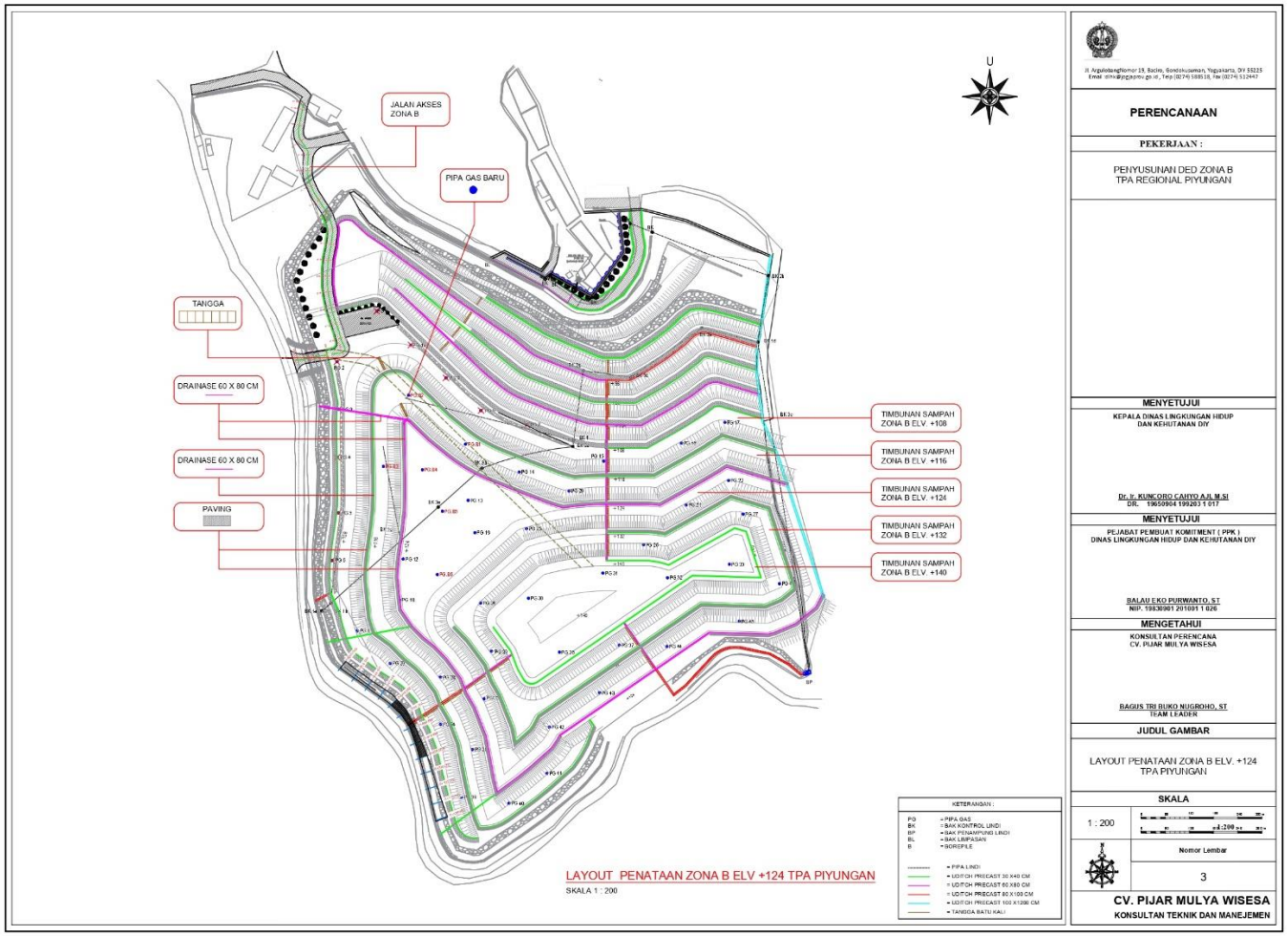
BILL OF QUANTITY

Pemilik Pekerjaan : Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan
Pekerjaan : Penataan Zona B TPA Regional Piyungan
Lokasi : Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta
Tahun Anggaran : APBD 2022

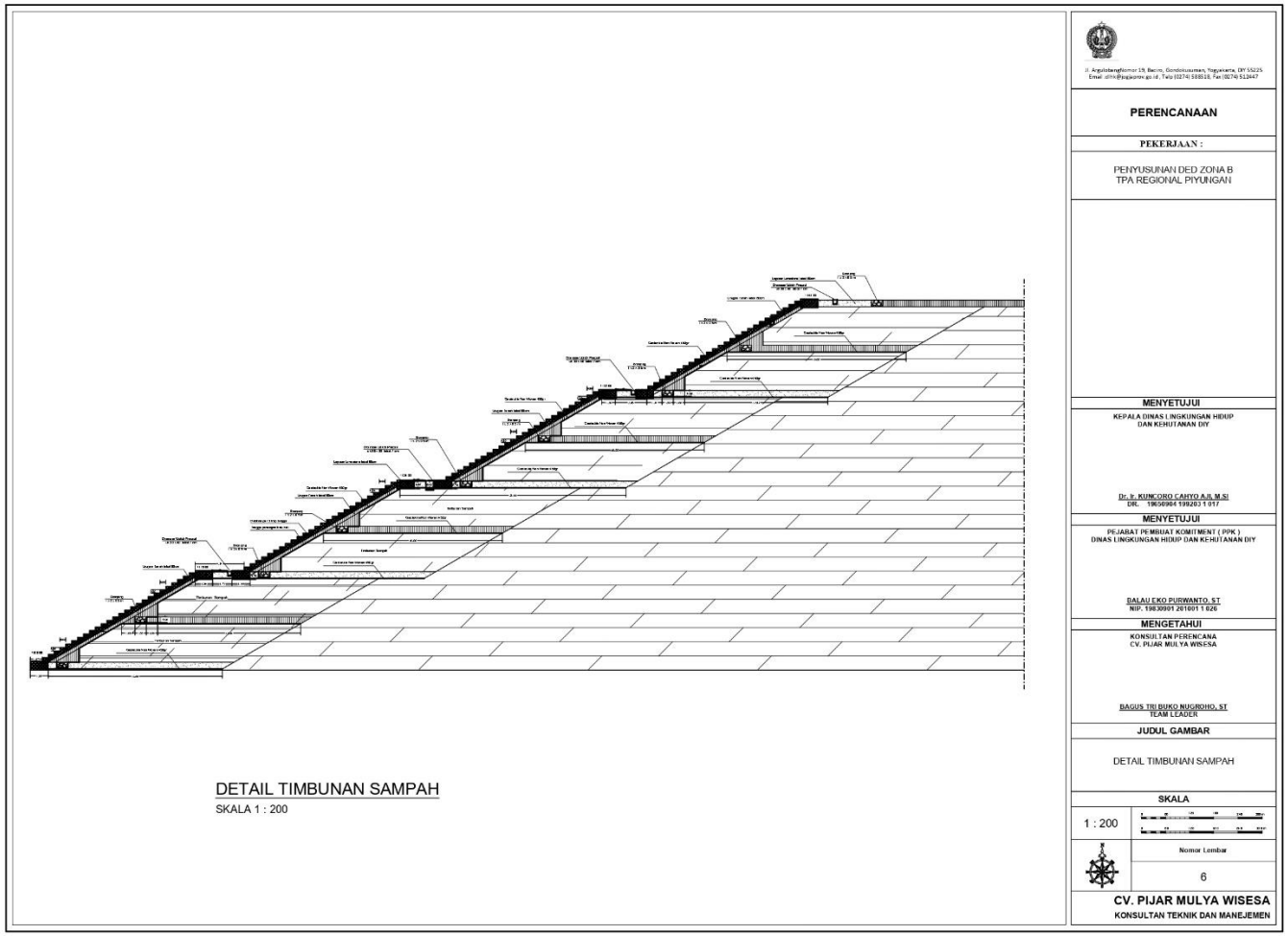
NO	JENIS PEKERJAAN	SAT.	VOLUME	KETERANGAN
A	**PEKERJAAN PERSIAPAN DAN URUGAN**			
A.I	**PEKERJAAN PERSIAPAN**			
I.1	Uitzet dengan water pass / theodolit	ls	1,00	
I.2	Sewa Direksi Kit	unit	1,00	
I.3	Papan nama proyek	unit	1,00	
I.4	Mobilisasi & demobilisasi alat berat	ls	1,00	
I.5	Penyelenggaraan SMK3 Konstruksi, (Lampiran AI.1.5)	ls	1,00	
A.II	**PEKERJAAN PEMADATAN DAN URUGAN**			
II.1	Layer I: elevasi +108 ke +116			
	Pemadatan sampah (pembentukan lereng) dan B +108	m^3	77.436,44	
	Urugan Limestone t.60cm pembentukan lereng Zona B	m^3	15.056,95	
II.2	Layer II: elevasi +116 ke +124			
	Pemadatan sampah (pembentukan lereng) dan B +116	m^3	52.371,72	
	Urugan Limestone t.60cm pembentukan lereng Zona B	m^3	14.035,82	
B	**PEKERJAAN PERKUATAN DAN PEMBENTUKAN LERENG**			
B.I	**Layer I: elevasi +108 ke +116**			
I.1	Pasangan Bronjong batukali pembentukan lereng Zona B +108	m^3	990,34	
I.2	Pasang Geotextile nonwoven 450gr pembentukan lereng Zona B +108	m^2	22.483,12	
I.3	Pasang Geotextile nonwoven 450gr Overlap +108	m^2	5.281,81	
B.II	**Layer I: elevasi +116 ke +124**			
II.1	Pasangan Bronjong batukali pembentukan lereng Zona B +116	m^3	914,18	
II.2	Pasang Geotextile nonwoven 450gr pembentukan lereng Zona B +116	m^2	23.393,04	
II.3	Pasang Geotextile nonwoven 450gr Overlap +116	m^2	4.875,61	
B.III	**PEKERJAAN LOADING AREA DI ZONA B**			
III.1	Pasang Geotextile nonwoven 450gr loading area rencana puncak Zona B	m^2	1.802,11	
III.2	Urugan Sirtu t.60cm dipadatkan loading area rencana puncak Zona B	m^3	1.134,00	
C	**PEKERJAAN DRAINASE (PRECAST)**			
C.I	**Layer I: elevasi +108 ke +116**			
	Pekerjaan saluran precast beton U dicth (0,30 x 0,40)	m^1	200,00	
C.II	**Layer II: elevasi +116 KE +124**			
	Pekerjaan saluran precast beton U dicth (0,30 x 0,40)	m^1	203,13	
C.III	**Drainase pengubung layer 116 ke 108**			
	Pekerjaan saluran precast beton U dicth (0,60 x 0,80)	m^1	12,00	
D	**PEKERJAAN JALAN OPERASIONAL LERENG**			
D.I	**Layer I: elevasi +108 ke +116**			
I.1	Pasang Geotextile nonwoven 450gr pembentukan lereng Zona B +116	m^2	858,29	
I.2	Urugan Limestone t.40cm pembentukan lereng Zona B	m^3	343,32	
I.3	Urugan pasir perata dibawah paving t.5cm	m^3	42,91	
I.4	Pasang Paving K-200 tebal 6 cm +108	m^2	858,29	
I.5	Pasang Kanstin Trap Uk 10.20.40 K-250 +108	m^1	660,23	
D.II	**Layer II: elevasi +116 KE +124**			
II.1	Pasang Geotextile nonwoven 450gr pembentukan lereng Zona B +116			
II.2	Urugan Limestone t.40cm pembentukan lereng Zona B	m^3	178,26	
II.3	Urugan pasir perata dibawah paving t.5cm	m^3	89,13	
II.4	Pasang Paving K-200 tebal 6 cm +116	m^2	8,97	
II.5	Pasang Kanstin Trap Uk 10.20.40 K-250 +116	m^1	178,26	

Pejabat Pembuat Komitmen
DLHK
Balau Eko Purwanto, S.T.
NIP. 19830901201001102

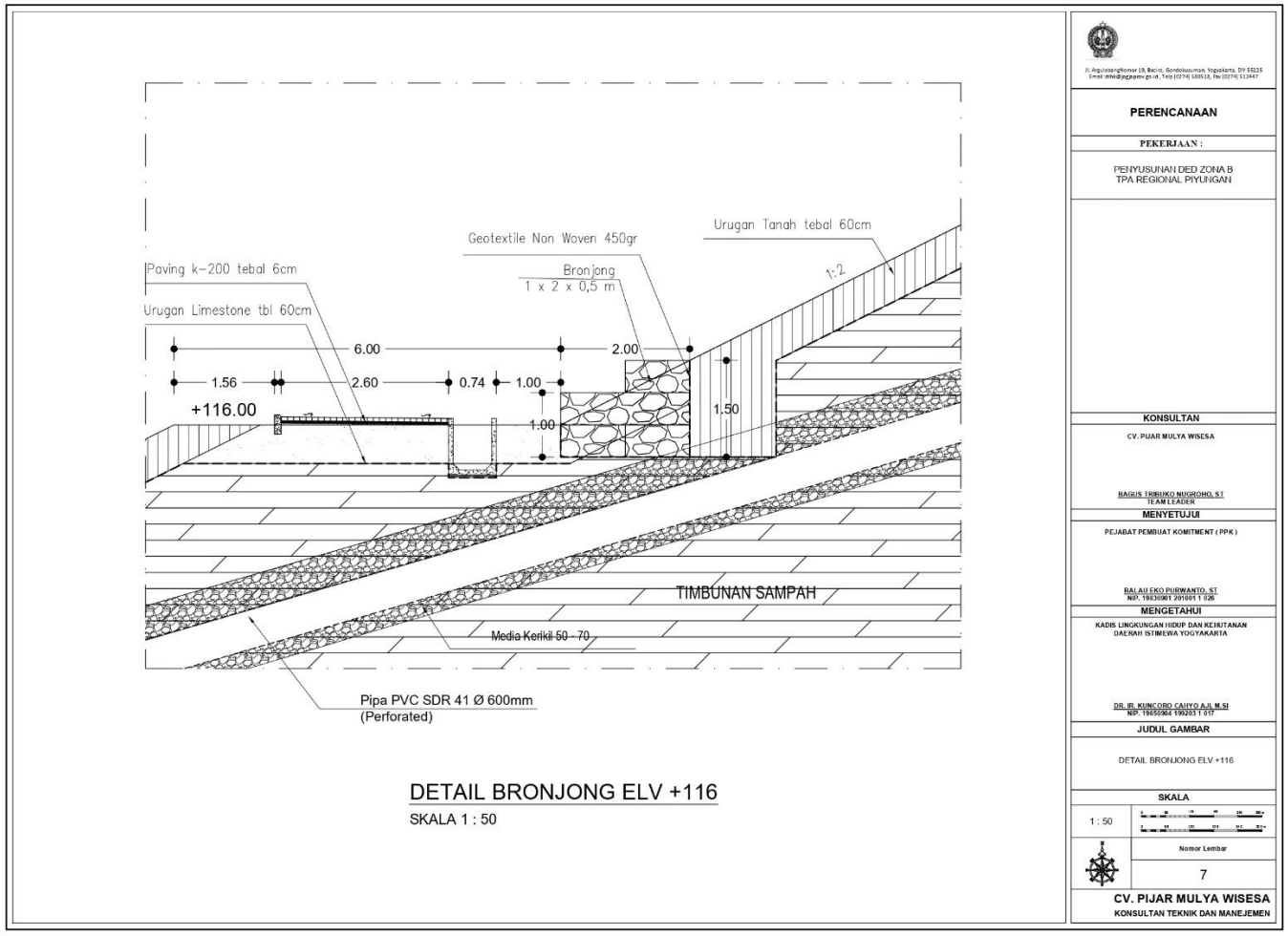
Lampiran 28. *Layou*t Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan



Lampiran 29. Detail Timbunan Sampah dan Tanah Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan



Lampiran 30. Detail Bronjong Elevasi +116 Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan



Lampiran 31. Detail Bronjong B Proyek Penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan

