

TUGAS AKHIR

ANALISIS PRODUKTIVITAS PENGGUNAAN ALAT BERAT MENGGUNAKAN METODE *TIME STUDY* PADA PEKERJAAN TIMBUNAN TANAH (*ANALYSIS OF PRODUCTIVITY USING HEAVY EQUIPMENT USING THE TIME STUDY METHOD ON EARTH PILLING WORK*)

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



**Fatin Nurul Aini
19511207**

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

HALAMAN PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PRODUKTIVITAS PENGGUNAAN ALAT
BERAT MENGGUNAKAN METODE TIME STUDY
PADA PEKERJAAN TIMBUNAN TANAH
(*ANALYSIS OF PRODUCTIVITY USING HEAVY
EQUIPMENT USING THE TIME STUDY METHOD ON
EARTH PILLING WORK*)**

Disusun oleh

Fatin Nurul Aini
19511207

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat sarjana Teknik sipil

Diuji pada tanggal 30 Agustus 2024

Oleh dewan penguji

Pembimbing

Ir. Vendie Abma, S.T.,
M.T., IPM.
NIK: 155111310

Penguji I

Ir. Tri Nugroho
Sulistvantoro, S.T., M.T.
NIK: 195110502

Penguji II

Muhammad Abdul
Hadi, S.T., M.T.
NIK: 215111307



Mengesahkan,
Ketua Program Studi Teknik Sipil

Yunalia Muntafi, S.T., M.T., Ph.D (Eng), IPM.
NIK: 095110110

22/10/2024

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat sebagai syarat untuk menyelesaikan program studi Teknik Sipil di Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, adalah hasil karya saya sendiri. Jika terdapat bagian tertentu dalam penulisan tugas akhir ini yang saya kutip dari karya orang lain, saya telah mencantumkan sumbernya dengan jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan bahwa seluruh atau sebagian dari laporan tugas akhir ini bukan merupakan karya saya sendiri atau terdapat plagiasi, saya siap untuk bertanggung jawab.

Yogyakarta, 30 Agustus 2024

Yang membuat pernyataan,



Fatin Nurul Aini

(18511094)

KATA PENGANTAR

Segala rasa puji dan syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan kesempatan, suka dan maupun duka sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul *Analisis Produktivitas Penggunaan Alat Berat Menggunakan Metode Time Study Pada Pekerjaan Timbunan Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta-Solo Paket 1.2 Seksi Klaten-Purworejo Sta 22+300 – Sta 43+650*. Tugas akhir ini adalah salah satu persyaratan akademik untuk menyelesaikan program strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Selama proses penulisan Tugas Akhir ini, saya mengalami berbagai suka dan duka. Meskipun banyak tantangan dalam menyelesaikan pekerjaan untuk meraih gelar sarjana, saya bersyukur bahwa Tugas Akhir ini dapat diselesaikan berkat saran, kritik, dan dorongan dari berbagai pihak. Demikian, saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ibu Ir. Yuna Muntafi, S.T., M.T., Ph.d.(Eng),IPM. selaku ketua prodi Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Ir. Vendie Abma, M.T.,IPM. selaku dosen pembimbing, yang senantiasa sabar membimbing saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
3. Bapak Ir. Tri Nugroho Sulistyantoro, S.T., M.T. selaku dosen penguji 1, yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini,
4. Bapak Muhamad Abdul Hadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji 2, yang telah memberikan saran dan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dwi selaku pimpinan Proyek Pembangunan Jalan Tol Yogyakarta-Solo Paket 1.2 dari PT Jasa Marga Jogja Solo, yang telah memberikan ijin untuk pengambilan data di lapangan sehingga saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini,
6. Bapak Sayyid Muhammad S dan Bapak Dhifa selaku pembimbing di

lapangan, yang mendampingi pengambilan data di lapangan sehingga saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

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

Yogyakarta, 30 Agustus 2024
Penulis

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Fatin', with a long horizontal stroke extending to the left.

Fatin Nurul Aini
(19511207)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah. puji syukur dihaturkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan karunia-NYA, sehingga penulisan ini dapat di selesaikan dengan baik dan tepat. tidak lupa, shalawat serta salam semoga selalu terlimpahkan kepada junjungan nabi Muhammad SAW.

Demgan rasa bangga, karya ini, penulis persembahkan kepada:

1. Bapak Anwar dan Ibu Khadijah adalah cinta pertama dan pintu surga saya. Keduanya merupakan sosok yang sangat berharga dalam hidup saya, menjadi sandaran terkuat di tengah kerasnya dunia. Mereka selalu memberikan motivasi dan dukungan materi. Terima kasih atas segala perjuangan untuk kehidupan saya, doa, dan dukungan yang telah membuat saya sampai di titik ini. Semoga Bapak dan Mama selalu sehat dan hidup lebih lama, karena mereka harus selalu ada di setiap perjalanan dan pencapaian hidup saya
2. Agil Syarial, kakak laki-lakiku, dan Rafika, adik perempuanku, adalah dua saudara yang selalu ada dalam setiap kebahagiaan maupun kesulitan. Terima kasih atas keikutsertaan mereka dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, serta atas bantuan dan dorongan yang telah mereka berikan. Semoga kakak dan adikku terus berkembang menjadi versi terbaik dari diri mereka.
3. Bapak Ir. Vendie Abma, M.T.,IPM. sebagai dosen pembimbing yang sangat baik, sangat sabar membimbingku, dan sudah mau direpotkan bahkan ketika waktu libur semester. Terimakasih bapak, sudah memberikan kemudahan dan memberikan banyak pelajaran. Semoga ilmu yang bapak berikan dapat memberikan manfaat dan menjadikan lebih baik kedepanya.
4. Untuk sahabat-sahabatku yang setia berjuang di tanah perantauan, Faizzah, Dini, Jelita, Fajar, Fira, Atun, Puyu, Vivi, dan Mba Irin—yang selalu mendukung dan memberikan semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, terima kasih atas persahabatan dan dukungan kalian. Semoga kita bisa terus berjuang bersama untuk mencapai cita-cita kita.

5. Celviani Ditianingrum Berty, Diffa Marisa Mulya, Bunga Zahrrinti Darmastria, Masytha Syah Rani, Mba Afirafida, Mba Farrah Sofia, dan teman-teman kelas terdekat yang sangat kusayangi, sahabat-sahabat Teknik Sipil yang selalu ada mendampingiku selama perkuliahan—baik dalam kebahagiaan maupun kesulitan dan mendukungku dalam menyelesaikan Tugas Akhir. Terima kasih atas persahabatan dan kebersamaan yang telah kalian berikan. Semoga kalian segera menyelesaikan Tugas Akhir dan mendapatkan kemudahan.
6. Teman-teman Teknik Sipil Angkatan 2019 yang namanya tidak bisa disebutkan satu per satu, namun telah memberikan kebersamaan dan dukungan selama masa perkuliahan di Universitas Islam Indonesia.

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFRAT NOTASI DAN SINGKATAN	xvii
ABSTRAK	xix
<i>ABSTRAK</i>	xx
BAB I PENDAHULUAN	21
1.1 Latar Belakang	21
1.2 Rumusan Masalah	23
1.3 Tujuan Penelitian	23
1.4 Manfaat Penelitian	23
1.5 Batas Penelitian	24
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	26
2.1 Tinjauan Umum	26
2.2 Penelitian Sebelumnya	26
2.3 Perbandingan Penelitian Sebelumnya	29
BAB III LANDASAN TEORI	33
3.1 Tinjauan Umum	33
3.2 Manajemen Proyek	33
3.2.1 Pengertian Manajemen Proyek	33
3.2.2 Manajemen Pengelolaan.	34
3.2.3 Manajemen Konstruksi	35
3.4 Alat Berat	37
3.4.1 Pengertian Alat Berat	37

3.3.2	Alat Berat <i>Excavator</i>	38
3.3.3	Alat Berat <i>Dump Truck</i>	39
3.3.4	Alat Berat <i>Bulldozer</i>	41
3.3.5	Alat Berat <i>Vibrator Roller</i>	42
3.5	Produktivitas Alat Berat	43
3.6.1	Pengertian Produktivitas	43
3.6.2	Material Timbunan	44
3.6.3	Waktu Siklus	46
3.6.4	Efisiensi Kerja Alat	47
3.6.5	Produktivitas Alat Bera <i>Excavator</i>	49
3.6.6	Produktivitas Alat Berat <i>Dump truck</i>	53
3.6.7	Produktivitas Alat Berat <i>Bulldozer</i>	56
3.6.8	Produktivitas Alat Berat <i>Vibrator Roller</i>	58
3.7	Kombinasi Alat Berat	61
3.8	Metode <i>Time Study</i>	61
BAB IV METODE PENELITIAN		63
4.1	Metode Penelitian	63
4.2	Lokasi Penelitian	64
4.3	Obyek dan Subjek Penelitian	64
4.3.1	Subjek Penelitian	65
4.3.2	Objek Penelitian	65
4.4	Teknik Pengumpulan Data	65
4.4.1	Pengumpulan Data	65
4.5.1	Tinjauan Kepustakaan	69
4.5	Metode Pengolahan Data	69
4.6	Tahap Pelaksanaan Penelitian	69
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN		74
5.1	Tinjauan Umum	74
5.2	Analisis Data	75
5.2.1	Volume Pekerjaan Timbunan	75
5.2.3	Metode Pekerjaan Timbunan.	76

5.2.5	Faktor Efisiensi Kerja Alat (E)	80
5.2.6	Faktor <i>Bucket</i> dan <i>Blade</i>	86
5.2.7	Produktivitas Alat Berat Pekerjaan Timbunan	94
5.3	Analisis Perhitungan Alternatif Kombinasi Alat Berat	125
5.3.1	Analisis Kondisi <i>Existing</i>	125
5.3.2	Analisis Alternatif 1	131
5.3.3	Analisis Alternatif 2	138
5.3.4	Analisis Alternatif 3	146
5.4	Pembahasan	153
5.4.1	Produktivitas Alat Berat	153
5.4.2	Kombinasi Alternatif	154
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		158
6.1	Kesimpulan	158
6.2	Saran	158
DAFTAR PUSTAKA		160
LAMPIRAN		163

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan	30
Tabel 3.1 Konversi Tanah	45
Tabel 3.2 Komponen Waktu Siklus	47
Tabel 3.3 Efisiensi Kerja	48
Tabel 3.4 Faktor Bucket <i>Excavator</i>	51
Tabel 3.5 Komponen Waktu Siklus	52
Tabel 3.6 Faktor Konversi Galian (Fv) Untuk Alat <i>Excavator</i>	52
Tabel 3.7 Faktor Pengisian <i>Bucket</i> Untuk <i>Excavator</i>	53
Tabel 3.8 Waktu Putar <i>Excavator</i>	53
Tabel 3.9 Waktu Tunggu Dan Bongkar	56
Tabel 3.10 Waktu Ganti Persneling	56
Tabel 3.11 Faktor Blade <i>Bulldozer</i>	58
Tabel 4.1 Form Pengamatan Waktu Siklus	67
Tabel 5.1 Total Volume padat	75
Tabel 5.2 Harga Sewa Alat Berat	76
Tabel 5.3 Alat Berat Yang Digunakan Pada Pekerjaan Timbunan	80
Tabel 5.4 Pengamatan Waktu Tidak Produktif Alat Berat Hari Pertama	81
Tabel 5. 5 Rekapitulasi waktu produktif alat berat	83
Tabel 5.6 Rekapitulasi Faktor Efisiens Kerja Alat Berat	85
Tabel 5.7 Pengamatan Faktor <i>Bucket Excavator</i> Hari Pertama	90
Tabel 5.8 Rekapitulasi PerhitunganFaktor <i>Bucket</i>	92
Tabel 5.9 Waktu Siklus Hyundai Hx 300sl Hari Peratma	96
Tabel 5.10 Rekapitulasi Waktu Siklus Hyundai Hx 300sl	96
Tabel 5.11 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Hyundai Hx 300sl	97
Tabel 5.12 Data Pengamat Waktu Siklus Komatsu Pc 200 Hari Pertama	98
Tabel 5.13 Waktu Siklus Komatsu PC 200	99
Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Komatsu Pc 200	99

Tabel 5.15 Data Pengamat Waktu Siklus Doosan Dx 300ca Pertama	101
Tabel 5.16 Waktu Siklus Doosan Dx 300ca	101
Tabel 5.17 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Doosan Dx 300ca	102
Tabel 5.18 Waktu Siklus Izuzu Hd Hari Pertama	104
Tabel 5.19 Waktu Siklus Izuzu Elf Hd	105
Tabel 5.20 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Isuzu Elf Hd	106
Tabel 5.21 Data Pengamat Waktu Siklus Mitshubishi Hari Pertama	108
Tabel 5.22 Data Pengamat Waktu Siklus Mitshubishi	108
Tabel 5. 23 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Mitsubhishi	109
Tabel 5.24 Waktu Siklus Toyota Hino Hari Pertama	111
Tabel 5.25 Waktu Siklus Toyota Hino	111
Tabel 5. 26 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Produktivitas Toyota	112
Tabel 5.27 Waktu Siklus Bulldozer Komatsu Dz 602 Hari Pertama	114
Tabel 5.28 Hasil Rekapitulasi Waktu Siklus <i>Bulldozer</i> Dz 602	114
Tabel 5.29 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Komatsu Dz 602	115
Tabel 5.30 Hasil Rekapitulasi Waktu Siklus Caterphilar D6G	118
Tabel 5.31 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Caterphilar D6g	119
Tabel 5.32 Waktu Dan Jarak Dalam 1 Lintasan Pada Hari Pertama	121
Tabel 5.33 Kecepatan Rata – Rata <i>Vibrator Roller</i> Hamm 311d	121
Tabel 5.34 Rekapitulasi Produktivitas Vibrator Roller Hamm 311D	122
Tabel 5.35 Waktu Dan Jarak Dalam Jarak 1 Lintasan Pada Har Pertama	123
Tabel 5.36 Kecepatan Rata – Rata Vibrator Roller Cat Cs533e	124
Tabel 5.37 Rekapitulasi Produktivitas Vibrator Roller Cat Cs533e	124
Tabel 5.38 Rekapitulasi Produktvitas Dari Masing – Masing Alat Berat	125
Tabel 5.39 Rekapitulasi Perhitungan Kondisi Existing	130
Tabel 5.40 Time Schedule Kerja Alat Berat Existing	131
Tabel 5.41 Perhitungan Excavator Alternatif 1	133
Tabel 5.42 Perhitungan Dump Truck Alternatif 1	134
Tabel 5.43 Perhitungan Bulldozer Alternatif 1	135
Tabel 5.44 Perhitungan Vibrator Roller Alternatif 1	136
Tabel 5.45 Rekapitulasi Perhitungan Alternatif 1	137

Tabel 5.46 Time Schedule Kerja Alat Berat Alternatif 1	137
Tabel 5.47 Perhitungan <i>Excavator</i> Alternatif 2	140
Tabel 5.48 Perhitungan <i>Dump Truck</i> Alternatif 2	141
Tabel 5.49 Perhitungan <i>Bulldozer</i> Alternatif 2	142
Tabel 5.50 Perhitungan <i>Vibrator Roller</i> Alternatif 2	143
Tabel 5.51 Rekapitulasi Perhitungan Alternatif 2	144
Tabel 5.52 Time Schedule Kerja Alat Berat Alternatif 2	144
Tabel 5.53 Perhitungan <i>Excavator</i> Alternatif 3	147
Tabel 5.54 Perhitungan <i>Dump Truck</i> Alternatif 3	148
Tabel 5.55 Perhitungan <i>Bulldozer</i> Alternatif 3	149
Tabel 5.56 Perhitungan <i>Vibrator Roller</i> Alternatif 3	150
Tabel 5.57 Rekapitulasi Perhitungan Alternatif 3	151
Tabel 5.58 Time Schedule Kerja Alat Berat Alternatif 3	151
Tabel 5.59 Rekapitulasi Produktivitas Alat Berat	153
Tabel 5.60 Rekapitulasi Perbandingan Dengan Kondisi Existing	155

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 <i>Excavator</i> CAT	39
Gambar 3.2 <i>Dump Truck</i> Isuzu	40
Gambar 3.3 <i>Bulldozer</i>	42
Gambar 3.4 <i>Vibrator Roller</i>	43
Gambar 4.1 Denah Lokasi Proyek	64
Gambar 4.2 Jarak <i>Quarry</i> Menuju Lokasi	68
Gambar 4.3 <i>Flowchart</i> Penelitian	73
Gambar 5.1 Lokasi Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta	74
Gambar 5.2 Pekerjaan Timbunan Tanah	79
Gambar 5.3 <i>Bucket Excavator</i> Hyundai Terisi 110%	86
Gambar 5.4 <i>Bucket Excavator</i> Hyundai Terisi 110%	86
Gambar 5.5 <i>Blade Bulldozer</i> Terisi 100%	87
Gambar 5.6 Dimensi <i>Bucket Hyundai</i> Hx 300Sl	87
Gambar 5.7 Dimensi <i>Bucket</i> Komatsu PC 200	88
Gambar 5.8 Dimensi <i>Bucket</i> Doosan	89
Gambar 5.9 Hyundai Hx 300sl	95
Gambar 5.10 <i>Excavator</i> Komatsu Pc 200	97
Gambar 5.11 <i>Excavator</i> Doosan Dx 300ca	100
Gambar 5.12 <i>Dump Truck</i> Isuzu Elf Hd	103
Gambar 5.13 <i>Bulldozer</i> Dz 602	112
Gambar 5.14 Caterpillar D6g	116
Gambar 5.15 <i>Vibrator Roller</i> Hamm 311d	120
Gambar 5.16 <i>Vibrator Roller</i> Cat Cs533e	122
Gambar 5.17 Ilustrasi Pergerakan Alat Berat Pada Kondisi <i>Existing</i>	126
Gambar 5.18 Ilustrasi Pergerakan Alat Berat Pada Alternatif 1	132
Gambar 5.19 Ilustrasi Pergerakan Alat Berat Pada Alternatif 2	139
Gambar 5.20 Ilustrasi Pergerakan Alat Berat Pada Alternatif 3	146

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Hyunday Hx 300Sl Hari Pertama	164
Lampiran 2 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Hyunday Hx 300Sl Hari kedua	164
Lampiran 3 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Hyunday Hx 300Sl Hari Ke-3	165
Lampiran 4 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Hyunday Hx Hari Ke-4	165
Lampiran 5 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Hyunday Hx 300Sl Hari Hari Ke-5	166
Lampiran 6 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Komatsu PC 200 Hari Ke-1	166
Lampiran 7 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Komatsu PC 200 Hari Ke-2	167
Lampiran 8 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Komatsu PC 200 Hari Jumat	167
Lampiran 9 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Komatsu PC 200 Hari Sabtu	168
Lampiran 10 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Komatsu PC 200 Hari	168
Lampiran 11 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Doosan DX 300CA Hari Rabu	169
Lampiran 12 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Doosan DX 300CA Hari Kamis	169
Lampiran 13 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Doosan DX 300CA	170
Lampiran 14 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Doosan DX 300CA Hari Jumat	170
Lampiran 15 Waktu Siklus <i>Excavator</i> Doosan DX 300CA Hari Jumat	171
Lampiran 16 PWaktu Siklus <i>Dump Truck</i> Isuzu Elf HD Hari Rabu	171
Lampiran 17 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Isuzu Elf HD Hari Kamis	172
Lampiran 18 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Isuzu Elf HD Hari Jumat	172
Lampiran 19 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Isuzu Elf HD Hari Sabtu	173
Lampiran 20 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Isuzu Elf HD Hari Minggu	173
Lampiran 21 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Mitshubhisi Hari Rabu	174
Lampiran 22 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Mitshubhisi Hari Kamis	174
Lampiran 23 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Mitshubhisi Hari Jumat	175
Lampiran 24 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Mitshubhisi Hari Sabtu	175
Lampiran 25 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Mitshubhisi Hari Minggu	176
Lampiran 26 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Toyota Hino Hari Rabu	176
Lampiran 27 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Toyota Hino Hari Kamis	177
Lampiran 28 Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Toyota Hino Hari Sabtu	177

Lampiran 29	Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Toyota Hino Hari Sabtu	178
Lampiran 30	Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Toyota Hino Hari Minggu	178
Lampiran 31	Waktu Siklus <i>Bulldozer</i> Komatsu DZ 602 Hari Rabu	179
Lampiran 32	Waktu Siklus <i>Bulldozer</i> Komatsu DZ 602 Hari Rabu	179
Lampiran 33	Waktu Siklus <i>Bulldozer</i> Komatsu DZ 602 Hari Jumat	180
Lampiran 34	Waktu Siklus <i>Bulldozer</i> Komatsu DZ 602 Hari Sabtu	180
Lampiran 35	Waktu Siklus <i>Bulldozer</i> Komatsu DZ 602 Hari Minggu	181
Lampiran 36	Waktu Siklus <i>Bulldozer</i> Caterphilar D6G Hari Rabu	181
Lampiran 37	Waktu Siklus <i>Bulldozer</i> Caterphilar D6G Hari Kamis	182
Lampiran 38	Waktu Siklus <i>Bulldozer</i> Caterphilar D6G Hari Jumat	182
Lampiran 39	Waktu Siklus <i>Bulldozer</i> Caterphilar D6G Hari Sabtu	183
Lampiran 40	Waktu Siklus <i>Bulldozer</i> Caterphilar D6G Hari Minggu	183
Lampiran 41	<i>Vibrator Roller</i> HAMM 311D Hari Rabu sampai Minggu	184
Lampiran 42	<i>Vibrator Roller</i> HAMM 311D Hari Rabu sampai Minggu	184
Lampiran 43	Data Volume Tanah Padat	185
Lampiran 44	<i>Bulldozer</i> Dan <i>Vibrator</i> Bekerja Bersama – Sama	185
Lampiran 45	<i>Bulldozer</i> Meratakan Tanah Hasil Bongkaran <i>Dump Truck</i>	186
Lampiran 46	Gali Muat Angkut Oleh <i>Excavator</i> dan <i>Dump Truck</i>	186
Lampiran 47	Hasil Pemdatan Sta 37	187
Lampiran 48	Pengukuran Lebar Drum Prnggilas <i>Vibrator Roller</i>	187
Lampiran 49	Data Teknis Proyek	188
Lampiran 50	Lokasi timbunn Sta 37+00 – Sta 37+650	188

DAFRAT NOTASI DAN SINGKATAN

Q	= Produksi Per Jam (m^3 /Jam)
Q	= Produksi Per Siklus (m^3 /Jam)
Q1	= Kapasitas <i>Bucket</i> (m^3)
E	= Efisiensi Kerja Alat
Ctm	= Waktu Siklus
K	= Faktor <i>Bucket</i>
V	= Volume Pekerjaan m^3
HT	= Waktu Tempu (Menit)
D	= Jarak Angkut (m)
Vt	= Kecepatan Rata – Rata Saat Muatan Penuh (m/menit)
DT	= Waktu Bongkar (detik)
V2	= Kecepatan Rata – Rata Saat Muatan Kosong (m/menit)
TL	= Wakttu Muat (Menit)
CD	= Kapasitas <i>Dump Truck</i> m^3
F	= Kecepatan Maju (m/detik)
R	= Kecepatan Mundur (m/detik)
Z	= Waktu Ganti Perseneling (detik)
V	= Kapasitas Blade
L	= Lebar <i>Blade</i> (m)
H	= Tinggi <i>Blade</i> (m)
A	= Faktor <i>Blade</i>
W	= Lebar Pemadatan Dalam Satu Lalan (m)
L	= Lebar Lapisan (Cm)
N	= Jumlah Lintasan
Be	= Lebar Efektif Pemadatan = B – Bo (Overlap) (m)
B	= Lebar Efektif Pemadatan (m)
Bo	= Lebar <i>Overlab</i> (m)

V	= Kecepatan Rata – Rata (Km/Jam)
N	= Jumlah Lintasan
Fa	= Faktro Efisiensi Alat <i>Vibrator roller</i>
T	= Tebal Lapisan (m)
Cbm	= <i>Common Borrow Material</i>

ABSTRAK

Proyek pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.2 memerlukan alat berat sebagai pendukung utama untuk mempercepat proses konstruksi. Oleh karena itu, pemilihan peralatan berat yang tepat sangat penting untuk memastikan operasional yang optimal dan saling mendukung antara alat-alat tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi produktivitas dan menentukan kombinasi yang paling efisien dari jumlah alat berat untuk pekerjaan timbunan dari segi biaya dan waktu. Pada proyek pembangunna Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.2. Alat berat yang digunakan dalam pekerjaan timbunan yaitu *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller*.

Dari hasil perhitungan didapat nilai produktivitas alat berat *excavator* adalah sebesar $353,815 \text{ m}^3/\text{jam}$. Produktivitas alat berat *dump truck* per jam $24,462 \text{ m}^3/\text{jam}$. Produktivitas alat berat *bulldozer* adalah sebesar $327,518 \text{ m}^3/\text{jam}$. Produktivitas alat berat *vibrator roller* per jam adalah sebesar $368,37 \text{ m}^3/\text{jam}$. Selanjutnya, berdasarkan nilai produktivitas, dapat dilakukan variasi kombinasi jumlah alat berat yang berbeda. Hasil perhitungan kombinasi alat berat pada kondisi asli lapangan membutuhkan waktu 75 hari dengan biaya sebesar Rp6.619.854.444. Berdasarkan analisis, alternatif yang paling efektif dan efisien adalah alternatif 2 dalam hal waktu dan biaya, dengan durasi penyelesaian selama 48 hari. Kombinasi yang digunakan mencakup 4 unit *excavator* Hyundai Hx 300Sl dengan kapasitas $1,27 \text{ m}^3$, 58 unit *dump truck* dengan rata-rata kapasitas $7,279 \text{ m}^3$, 3 unit *bulldozer* Komatsu DZ 602 dengan kapasitas *blade* $4,432 \text{ m}^3$, serta 3 unit *vibrator roller* dengan lebar efektif pemadatan 1,84 m. Total biaya untuk alternatif ini adalah Rp6.218.699.508,00. Alternatif 2 dapat mempercepat pekerjaan timbunan selama 27 hari dan menghemat biaya sebesar Rp401.154.936,00 (6,059%) dibandingkan dengan kondisi awal.

Kata kunci: produktivitas, alat berat, kombinasi, *excavator*, *dump truck*, *bulldozer*, *vibrator roller*

ABSTRAK

The Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Toll Road construction project Section 1 Package 1.2 requires heavy equipment as the main support to speed up the construction process. Therefore, selecting the right heavy equipment is very important to ensure optimal operation and mutual support between the equipment. This research aims to evaluate productivity and determine the most efficient combination of the number of heavy equipment for embankment work in terms of cost and time. In the Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Toll Road construction project Section 1 Package 1.2. Heavy equipment used in embankment work is excavators, dump trucks, bulldozers and roller vibrators.

From From the calculation results, the productivity value of excavator heavy equipment is 353,815 m³/hour. Dump truck heavy equipment productivity per hour is 24,462 m³/hour. The productivity of bulldozer heavy equipment is 327,518 m³/hour. The productivity of the roller vibrator machine per hour is 368.37 m³/hour. Furthermore, based on the productivity value, different combinations of the number of heavy equipment can be varied. The calculation results for the combination of heavy equipment in original field conditions took 75 days at a cost of IDR 6,619,854,444. Based on the analysis, the most effective and efficient alternative is alternative 2 in terms of time and cost, with a completion duration of 48 days. The combination used includes 4 units of Hyundai Hx 300SI excavators with a capacity of 1.27 m³, 58 units of dump trucks with an average capacity of 7,279 m³, 3 units of Komatsu DZ 602 bulldozers with a blade capacity of 4,432 m³, and 3 units of roller vibrators with an effective compaction width 1.84m The total cost for this alternative is IDR 6,218,699,508.00. Alternative 2 can speed up embankment work by 27 days and save costs of IDR 401,154,936.00 (6.059%) compared to the initial condition.

Keywords: *productivity, heavy equipment, excavator, dump truck, bulldozer, vibrator roller*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur di pulau Jawa pada saat ini berkembang dengan pesat. Hal ini disebabkan karena meningkatnya kebutuhan masyarakat terhadap akses, transportasi, maupun mobilisasi. Supaya memenuhi kebutuhan tersebut maka dilakukan pembangunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.2. Pembangunan infrastruktur berskala besar seperti jalan tol ini, bantuan alat berat merupakan pendukung utama untuk mempercepat pekerjaan pembangunan konstruksi (Arsyad, 2021). Umumnya setiap pekerjaan pembangunan dalam bidang konstruksi selalu berkaitan dengan masalah tanah (Safitri, 2021). Alat berat yang digunakan di proyek jalan pada pekerjaan timbunan yaitu *excavator*, *dump truck*, dan *vibrator roller* (Wardani, dkk, 2022).

Produktivitas didalam dunia konstruksi merupakan faktor mendasar yang mempengaruhi kemampuan bersaing dalam industri konstruksi (Lestari, 2021). Adanya data produktivitas dapat membantu kontraktor memperbaiki perencanaan jadwal proyek, memberi tahu mereka berapa lama setiap pekerjaan dan berapa banyak alat berat yang diperlukan, sehingga memperbaiki nilai produktivitas saat ini. (Sandi, dkk, 2020). Produktivitas alat tergantung pada kapasitas dan waktu siklus alat, jenis dan tipe alat berat yang digunakan dalam suatu proyek dipengaruhi oleh produktivitas alat terhadap volume pekerjaan yang akan dilakukan (Zaoqi, dkk, 2022). Masalah yang muncul dalam penggunaan alat berat termasuk pengoperasian yang tidak tepat dan kombinasi alat berat yang tidak sesuai dengan kondisi alat. Penurunan produktivitas alat berat juga dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti kondisi peralatan, keterampilan operator, waktu siklus, jenis material, kondisi kerja, dan cuaca. (Arsyad, 2021)

Untuk meningkatkan produktivitas alat berat secara efektif dan efisien, dilakukan analisis produktivitas dengan menggunakan teknik pengukuran *time*

study. Metode *time study* adalah teknik yang mengumpulkan data berdasarkan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan, dan digunakan untuk menentukan waktu standar dari pekerjaan tersebut (Pawiro, 2015) dalam (Arsyad, 2021). Dalam menyelesaikan bagian proyek tertentu diperlukan pemilihan dan kombinasi alat berat, yang mana alat beratnya tergantung pada karakteristik masing – masing alat berat dan kondisi medan yang akan dikerjakan (Nugraha, 2020). Pemilihan alat berat yang tepat memegang peranan yang paling penting. Peralatan dianggap memiliki kapasitas tinggi bila peralatan tersebut menghasilkan produktivitas yang tinggi tetapi dengan biaya yang rendah. Pemilihan alat berat yang akan dipakai merupakan faktor yang sangat penting dalam keberhasilan *suatu* proyek (Sidiq, 2022).

Alat berat tersebut dipilih karena kemampuannya dalam menyelesaikan pekerjaan secara efisien baik dari segi waktu maupun biaya. Menentukan kombinasi alat berat adalah salah satu metode untuk memilih peralatan yang tepat. Pekerjaan timbunan memerlukan beberapa jenis alat berat yang digabungkan untuk menyelesaikannya, sehingga penting untuk mempertimbangkan kombinasi alat berat guna mengetahui produktivitas masing-masing alat (Kurniawan dkk, 2022). Sehingga dapat menentukan alat mana saja yang memiliki produktivitas yang optimum dari segi waktu sehingga kerugian dan keterlambatan pengerjaan proyek dapat diminimalisir bahkan dihindari (Tambunan, dkk, 2022). Penelitian ini mengkaji metode untuk memperoleh produktivitas serta menentukan kombinasi *excavator*, *dump truck*, *bulldozer*, dan *vibrator roller* yang digunakan di lapangan pada proyek. Kebutuhan peralatan mencakup jumlah peralatan yang diperlukan untuk setiap jenis pekerjaan agar dapat beroperasi secara efektif sesuai dengan jumlah jam kerja yang tersedia dan menghasilkan volume pekerjaan yang sesuai dengan uraian yang ada (Zaoqi, dkk, 2022).

Berdasarkan uraian latar belakang tersebut, maka perlu dilakukan analisis produktivitas alat berat pada proyek Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo. Pekerjaan yang akan dianalisis adalah pekerjaan timbunan yang melibatkan penggunaan alat berat seperti *excavator* dan *dump truck* untuk memuat dan mengangkut material tanah dari *quarry* ke lokasi pekerjaan, serta *bulldozer* dan

vibrator roller sebagai alat pemadat di lokasi timbunan. Oleh karena itu, penelitian Tugas Akhir ini akan difokuskan pada analisis produktivitas alat berat *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller* dalam pekerjaan timbunan. Data dan analisis yang dilakukan bertujuan untuk mengidentifikasi beberapa alternatif produktivitas alat berat yang dapat diterapkan pada proyek untuk menyelesaikan pekerjaan timbunan dengan volume tanah yang harus dikerjakan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diangkat dari latar belakang yaitu.

1. Berapa besar produktivitas masing – masing alat berat yang digunakan pada pekerjaan Timbunan Proyek Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Paket 1.2 Seksi Klaten – Purwomartani Sta 37+00 – Sta 37+650?
2. kombinasi alternatif apa yang optimal dari segi waktu dan biaya dibandingkan dengan kondisi *existing* pada pekerjaan Timbunan Proyek Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Paket 1.2 Seksi Klaten – Purwomartani Sta 37+00 – Sta 37+650?.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang kana dicapai dalam penelitian ini antara lain.

1. Mengetahui besar produktivitas alat berat pada proses pekerjaan timbunan Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Paket 1.2 Seksi Klaten – Purwomartani Sta 37+00 – Sta 37+650.
2. Mendapatkan alternatif kombinasi yang optimal terhadap penggunaan alat berat dari segi waktu dan biaya pada pekerjaan Timbunan proyek Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Paket 1.2 Seksi Klaten – Purwomartani Sta 37+00 – Sta 37+650.

1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan hasil penelitian diharapkan dapat memberi manfaat sebagai berikut

1. Menambah wawasan bagi peneliti mengenai produktivitas alat berat yang digunakan pada proses penambangan, sesuai dengan tujuan penelitian

dalam kasus ini.

2. Kontraktor dapat menggunakan hasil penelitian untuk memilih kombinasi alat berat yang paling efisien, sehingga mempercepat proses timbunan dan mengurangi waktu pengerjaan.
3. Informasi dari penelitian dapat mendukung kebijakan terkait pengelolaan proyek konstruksi yang ramah lingkungan dan efisien dalam penggunaan sumber daya.
4. Penelitian yang menunjukkan alat berat yang produktif dapat membantu pemilik proyek memastikan bahwa pekerjaan timbunan dilakukan kualitas tinggi dan mematuhi standar keamanan.
5. Data produktivitas alat berat membantu manajer proyek dalam memantau kemajuan pekerjaan dan melakukan evaluasi kinerja terhadap target proyek.
6. Menambah referensi bagi pembaca/pengamat tentang wacana manajemen proyek alat berat pengelola dan pemanfaatan yang lebih baik pada pekerjaan sipil.
7. Hasil penelitian dapat digunakan untuk meningkatkan materi pendidikan dalam bidang teknik sipil dan konstruksi, memberikan wawasan praktis kepada mahasiswa dan profesional baru.

1.5 Batas Penelitian

Adapun batasan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. Alat berat yang dihitung *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller*.
2. Pekerjaan tanah yang ditinjau adalah pekerjaan timbunan.
3. Data yang digunakan berupa jenis alat berat yang digunakan dan jam kerja alat berat.
4. Metode pengukuran produktivitas alat berat yang digunakan Tugas Akhir adalah metode *time study*.
5. Produksi pekerjaan yang dihitung hanya pada waktu kerja 7 jam/hari.
6. Penelitian ini dilakukan seksi Klaten – Purworejo tepatnya berlokasi di STA 37+00 – STA 37+650
7. Penelitian ini dilakukan selama 5 hari

8. Penelitian ini tidak membahas tentang pekerja
9. Spesifikasi persyaratan dan kondisi lingkungan yang ditinjau sesuai dengan kenyataan di lapangan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Tinjauan pustaka bertujuan memberikan referensi dari penelitian terdahulu pada penelitian yang dilakukan oleh penulis sebagai bahan pertimbangan dan acuan penelitian. peninjauan terhadap penelitian terdahulu berfungsi sebagai perbandingan antara penelitian sekarang.

2.2 Penelitian Sebelumnya

Sebagai pertimbangan untuk bisa melakukan penelitian ini, maka pada BAB kali ini telah telah dikumpulkan beberapa hasil sejenis tentang penelitian yang sejenis atau hampir menyerupai yang telah dilakukan sebelumnya. Berikut ini adalah beberapa contoh tentang penelitian yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan penulis, antara lain:

1. Analisa Produktivitas Alat Berat Dalam Pekerjaan Penghamparan Material Agregat Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru–Padang Seksi Vi Pekanbaru Bangkinang (Arsyad, 2021).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur produktivitas, menentukan jumlah alat berat yang digunakan, mengevaluasi durasi pekerjaan, dan mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas. Metode yang digunakan untuk menganalisis produktivitas adalah metode *time study*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produktivitas *excavator* adalah 192,085 m^3 /jam, atau 1536,08 m^3 /hari dengan waktu siklus 16 detik. *Dump truck* memiliki produktivitas sebesar 48,267 m^3 /jam, atau 386,141 m^3 /hari dengan waktu siklus 13 menit. Motor grader memiliki produktivitas sebesar 115,709 m^3 /jam, atau 925,627 m^3 /hari dengan waktu siklus 1,99 menit. Sementara *vibrator roller* memiliki produktivitas sebesar 156,978 m^3 /jam, atau 1255,83 m^3 /hari dengan waktu siklus 2,54 menit. Jumlah alat berat yang seharusnya digunakan adalah 1 unit *excavator*, 4-unit *dump truck*, 2 unit motor grader

(namun hanya 1 unit yang digunakan di lapangan), dan 2 unit *vibrator roller* (namun hanya 1 unit yang digunakan di lapangan). Berdasarkan jadwal dan pengamatan di lapangan, pekerjaan penghamparan dengan volume 1257,3 m^3 dapat diselesaikan dalam waktu 4 hari.

2. Analisis Pemilihan Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan Proyek Penataan *Landfill* Zona B Tpa Regional Piyungan (Harjani, 2023).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai produktivitas dan mengetahui kombinasi jumlah alat berat *excavator* dan *dump truck* yang efisien dari segi biaya dan waktu. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kombinasi alat berat pada kondisi lapangan memerlukan waktu 821 jam dan biaya sebesar Rp1.208.471.400,00. Alternatif pertama memerlukan waktu 657 jam dengan biaya Rp1.186.218.000,00, alternatif kedua memerlukan waktu 493 jam dengan biaya Rp1.186.628.800,00, dan alternatif ketiga memerlukan waktu 657 jam dengan biaya 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 memerlukan 4 unit *excavator* Komatsu PC200-8 dan 2 unit *bulldozer* Komatsu D85-10.

3. Analisis Produktivitas Pekerja Dengan Metode *Time Study* Pada Pekerjaan Kolom (Sandi, dkk, 2020).

Tugas akhir ini bertujuan untuk menganalisis produktivitas pekerja pada pekerjaan kolom dan cendawan dan mencari faktor apa saja yang dapat mempengaruhi produktivitas pekerja pada proyek pembangunan Rehabilitasi Pasar Johar Kota Semarang. Perhitungan dilakukan dengan metode *time study*. Metode *time study* adalah metode pengukuran produktivitas tenaga kerja di lapangan dengan cara menentukan *standard time* suatu pekerjaan. *Standard time* diperoleh dari pengamatan. Pada pengamatan akan diukur nilai *basic time* yang akan diolah menjadi *standard time*, dan digunakan untuk menghitung nilai produktivitas. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai produktivitas pekerja pada pekerjaan chipping kolom dan chipping cendawan adalah 7,36 m^2 /OH, dan 6,65 m^2 /OH. Untuk nilai produktivitas pada

pekerjaan penulangan kolom dan cendawan adalah 42,81 kg/OH, dan 21,87 kg/OH. Sedangkan produktivitas pada pekerjaan bekisting kolom dan cendawan adalah 14,47 m^2 /OH dan 5,16 m^2 /OH. Untuk produktivitas pada pekerjaan grouting kolom dan cendawan adalah 0,41 m^3 /OH, dan 0,36 m^3 /OH, dan pekerjaan pemasangan Fibre Reinforced Plastic (FRP) kolom dan cendawan adalah 4,40 m^2 /OH dan 5,70 m^2 /OH. Dari hasil analisis produktivitas menentukan bahwa letak material dan tempat pengerjaan, jumlah pekerja, *relaxation allowances*, alat dan material yang digunakan adalah faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas pekerja pada pekerjaan kolom dan cendawan.

4. Evaluasi Produktivitas Dan Efisiensi Alat Berat Pada Pekerjaan Tanah Proyek Perpanjangan *Runway* Di Bandara Internasional Lombok (Zaoqi, dkk, 2022). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jumlah kebutuhan peralatan pada proyek perpanjangan landasan pacu (*runway*) agar efektif dan efisien dari awal proyek hingga akhir proyek. Produktivitas serta jumlah kebutuhan alat dari hasil analisis dengan yang ada pada dokumen kontrak sesuai, sementara untuk durasi atau waktu pekerjaan dari hasil analisis lebih efisien. Biaya sewa per jam yang didapatkan dari hasil perhitungan untuk alat berat masing-masing yaitu *Excavator* sebesar Rp. 694.260. *Dump truck* sebesar Rp. 753.762. *Motor Grader* sebesar Rp. 642.188. *Vibratorroller* sebesar Rp. 551.583,4. Sedangkan untuk *Water Tank* sebesar Rp. 384.646,04. Pendapatan dan profit yang didapatkan dari penggunaan alat berat pada pekerjaan tanah proyek perpanjangan *runway* di bandara internasional lombok dengan jumlah Rp.38.279.148.142,96 serta profit sebesar Rp. 3.469.922.558,05.
5. Analisis Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Tanah Pelaksanaan Pembangunan Bendungan Beringin Sila Kecamatan Utan (Safitri, 2021) Penelitian ini bertujuan untuk menentukan jumlah dan jenis alat berat yang paling efisien untuk pekerjaan galian tanah di pembangunan Bendungan Beringin Sila, Kecamatan Utan, serta yang memberikan waktu dan biaya terendah. Metode yang digunakan adalah deskripsi analisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk galian tanah di sisi kiri Bendungan Beringin Sila

diperlukan 6 unit Komatsu PC. 200, 1 unit Cat 220 D, 1 unit Hyundai PC. 200, dan 19 unit *Dump truck*, dengan waktu pengerjaan 74 hari, satu hari lebih cepat dari jadwal lapangan. Biaya terendah untuk jenis dan jumlah alat berat tersebut adalah Rp8.347.871.328, menghemat Rp386.570.016 dibandingkan biaya lapangan.

6. Analisis Produktivitas Alat Berat *Excavator* dan *Dump Truck* (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indoor Manahan Kota Surakarta (Wardani, dkk, 2022).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui produktivitas alat berat tersebut. Metode penelitian menggunakan metode kuantitatif. Dari analisis didapat produktivitas alat berat *excavator* untuk pekerjaan tanah yang dipindahkan sebesar $57,176 \text{ m}^3/\text{jam}$ membutuhkan alat 1 unit *excavator* dengan waktu 8 hari. Sedangkan, produktivitas 1 *dump truck* berkapasitas 6,5 untuk pekerjaan tanah sebesar $14,78 \text{ m}^3/\text{jam}$ dibutuhkan alat sebanyak 4-unit *dump truck* dengan waktu hari. Solusi untuk mempersingkat waktu produktivitas alat berat yaitu menambah 2 *excavator* dengan alternatif waktu 32 jam (4 hari) dan 5 *dump truck* dengan alternatif waktu 48 jam (6 hari).

7. Analisis Produktivitas Kombinasi *Excavator* dan *Dump Truck*. (Nugraha, 2020).

Penelitian ini bertujuan menentukan nilai produktivitas serta kombinasi alat berat *excavator* dan *dump truck* yang paling efisien dari segi biaya dan waktu pada proyek peningkatan Ruas Jalan Yogyakarta–Barongan, Bantul. Untuk volume galian tanah $3.610,015 \text{ m}^3$, produktivitas *excavator* adalah $29,842 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan *dump truck* $10,77 \text{ m}^3/\text{jam}$. Analisis menunjukkan bahwa kombinasi alternatif 2 dari perhitungan alat berat memberikan efisiensi terbaik dalam biaya dan waktu dibandingkan alternatif lainnya.

2.3 Perbandingan Penelitian Sebelumnya

Dari hasil penelitian – penelitian diatas, maka dapat diperoleh rincian yang dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan

Perspektif	Penelitian					
	Arsyad (2021)	Sandi, dkk (2020)	Harjani (2023)	Safitri, dkk (2021)	Dwitama (2020)	Aini (2024)
Judul	Analisa Produktivitas Alat Berat Dalam Pekerjaan Penghamparan Material Agregat Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru–Padang Seksi Vi.	Analisis Produktivitas Pekerja Dengan Metode <i>Time Study</i> Pada Pekerjaan Kolom	Analisis Pemilihan Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan Proyek Penataan Landfill Zona B Tpa Regional Piyungan	Analisis Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Tanah Pelaksanaan Pembangunan Bendungan Beringin Sila Kecamatan Utan	Analisis Produktivitas Kombinasi <i>Excavator</i> Dan <i>Dump truck</i> Pada Pekerjaan Galian Proyek Pembangunan <i>Underpass</i> Kentungan	Analisis Produktivitas Penggunaan Alat Berat Menggunakan Metode <i>Time Study</i> Pada Pekerjaan Timbunan Proyek Pembangunan Jalan Tol
Lokasi penelitian	Pekanbaru	Semarang	Pyungan	Kecamatan utan	Yogyakarta	Yogyakarta
Metode	<i>Time Study</i>	<i>Time study</i>	Pengamatan Lapangan	Deskripsi analisis	Pengumpulan data	<i>Time study</i>
Subjek	<i>Excavator, dump truck, motor grader, dan vibrator roller</i>	<i>excavator, dump truck, motor grader, vibrator roller, dan water tanker</i>	<i>Excavator dan dump truck</i>	<i>Excavator dan dump truck</i>	<i>Excavator dan dump truck</i>	<i>Excavator, dump truck, bulldozer, dan vibrator roller</i>

Lanjutan Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu Dengan Penelitian Yang Akan Dilakukan

Perspektif	Penelitian					
	Arsyad (2021)	Sandi, dkk (2020)	Harjani (2019)	Safitri, dkk (2021)	Dwitama (2020)	Aini (2024)
Hasil	Didapatkan nilai produktivitas <i>excavator</i> sebesar 1536,08 m^3 /hari, sedangkan untuk <i>dump truck</i> didapatkan nilai produktivitas sebesar 386,141 m^3 /jam. Untuk mencapai durasi pekerjaan sesuai <i>schedule</i> , maka perlu menambahkan 3 buah <i>dump truck</i> dari ketersediaan yang ada.	Dari hasil analisis produktivitas menentukan bahwa letak material dan tempat pengerjaan, jumlah pekerja, <i>relaxation allowance</i> , alat dan materia yang digunakan adalah faktor-faktor yang mempengaruhi produktivitas pekerja pada pekerjaan kolom cendawan.	Alternatif 2 terbukti paling efektif untuk Proyek Penataan Landfill Zona B TPA Piyungan. Dengan 4 unit excavator Komatsu PC200-8 dan 2 unit bulldozer D85-10, proyek selesai dalam 493 jam (71 hari) dengan biaya Rp1.186.628.000,00. Alternatif ini mengurangi waktu pengerjaan sebesar 328 jam (39,95%) dan menghemat biaya Rp21.842.600,00 (1,81%) dibandingkan kondisi awal.	Direkomendasikan untuk menggunakan alternatif pertama dengan 4 unit Komatsu PC200, 2 unit Komatsu PC200, 2 unit Komatsu PC300, dan 19 unit dump truck. Waktu pengerjaan menjadi 70 hari, lebih cepat dibandingkan 75 hari di lapangan, dengan biaya Rp7.136.149.796.	Untuk proyek underpass Kentungan (Kaliurang), alternatif 3 adalah yang paling efisien. Menggunakan 1 unit excavator Komatsu PC 100, 6 unit dump truck, 2 unit excavator Komatsu PC 78 US, 2 unit excavator Komatsu PC 200, dan 24 unit dump truck kapasitas 5 m^3 , pekerjaan dapat selesai dalam 240,13 jam dengan biaya sewa Rp612.404.000.	Hail analisis ini mendapatkan nilai produktivitas alat berat dan kombinasi alternatif alat berat.

Berdasarkan table 2.1 Dalam penelitian terdahulu yang telah ditinjau, terdapat beberapa perbedaan dengan penelitian ini. Misalnya, kombinasi alat berat yang digunakan adalah *excavator* dan *dump truck* untuk mengangkut material dari *quarry* ke lokasi timbunan, sementara *bulldozer* dan *vibrator roller* digunakan untuk pekerjaan timbunan. Lokasi penelitian sebelumnya berbeda, yaitu di Purwomartani, Yogyakarta. Penelitian ini menilai volume pekerjaan, produktivitas alat berat, dan biaya yang dikeluarkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai produktivitas dan alternatif kombinasi alat berat yang efektif dan efisien pada pekerjaan timbunan proyek Jalan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Paket 1.2 Seksi Klaten – Purwomartani Sta 37+00 – Sta 37+650. Dengan indikator yang telah disebutkan, dapat disimpulkan bahwa penelitian ini memiliki perbedaan signifikan dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, sehingga keaslian penelitian ini dapat dipertanggung jawabkan.

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 penyelesaian sesuai volume pekerjaan yang dilakukan. Tetapi dalam menentukan volume pekerjaan, perlu diketahui jenis material yang akan dikerjakan.

3.2 Manajemen Proyek

3.2.1 Pengertian Manajemen Proyek

Manajemen merupakan suatu istilah kontemporer yang dikenal dan digunakan banyak organisasi, baik organisasi yang berkaitan dengan banyak orang ataupun individu. (Kamus Besar Bahasa Indonesia). Menurut Griffin (2013) manajemen adalah seperangkat kegiatan (termasuk perencanaan dan pengambilan keputusan, pengorganisasian, memimpin, dan mengendalikannya) diarahkan pada sumber daya organisasi (manusia, keuangan, fisik, dan informasi) dengan tujuan untuk mencapai tujuan organisasi dengan cara yang efisien dan efektif.

Manajemen proyek adalah sebuah perencanaan, pelaksanaan, pengendalian dan koordinasi suatu proyek dari awal (gagasan) hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya dan tepat mutu (Ervianto, 2005). Manajemen konstruksi dapat diaplikasikan oleh manajer proyek secara tepat. Sumber daya dalam proyek konstruksi dapat dikelompokkan menjadi *manpower*, *material*, *machines*, *money*, *method*.

3.2.2 Manajemen Pengelolaan.

Manajemen pengelolaan dalam proyek konstruksi dibagi menjadi 8 (delapan) fungsi dasar manajemen yang dikelompokkan dalam 3 (tiga) kelompok kegiatan) (Ervianto, 2005).

1. Kegiatan perencanaan

b. Penetapan tujuan (*goal setting*)

Tahap awal yang harus ditentukan terlebih dahulu menetapkan tujuan utama yang akan dicapai. Dalam menetapkan tujuan perlu diperhatikan bahwa tujuan yang ditetapkan harus realistis, spesifik, terukur dan terbatas waktu.

c. Perencanaan (*planning*)

Perencanaan dapat didefinisikan sebagai peramalan masa yang akan datang dan perumusan kegiatan-kegiatan yang akan dilakukan untuk mencapai tujuan yang ditetapkan berdasarkan peramalan tersebut. Bentuk perencanaan metode kerja, perencanaan standar pengukur hasil, perencanaan anggaran biaya, perencanaan program (rencana kegiatan beserta jadwal).

d. Pengorganisasian (*organizing*)

Kegiatan ini bertujuan melakukan pengaturan dan pengelompokan kegiatan proyek konstruksi agar kinerja yang dihasilkan sesuai dengan harapan. Tahap ini menjadi sangat penting karena ketidaktepatan pengatur dan mengelompokkan kegiatan yang berlangsung terhadap tujuan proyek akan berakibat langsung terhadap tujuan proyek.

2. Kegiatan pelaksanaan

a. Pengisian staf (*staffing*)

Definisi pengisian staf adalah pengerahan, penempatan, pelatihan, pengembanan tenaga kerja dengan tujuan menghasilkan koordinasi tepat personel (*right people*) tepat posisi (*right position*) dan tepat waktu (*right time*).

b. Pengarahan (*directing*)

Tahap pengarahan dapat didefinisikan sebagai kegiatan mobilisasi

sumber data-sumber daya yang dimiliki agar dapat bergerak sebagai kesatuan sesuai rencana yang telah dibuat. Termasuk di dalamnya adalah memberi motivasi dan melaksanakan koordinasi terhadap seluruh staf.

3. Kegiatan pengendalian

a. Pengawasan (*supervising*)

Pengawasan dapat didefinisikan sebagai interaksi langsung antara individu-individu dalam organisasi untuk mencapai kinerja dalam tujuan organisasi. Proses ini berlangsung secara kontinyu dari waktu ke waktu guna mendapatkan keyakinan bahwa pelaksanaan kegiatan berjalan sesuai produser yang ditetapkan untuk mencapai hasil yang diinginkan.

b. Pengendalian (*controlling*)

Pengendalian adalah proses penetapan atas apa yang telah dicapai, evaluasi kinerja dan langkah perbaikan bila diperlukan. Proses ini dapat dilakukan jika telah ada kegiatan perencanaan sebelumnya karena esensi pengendalian. Adalah membandingkan apa yang seharusnya terjadi dengan apa yang telah terjadi. Varian kedua kegiatan tersebut mencerminkan potret diri dari proyek tersebut.

c. Koordinasi (*coordinating*)

Pemantauan prestasi kegiatan dari pengendalian akan digunakan sebagai bahan untuk melakukan langkah perbaikan, baik proyek dalam keadaan terlambat atau lebih cepat. Semua permasalahan dalam proyek harus diselesaikan bersama antara pihak-pihak yang terlibat dalam proyek konstruksi sehingga diperlukan agenda acara yang mempertemukan semua unsur, kegiatan ini dinamakan koordinasi

3.2.3 Manajemen Konstruksi

Menurut Simamora (2024) Manajemen konstruksi adalah sumber daya yang terlibat dalam suatu proyek bangunan yang dapat diaplikasikan secara benar dan tepat. Sumber daya dalam proyek konstruksi dapat dikelompokkan dalam 5M (*manpower, material, machines, money and method*). Manajemen

telah banyak disebut sebagai “seni untuk dapat merealisasikan pekerjaan melalui orang lain”. Definisi ini memiliki arti bahwa para manajemen dapat mencapai suatu tujuan organisasi melalui pengaturan orang lain untuk bisa melaksanakan berbagai pekerjaan yang diperlukan, atau dengan kata lain tidak melakukan pekerjaan – pekerjaan itu sendiri. 5 Manajemen memang mempunyai pengertian yang lebih luas dari pada itu, akan tetapi definisi tersebut memberikan kenyataan bahwa manajemen dapat mengelola sumber daya manusia, bukan hanya material atau finansial. Selain itu, manajemen juga mencakup fungsi perencanaan (kegiatan yang akan dilakukan), pengorganisasian (perancangan dan penugasan kelompok kerja), penyusunan personalia (penarikan, seleksi, pengembangan pemberian kompensasi dan penilaian prestasi kerja), pengarahan (motivasi, kepemimpinan, integritas, dan pengelolaan konflik) serta pengawasan.

3.3 Manajemen Alat Berat

Purwanto (2020) menyatakan, pemilihan alat berat bisa dilihat dari *time schedule* yang ada di lapangan, karena disana ada urutan pengerjaan per hari dan ada item yang akan dikerjakan, sehingga kita dapat mengetahui alat apa yang digunakan, untuk penentuan biasanya pada tahap perencanaan, dimana jenis, jumlah dan kapasitas alat merupakan faktor-faktor penentu.

Berdasarkan faktor dalam pemilihan alat berat sehingga kesalahan dalam pemilihan tersebut dapat dihindari. Faktor-faktor tersebut antara lain:

1. Berdasarkan fungsi yang harus dilaksanakan.
Alat berat dikelompokkan. Berdasarkan fungsinya seperti menggali, mengangkut, meratakan permukaan, pemadatan dan lainnya.
2. Kapasitas peralatan
pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus diangkut harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan.
3. Cara operasi
Alat berat dipilih berdasarkan arah (*horizontal* maupun *vertical*) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi getaran.

4. Pembatasan dalam metode yang dipakai.

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

5. Ekonomi

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

6. Jenis proyek atau pekerjaan.

Ada beberapa jenis proyek atau pekerjaan yang umumnya menggunakan alat berat. Pekerjaan tersebut antara lain proyek gedung, pelabuhan jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutang, pertambangan dan perminyakan.

7. Jenis tanah dan daya dukung tanah.

Jenis tanah dilokasi pekerjaan dan jenis material yang akan dikerjakan dapat dipengaruhi alat berat yang akan dipakai. Tanah dalam kondisi padat lepas, keras atau lembek.

8. Kondisi lapangan.

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

Selain itu yang perlu diperhatikan dalam menyusun rencana kerja alat berat antara lain:

1. Volume pekerjaan yang harus diselesaikan dalam batas waktu tertentu.
2. Menentukan jenis dan jumlah alat berat yang diperlukan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan konstruksi.
3. Menentukan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan dalam sekali waktu.

3.4 Alat Berat

3.4.1 Pengertian Alat Berat

Alat berat yang sering dikenal di dalam ilmu teknik sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. alat berat merupakan faktor penting di

dalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala besar. Tujuan dari penggunaan alat-alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat (rochmanhadi, 1985).

Alat berat adalah alat yang sengaja diciptakan atau didesain untuk dapat melaksanakan salah satu fungsi atau kegiatan proses konstruksi yang sifatnya berat bila dikerjakan oleh tenaga manusia, seperti: mengangkut, memindah, mengangkat, memuat, menggali, mencampur dan seterusnya dengan cara yang mudah, cepat, hemat dan aman. (Arsyanto, 2008).

Dalam proyek pembangunan jalan tol Solo – Jogja, khususnya di area Klaten – Purwomartani, pekerjaan timbunan melibatkan penggunaan berbagai alat berat. *Excavator* digunakan untuk memuat material ke dalam bak *dump truck*. Selanjutnya, *dump truck* mengangkut material dari *quarry* ke lokasi timbunan. Setelah itu, *bulldozer* digunakan untuk meratakan material yang telah dibongkar dari *dump truck*, dan *vibrator roller* berfungsi untuk memadatkan tanah timbunan.

3.3.2 Alat Berat *Excavator*

Menurut Arista (2024) pada setiap proyek konstruksi pasti membutuhkan peralatan untuk membantu pekerjaan supaya lebih efektif dan efisien. Peralatan tersebut bisa berupa alat berat ataupun alat bantu konstruksi lainnya. Salah satu contoh alat berat yang sering ditemui pada proyek konstruksi adalah peralatan berat *excavator*. Alat berat yang terdiri dari beberapa bagian yang mempunyai fungsi masing-masing. Alat berat tersebut terdiri dari bahu, lengan, bucket atau alat keruk, kabin, *tracker*. Alat berat ini berguna untuk membantu pekerjaan pembongkaran bangunan, pembersihan lahan dan juga galian tanah. *Excavator* juga dapat digunakan untuk mengangkat dan memindahkan barang dengan ukuran yang besar dan berat.

Excavator adalah alat untuk pengangkut, pemuat, dan penggali tanpa berpindah tempat menggunakan tenaga *power take off* dari mesin dan terdiri dari tiga bagian utama (Rocmanhadi, 1982) dalam (arsyad, 2021) sebagaiberikut:

1. Alat putar bagian atas (*revolving unit*).
2. Alat perpindahan bagian bawah (*traveling unit*).
3. Bagian tambahan (*atthment*) dapat diganti sesuai.

Attachment yang penting adalah crane, shovel dipper, backhoe, dragline, dan clamshell. Pada *excavator* bagian bawah ada yang menggunakan roda rantai (*track/crawler*) dan ada juga yang dipasang diatas *truck* (*truck mounth*). Pada umumnya *excavator* mempunyai tigas pasang penggerak yaitu:

1. Alat penggerak untuk mengendalikan attachment. Mengangkat, menggali.
2. Alat penggerak untuk berputar *revolving unit*.
3. Alat penggerak untuk menjalankan *excavator* agar dapat berpindah-pindah.

Berikut adalah gambar *Excavator* merupakan alat yang berfungsi sebagai alat penggali maupu pemuat dengan jenis CAT seperti pada gambar 3.1



Gambar 3. 1 Excavtor CAT
(Sumber: Wattimena, 2023)

Pada gamar 3.1 dapat dilihat bahwa *excavator* memiliki fungsi dalam memudahkan pekerjaan penggali untuk memuat material agregat ke dalam bak dump truck dengan tenaga hidrolik mesin diesel dan berjalan diatas kaki roda rantai

3.3.3 Alat Berat *Dump Truck*

Pada pekerjaan pemindahan tanah menempuh jarak yang cukup jauh, pemilihan jenis alat pengangkut tentunya tergantung pada kondisi medan,

volume material, biaya, dan waktu. Menurut Rostiyanti (2008), kelebihan truck dibandingkan dengan alat yang lain adalah sebagai berikut.

1. Kecepatan yang lebih tinggi.
2. Kapasitas yang besar.
3. Biaya operasional yang rendah.
4. Kebutuhan dapat disesuaikan dengan kapasitas alat gali yang tersedia.

Dump truck berfungsi untuk pengangkutan jarak jauh yang lebih efisien seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3. 2 *Dump Truck* Isuzu
(Sumber:Kalalo 2020)

Dalam Gambar 3.2 dapat dilihat *dump truck* merupakan alat yang berfungsi untuk memindahkan dan mengangkut material hasil galian dari lokasi pekerjaan, baik berupa pasir maupun tanah untuk keperluan konstruksi dan *dump truck* juga berfungsi untuk mengangkut bahan yang diperlukan di lokasi konstruksi.

Rostiyanti (2008) dalam pemilihan ukuran dan konfigurasi *truck* ada beberapa faktor yang mempengaruhi, yaitu material yang akan diangkut dan *excavator* atau *loader* pemuat. *Truck* tidak hanya digunakan untuk pengangkutan tanah tetapi juga material-material lain. Untuk pengangkutan material tertentu, ada beberapa faktor yang harus diperhatikan yaitu:

1. Untuk batuan, dasar bak dilasi papan kayu agar tidak mudah rusak.
2. Untuk aspal. Bak dilapisi oleh solar agar aspal tidak menempel pada permukaan bak. Agar aspal tidak cepat dingin tutup bagian atas dengan terpal.
3. Untuk material lengket seperti lempung bash, pilih bak bersudut bulat.

Produktivitas alat berat selalu bergantung dari waktu siklus. Waktu siklus *truck* terdiri dari waktu pemuatan, waktu pengangkutan, waktu pembongkaran muatan, waktu kembali, dan waktu antre (Rostiyanti, 2008). Faktor yang mempengaruhi beberapa waktu tersebut adalah:

1. Waktu muat:
 - a. Ukuran dan jenis alat pemuat.
 - b. Jenis dan kondisi material yang dimuat.
 - c. Kapasitas alat angkut.
 - d. Kemampuan operator alat pemuat dan pengangkut
2. Waktu berangkat atau pengangkutan:
 - a. Jarak tempuh alat angkut.
 - b. Kondisi jalan yang dilalui (kelandaian, rollingresistnace)
3. Waktu pembongkaran:
4. Waktu kembali juga dipengaruhi oleh hal yang sama seperti waktu pengangkutan.
5. Waktu antre:
 - a. Jenis alat pemuat
 - b. Posisi alat pemuat
 - c. Kemampuan alat untuk berputar

3.3.4 Alat Berat *Bulldozer*

Menurut Purwanto, dkk (2016) dalam melaksanakan pekerjaan pemindahan tanah mekanis dengan menggunakan alat-alat berat. *Bulldozer* adalah suatu alat dimana traktor menjadi alat penggerak sekaligus juga tempat dudukannya. Kadang-kadang *bulldozer* juga disebut traktor yang diberikan suatu alat tambahan yang berupa pisau pendorong. Berdasarkan bladenya *dozer* dapat dibagi menjadi:

1. *Universal blade (U-Blade)*

Universal Blade pada umumnya digunakan untuk keperluan reklamasi tanah (*land reclamation*) dan pekerjaan penyediaan bahan (*stockpile work*). Hal ini dimungkinkan karena bentuk *blade* agak melengkung sehingga *bulldozer* dapat mendorong muatan lebih banyak, cocok untuk

mendorong tanah non kohesif.

2. *Stright Blade (S-Blade)*

Blade ini paling cocok untuk digunakan di segala macam medan (*heavy duty blade*) banyak di gunakan untuk mendorong material *cohesive*, penggalian struktur dan penimbunan dengan memiringkan *blade*, ujung blade dapat berfungsi untuk menggali tanah keras atau *boulder* dan lain-lain.

3. *Angling Blade (A-Blade)*

Angle blade biasanya digunakan untuk membuang muatan kesamping, pembukan jalan perintis, menggali saluran. Sangat efektif untuk pekerjaan *side hill cut* atau *back filling*.

4. *Cushion Blade (C-Blade)*

Blade ini dilengkapi dengan *rubber cushion* atau bantalan karet untuk meredam tumbukan. Biasanya blade ini digunakan untuk pemeliharaan jalan dan pekerjaan *dozing* lainnya.

Bulldozer memiliki kemampuan untuk mendorong lurus ke depan dan kemampuan untuk mendorong kesamping pada pekerjaan pemindahan material seperti pada gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Bulldozer
(Sumber:Kalalo 2020)

Pada gambar 3.3 dapat dilihat struktur *bulldozer* terdiri dari mesin penggerak (*engine*), penghubung tenaga, *attachment*, dan badan (*body*).

3.3.5 Alat Berat *Vibrator Roller*

Vibrator roller adalah versi lain dari *tandem roller* yang juga berfungsi

sebagai alat pemadat yang roda depannya terbentuk penggilas getar. Menurut Rochmanhadi (1992) dalam Arsyad (2021) *vibration roller* memiliki efisiensi pemadatan yang sangat dan memungkinkan untuk digunakan secara luas pada tiap jenis pekerjaan pemadatan. Akibat dari efek *vibrator roller* adalah gaya dinamis terhadap tanah atau permukaan cenderung mengisi bagiankosong yang ada diantara butirannya. Sehingga getaran ini mengakibatkan tanah menjadi padat dengan susuna yang seragam. Ada 3 faktor yang harus diperhatikan dalam proses pemadatan dengan menggunakan *vibrator roller* (Rochmanhad, 1992) dalam (Arsyad, 2021).

1. Frekuensi getaran.
2. Amplitude getaran.
3. Gaya sentrifugal.



Gambar 3. 4 Vibrator Roller
(Sumber: sakainet, 2012)

Pada gambar 3.3 dapat dilihat bahwa roda depan dan belakang *vibrator roller* memiliki jenis yang berbeda. Roda depan terbuat dari besi yang dilengkapi dengan fungsi getar sedangkan roda belakang sebagai tenaga pendorong menggunakan roda karet.

3.5 Produktivitas Alat Berat

3.6.1 Pengertian Produktivitas

Berikut ini definisi yang menjelaskan produktivitas yang didapat dari berbagai literatur antara lain.

1. Ervianto (2004) dalam Prasetyo (2022)

Produktivitas didefinisikan sebagai rasio antara *output* dan *input*, atau rasio antara hasil produk dengan total sumber daya yang digunakan. Selain itu beliau mengungkapkan dalam jurnal berjudul pengukuran produktivitas kelompok pekerja bangunan dalam proyek konstruksi “2008”, pengertian produktivitas tersebut dihubungkan dengan produktivitas pekerja dan dapat dijabarkan sebagai perbandingan antara hasil kerja dan jam kerja.

2. Menurut Rostiyanti (2008)

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.

3.6.2 Material Timbunan

Sebelum pelaksanaan pekerjaan tanah, perlu diketahui sifat dari tanah yang akan diolah. Pekerjaan tanah yang berhubungan dengan pemindahan, pembuangan dan penempatan akan merubah sifat – sifat tanah tersebut karena mengalami perubahan dalam volume dan kepadatan. Berikut kondisi tanah yang memengaruhi volume:

1. Keadaan Asli (*insitu*)

Adalah keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan teknologi (digali, dipindahkan, dipadatkan, dll).

2. Keadaan Gembur (*Loose*)

Adalah material yang digali dari tempat asalnya (kondisi asli). Tanah akan mengalami perubahan volume yaitu mengembang dikarenakan adanya penambahan rongga udara diantara butiran – butiran material.

3. Keadaan Padat (*Compact*)

Suatu kondisi dimana akan mengalami proses pemadatan, dimana akan menyusun volume tanah. Perubahan volume tersebut terjadi karena hilangnya rongga udara diantara butiran – butiran material tersebut.

Sifat – sifat tanah seperti dipengaruhi oleh keadaan tanah asli tersebut,

karena bila tanah dipindahkan dari tempat aslinya, maka akan terjadi perubahan isi dan kepadatan dari tempat asli. Oleh sebab itu dari data – data tanah diatas dikonversikan pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Konversi Tanah

Jenis Tanah	Kondisi Tanah Semula	Kondisi Tanah yang Akan dikerjakan		
		Asli	Lepas	Padat
Tanah pasir	(A)	1,00	1,11	0,95
	(B)	0,90	1,00	0,86
	(C)	1,05	1,17	1,00
Tanah Biasa	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,80	1,00	0,63
	(C)	1,11	1,59	1,00
Tanah Liat	(A)	1,00	1,18	1,08
	(B)	0,85	1,00	0,91
	(C)	0,93	1,09	1,00
Tanah Campur Kerikil	(A)	1,00	1,13	1,03
	(B)	0,88	1,00	0,91
	(C)	0,97	1,10	1,00
Kerikil	(A)	1,00	1,65	1,22
	(B)	0,70	1,00	0,74
	(C)	0,77	1,10	1,00
Kerikil Kasar	(A)	1,00	1,65	1,22
	(B)	0,77	1,00	0,74
	(C)	0,77	1,10	1,00
Pecahan Cadas	(A)	1,00	1,70	1,31
	(B)	0,61	1,00	0,77
	(C)	0,82	1,30	1,00
Pecahan Granit	(A)	1,00	1,75	1,40
	(B)	0,57	1,00	0,80
	(C)	0,71	1,24	1,00
Pecahan Batu	(A)	1,00	1,75	1,40
	(B)	0,57	1,00	0,80
	(C)	0,71	1,24	1,00
Batuan Hasil Peledakan	(A)	1,00	1,80	1,30
	(B)	0,56	1,00	0,72
	(C)	0,77	1,38	1,00

(sumber: Nugraha, 2020)

Keterangan: (A) Tanah Asli
 (B) Tanah Lepas
 (C) Tanah Padat

3.6.3 Waktu Siklus

Menurut Roastiyanti (2008) dalam arsyad (2021) dalam siklus kerja dalam pemindahan material merupakan suatu kegiatan yang dilakukan berulang. Pekerjaan utama didalam kegiatan tersebut adalah menggali, memuat, memindahkan, membongkar muatan dan kembali ke kegiatan awal. Semua kegiatan tersebut dapat dilakukan oleh beberapa alat.

Waktu yang diperlukan dalam siklus kegiatan disebut waktu siklus atau *cycle time* (CT). Waktu siklus terdiri dari beberapa unsur yaitu, waktu muat atau *loading time* (LT), waktu angkut atau *hauling time* (HT), waktu kembali atau *return time* (RT), waktu pembongkaran atau *dumping time* (DT), dan unsur yang terakhir yaitu waktu tunggu atau *spotting time* (ST)

Meneurut rostiyanti (2008) dalam Harjani (2023) *loading time* (LT) merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu alat oleh suatu alat untuk memuat material ke dalam alat angkut sesuai dengan kapasitas angkut alat tersebut. Nilaia LT dapat ditentukan walaupun tergantung dari jenis tanah, ukuran unit pengangkutan (*blade, bowl, bucket, dst*) dan metode dalam pemuatan sesuai efisiensi alat. Waktu angkut atau *hauling time* (HT) merupakan waktu yang diperlukan suatu alat untuk bergerak dari tempat pemuatan ke tempat pembongkaran. Waktu tergantung dari jarak angkut, kondisi jalan, tenaga alat dan lain-lain. Pada saat alat kembali ketempat pemuatan maka waktu yang diperlukan untuk kembali disebut waktukembali atau *return time* (RT), waktu kembali lebih simgkat karena keadaan kembali dalam keadaan kosong muatan. Waktu pembongkaran atau *Dumping time* (DT), tergantung dari jenis tanah, jenis alat dan metode yang dipakai. Waktu tunggu *Spotting time* (ST) adalah saat alat kembali ketempat pemuatan dan menunggu sampai alat diisi kembali.

Waktu siklus memiliki pengaruh yang bsar terhadap produksi kerja alat berat karena besar atau kecilnya sebuah waktu siklus akan sangat berpengaruh dan menjadi penentu produktivitas alat berat itu sendiri, dapat dilihat pada tabel

3.2 sebagai berikut.

Tabel 3.2 Komponen Waktu Siklus

Jenis Alat	Waktu Siklus			
	I	II	III	IV
<i>Excavator</i>	Waktu gali	Waktu putar isi ulang	Waktu buang	Waktu bongkar kosong
<i>Dump truck</i>	Waktu muat	Waktu angkut	Waktu buang	Waktu kembali
<i>Bulldozer</i>	Waktu medorong kembli	Waktu Kembali mundur	Waktu ganti persneling	-
<i>Vibrator roller</i>	Waktu compact	Waktu lain	-	-

(sumber: Suhender, 2006)

Pada Tabel 3.2 dapat dilihat bahwa waktu siklus dalam pengoperasian alat berat sangat berpengaruh dalam menentukan produktivitas pekerjaan konstruksi.

3.6.4 Efisiensi Kerja Alat

Menurut Rostiyanti (2008) dalam Arsyad (2021) besar nilai efisiensi kerja ini sulit ditentukan secara tetap tetapi berdasarkan pengalaman-pengalaman dapat ditentukan efisiensi kerja yang mendekati kenyataan. Efektivitas alat tersebut bekerja tergantung dari beberapa hal yaitu:

1. Kemampuan operator pemakaian alat
2. Pemilihan dan pemeliharaan alat.
3. Perencanaan dan pengaturan letak alat
4. Topografi dan volume pekerjaan
5. Kondisi cuaca
6. metode pelaksanaan alat

Nilai efisiensi kerja alat berat dapat dilihat dari kondisi operasi alat berat

yang digunakan pada proyek pekerjaan. Menurut Rochmanhadi (1986) dalam Arsyad (2021) nilai-nilai efisiensi alat kondisi operasi alat berat digunakan untuk menghitung produktivitas sebuah alat berat seperti yang dapat dilihat table 3.3

Tabel 3.3 Efisiensi Kerja

Kondisi operasi alat berat	Peliharaan mesin				
	Sangat baik	baik	Sedang	Buruk	Sangat buruk
Baik sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,61	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
Buruk sekali	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

(sumber: Permen PUPR, Nomor 01, 2022)

Dari tabel 3.3 dapat dilihat bahwa kondisi operasi alat berat dan pemeliharaan mesin memiliki pengaruh dalam menentukan produktivitas pekerjaan konstruksi. Selain menggunakan faktor efisiensi kerja diatas, dapat juga digunakan berdasarkan pengalaman pemakaian peralatan dilingkungan DPU (departemen pekerjaan umum), maka besarnya faktor faktor yang mempengaruhi hasil produksii peralatan, ditetapkan sebagai berikut:

1. Faktor peralatan
 - Untuk peralatan yang masih baru = 1,00
 - Untuk peralatan yang baik (lama) = 1,00
 - Untuk peralatan yang rusak = 0,8
2. Faktor operator
 - Untuk operator kelas 1 = 1,00
 - Untuk operator kelas II = 1,00
 - Untuk operator kelas III = 0,70
3. Faktor material
 - Faktor kohesi = 0,75 – 1,00

	Faktor non kohesi	= 0,60 – 1,00
4.	Faktor manajemen dan sifat manusia	
	Sempurna	= 1,00
	Baik	= 0,92
	Sedang	= 0,82
	Buruk	= 0,75
5.	Faktor cuaca	
	Baik	= 1,00
	Sedang	= 0,80
6.	Faktor kondisi lapangan	
	Berat	= 0,70
	Sedang	= 0,80
	Buruk	= 1,00

Untuk memberikan estimasi besaran pada setiap faktor di atas adalah sulit sehingga untuk mempermudah pengambilan nilai yang digunakan, faktor – faktor tersebut digabungkan menjadi satu yang merupakan faktor kondisi kerja secara umum. Selanjutnya faktor tersebut digunakan sebagai faktor efisiensi kerja alat (E) (Handayani 2017). Adapun rumus untuk mencari nilai faktor efisiensi kerja alat dapat dilihat pada persamaan 3.1.

$$\text{Faktor efisinsi kerja alat} = \frac{\text{rata-rata alat bekerja}}{60} \times 100 \% \quad (3.1)$$

Dimana,

E = efisiensi kerja alat

Rata – rata alat bekerja = rata – rata alat bekerja selama 1 jam

3.6.5 Produktivitas Alat Bera *Excavator*

Menurut Rochmanhadi (1992) dalam Harjani (2023) *excavator* adalah alat untuk menggali, mengangkat, ataupun memuat tana harus berpindah tempat dengan menggunakan tenaga *power take off* dari mesin yang dimiliki, terdiri dari tiga bagian utama sebagai berikut.

1. Bagian atas atau *revolving* unit yang dapat berputar.

2. Bagian bawah atau *travelling* unit untuk berpindah.
3. Bagian tambahan atau *attachment* yang dapat diganti

Waktu siklus *excavator* terdiri dari 4 komponen yaitu:

1. Waktu mengisi *bucket*/gali (*excavating time*)
2. Waktu putar isi (*loaded swing time*)
3. Waktu buang/bongkar (*dumping time*)
4. Waktu putar kosong (*empty swing time*)

Adapun rumus umum untuk mencari produksi kerja *excavator* dapat dilihat pada persamaan 3.2

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{ctm} \quad (3.2)$$

Dimana:

- Q = Produksi per jam (m^3 /jam)
q = produksi per siklus (m^3 /jam)
E = efisiensi kerja alat
ctm = waktu siklus (detik)

Untuk menentukan produksi per siklus *excavator* dapat dilihat pada persamaan 3.3

$$q = q_1 \times K \quad (3.3)$$

Dimana:

- Q1 = kapasitas *bucket*
K = faktor *bucket*

Untuk menetapkan faktor *bucket*, dibutuhkan data yang sesuai dengan apa yang dilakukan *excavator* di lapangan. Berikut adalah Tabel 3.4 yang menunjukkan kondisi pemuat *bucket* pada *excavator*.

Tabel 3.4 Faktor *Bucket Excavator*

Kondisi pemuat		Faktor
Ringan	Menggali dan memuat dari <i>stockpile</i> atau material yang telah dikeru oleh <i>excavator</i> lain, yang tidak diperlukan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam <i>bucket</i> , pasir, tanah berpasir, tanah kolodial dengann kadar air sedang.	0,8 – 1,00
Sedang	Pada kondisi ini menggali dan memuat <i>stockpile</i> lepas dari tanah yang keras untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hampir munjung, pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran, tanah liat, grever yang belum disaring, pasir yang telah memandt dan sebagainya, atau menggali dan memuat grever langsung dari bukit grever asli.	0,6 – 0,8
Agak sulit	Pada kondisi ini <i>bucket</i> dapat memuat tanah liat yang keras, campur kerikil, tanah berpasir, tanah kolodial liat dan btatu pecah. Akan tetapi pada kondisi ini sulit untuk mengisis <i>bucket</i> .	0,5 – 0,6
Sulit	Pada kondisi ini <i>bucket</i> dapat memuat dan menggali bongkahan batuan besar yang tak beraturan. Karena ukuran dan bentuknya tidak beraturan <i>bucket</i> akan sulit menampung material tersebut sehingga daya tamping <i>bucket</i> tidak menghasilkan daya tamping maksimal	0,4 – 0,5

(sumber: Rochmanhadi, 1998 dalam Rizaldi, 2024)

Waktu siklus memiliki pengaruh yang bsar terhadap produksi kerja alat berat karena besar atau kecilnya sebuah waktu siklus akan sangat berpengaruh

dan menjadi penentu produktivitas alat berat itu sendiri, dapat dilihat pada tabel 3.5 sebagai berikut.

Tabel 3.5 Komponen Waktu Siklus

Jenis Alat	Waktu Siklus			
	I	II	III	IV
<i>Excaavator</i>	Waktu gali	Waktu putar isi ulang	Waktu buang	Waktu bongkar kosong

(sumber: Rochmanhadi, 1998 dalam prasetyo, 2023)

Nilai waktu siklus dapat dicari menggunakan persamaan 3.4

$$C_m = \text{waktu gali} + (2 \times \text{waktu putar}) + \text{waktu buang} \quad (3.4)$$

Untuk faktor konversi kedalaman galian (F_v) telah diatur dalam permen PUPR Nomor 28 Tahun 2016 tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum seperti pada tabel 3.6. sebagai berikut.

Tabel 3.6 Faktor Konversi Galian (F_v) Untuk Alat *Excavator*

Kondisi Galian (Kedalaman galian / Kedalaman Galian Maksimum)	Kondisi Membuang / Menumpahkan (Dumping)			
	Mudah	Normal	Agak Sulit	Sulit
<40%	0,7	0,9	1,1	1,4
(40-50) %	0,8	1	1,3	1,6
>75%	0,9	1,1	1,5	1,8

(sumber: Rochmanhadi, 1998 dalam Rizaldi, 2024)

Jenis material dalam proyek yang diamati memiliki dampak signifikan terhadap perhitungan produktivitas *excavator*. Kondisi material ini juga dapat diperiksa langsung di lapangan melalui pengamatan. Penentuan waktu siklus *excavator* bergantung pada pemilihan kapasitas *bucket* (Rostiyanti, 1999) dalam (Arsyad, 2021). Nilai faktor pengisi *bucket excavator* dapat ditemukan pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Faktor Pengisian *Bucket* Untuk *Excavator*

Material	Faktor Pengisi Bucket
Tanah Biasa, Lempung	0.8 – 1.1
Pasir dan kerikil	0.9 – 1
Lempug Padat	0.65 – 0.95
Lempung Basah	0.5 – 0.9
Batu, Pecahan Sempurna	0.7 – 0.9
Batu, Pecahan Buruk	0.4 – 0.7

(sumber: Rochmanhadi, 1998 dalam Peurifoy, 2006)

Tabel 3.7 menunjukkan bahwa berbagai nilai faktor pengisi *bucket excavator* memengaruhi produktivitas kerja sesuai dengan jenis material yang diangkut, mulai dari tanah liat hingga batu pecah. Waktu putar dipengaruhi oleh sudut putaran pada tabel. Waktu putar dapat dilihat pada tabel 3.8. sebagai berikut.

Tabel 3.8 Waktu Putar *Excavator*

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

(sumber: Rochmanhadi, 1998 dalam Harjani, 2023)

3.6.6 Produktivitas Alat Berat *Dump truck*

Dump truck adalah kendaraan yang digunakan untuk mengangkut bahan material untuk keperluan konstruksi. Menurut Arsyad (2021), analisis produktivitas *dump truck* dilakukan dengan menghitung kapasitas alat tersebut dalam mengangkut atau memindahkan material dari satu lokasi ke lokasi lain. Dalam perhitungan produktivitas *dump truck*, beberapa faktor pengaruh dapat digunakan dalam analisis produktivitas, seperti berikut:

1. Produktivitas per jam

Hadiharja (1998) dalam Arsyad (2021) Produktivitas per jam merujuk pada kapasitas produksi alat berat selama satu jam kerja. Untuk

menghitung jumlah produksi *dump truck* per jam setelah bekerja secara kontinu, dapat digunakan rumus yang tertera pada Persamaan 3.5.

$$Q = \frac{C \times 60 \times Et}{Ctm} \quad (3.5)$$

Dimana:

- Q = produksi per jam (*jam*)
- C = produksi per siklus (m^3)
- Et = Faktor efisiensi kerja *dump truck*
- Ctm = waktu siklus *dump truck*

2. Produksi per siklus

Produksi per siklus mengacu pada kapasitas alat berat untuk menyelesaikan pekerjaan dalam satu kali kegiatan atau siklus. Untuk menghitung produksi *dump truck* per siklus, dapat digunakan rumus yang terdapat pada Persamaan 3.6.

$$C = q \times k \quad (3.6)$$

Dimana:

- C = produktivitas per siklus
- q = kapasitas *bucket*
- k = faktor *bucket*

3. Waktu tempuh HT (*Hauling Time*)

Waktu tempuh *dump truck* adalah durasi yang dibutuhkan untuk menempuh jarak dari lokasi material (seperti *quarry*, *stockyard*, dan lain-lain) menuju lokasi pekerjaan. Penghitungan waktu tempuh dapat dilakukan dengan menggunakan rumus yang tertera pada Persamaan 3.7.

$$HT = \frac{D}{V_t} \quad (3.7)$$

Dimana:

- HT = Waktu tempuh
- D = Jarak angkut (meter)

V_t = kecepatan rata – rata saat muatan penuh

4. Waktu bongkar DT (*Dumpling Time*)

Perhitungan waktu bongkar *dump truck* mencakup durasi yang dibutuhkan untuk proses pembongkaran (*dumping*) material yang telah diangkut ke lokasi pekerjaan. Waktu bongkar dapat dihitung dengan menggunakan rumus yang terdapat pada Persamaan 3.8.

$$DT = \frac{D}{V_2} \quad (3.8)$$

Dimana:

DT = Waktu bongkar

D = Jarak angkut (meter)

V_2 = kecepatan rata – rata waktu muatan kosong (m/menit)

5. Waktu muat TL (*loading time*)

Waktu muat *dump truck* adalah durasi yang diperlukan untuk memuat material ke dalam bak *dump truck* dengan bantuan *excavator*. Penghitungan waktu muat dapat dilakukan menggunakan rumus yang terdapat pada Persamaan 3.9.

$$TL = \frac{Cd}{q_1} \times K \times C_m \quad (3.9)$$

Dimana:

TL = waktu muat

C_d = kapasitas *dump truck* (m^3)

C_m = waktu siklus (CT)

q_1 = kapasitas *bucket* alat pemuat (m^3)

K = faktor *bucket*

Untuk mengetahui waktu tunggu dan bongkar alat berat *dump truck*, dapat mengambil acuan dari tabel 3.9.

Tabel 3.9 Waktu Tunggu Dan Bongkar

Kondisi Operasi Pekerjaan	T1 (Menit)
Baik	0,5 – 0,7
Sedang	1,0 – 1,3
Kurang	1,5 – 2,0

(sumber: Rochmanhadi, 1998 dalam Nurbai, 2022)

Dari table 3.9 dapat dilihat kapasitas waktu tunggu dan bongkar serta perkiraan waktu yang diperlukan.

3.6.7 Produktivitas Alat Berat *Bulldozer*

Menurut Rostiyanti (2008), produktivitas Bulldozer tergantung pada kemampuan traktor, kapasitas blade, dan jarak tempuh . kemampuan traktor dapat dilihat melali waktu siklus alat berat melakukan pekerjaan. Waktu siklus *bulldozer* dapat dihitung menggunakan persamaan 3.10.

$$CT = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \quad (3.10)$$

Dimana:

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 perseling dapat dilihat pada tabel 3.10 sebagai berikut.

Tabel 3. 10 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, 1998 dalam Harjani, 2023)

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 bash akan mengakibatkan daya dorong terhadap material tinggi dan berpengaruh terhadap waktu lamanya penggusuran.

3. Keterampilan operator

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

Menurut rostyanti (2008) dalam Harjani (2023), nilai produksi *bulldozer* ini dapat dihitung menggunakan persamaan 3.11 berikut:

$$Q = V \times \frac{3600}{CT} \times E \quad (3.11)$$

Dimana:

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

V = kapasitas alat (m^3)

CT = waktu siklus dalam detik

E = efisiensi kerja

Kapasitas *blade* dapat dicari menggunakan persamaan 3.10 berikut:

$$V = L \times H^2 \times a \quad (3.12)$$

Dimana:

L = lebar *blade* (m)

H = tinggi *blade* (m)

a = faktor *blade*

Nilai faktor *blade* ini, dapat dilihat pada tabel 3.11 sebagai berikut.

Tabel 3.11 Faktor *Blade Bulldozer*

Derajat Pelaksanaan Penggusuran		Faktor <i>Blade</i>
Penggusuran ringan	Tanah lepas, kadar air rendah, tanah berpasir, tanah biasa (sudu penuh)	1,1 – 0,9
Penggusuran sedang	Tanah lepas (sudu tidak penuh), tanah bercampur kerikil, split atau batu pecah	0,9 – 0,7
Penggusuran agak sulit	Kadar air tinggi agar tanah liat, pasir bercampur kerikil, tanah liat yang sangat kering, tanah asli	0,7 – 0,6
Penggusuran sulir	Batu hasil ledakan, batu berukuran besar	0,6 – 0,4

(Sumber: Rochmanhadi, 1998 dalam Harjani, 2023)

3.6.8 Produktivitas Alat Berat *Vibrator Roller*

Pada umumnya perhitungan produktivitas untuk alat pemadat sama. Mulai dari *Smooth steel roller*, *tandem roller*, *pneumatic tire roller*, dan *sheep foot rollers*. Hal ini menjadi perbedaan hanyalah fungsi yang berbeda – beda dari masing – masing alat pemadat. Adapun cara dalam menghitung produktivitas *Vibrator roller* menurut Rochmanhadi (1986) dalam Arsyad (2021) adalah menggunakan persamaan 3.13.

$$Cm^3/jam = \frac{W \times L \times S}{P} \quad (3.13)$$

Dimana:

W = lebar pemadatan dalam satu laluan (meter untuk satuan metrik)

L = lebar lapisan (cm)

S = kecepatan rata – rata (km/jam)

P = Jumlah pass yang diperukan untuk kepadatan

Dalam menghitung produktivitas *vibrator roller* telah diatur dalam permen PU No 28 Tahun 2016 Tentang Analisi Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum seperti dapat dilihat pada persamaan 3.14

$$Q = \frac{(be \times V \times 1000) \times t \times Fa}{n} \quad (3.14)$$

Dimana:

be = lebar efektif pemadatan = b – bo (*overlap*) (m)

b = lebar efektif pemadatan (m)

bo = lebar *overlap* (m)

V = kecepatan rata – rata (km/jam)

n = jumlah lintasan

fa = faktro efisiensi alat

t = tebal lapisan (m)

1000 = kalian dari Km ke m

3.6 Pekerjaan Timbunan

3.6.1 Sumber Penggunaan Material

Pekerjaan timbunan meliputi penimbunan untuk badan jalan serta melakukan pemadatan tanah. Material timbunan yang digunakan dari bahan hasil galian setempat atau dapat didatangkan dari tempat lain (*borrow pit*).

1. Timbunan Tanah biasa Timbunan tanah biasa merupakan pekerjaan timbunan tanah kembali dari hasil galian tanah yang terdiri dari bahan galian tanah atau bahan galian batu yang memenuhi syarat untuk digunakan dalam pekerjaan permanen sesuai standar (AASHTO) atau yang disetujui pemilik pekerjaan yaitu AASHTO T89-90 tentang pengujian tanah plastis, AASHTO T90-87 tentang metode pengujian kepadatan ringan untuk tanah, AASHTO T99-90 tentang metode pengujian kepadatan berat untuk tanah, AASHTO T180-90 tentang Pengujian kepadatan lapangan dengan alat konus pasir, AASHTO T191-86 tentang Metode pengujian CBR di laboratorium, serta AASHTO T145-73 tentang klasifikasi tanah dan agregat untuk pekerjaan jalan raya. Tanah yang memenuhi syarat untuk timbunan kembali yaitu tanah yang 58 bersifat anorganik, tanah yang tidak mengandung sejumlah besar akar atau bahan tetumbuhan lainnya dan tanah non-plastis yang tidak

mengakibatkan penurunan atau settlement yang berlebihan jika dilakukan pemadatan dan pemberian beban di atasnya.

2. Timbunan tanah pilihan Timbunan pilihan digunakan untuk meningkatkan kapasitas daya dukung tanah dasar pada lapisan penopang (*capping layer*) di daerah galian. *Borrow material* dipilih sesuai dengan spesifikasi yang berlaku. Material yang digunakan harus bebas dari bahan-bahan organik seperti daun, rumput, dan kotoran.

Material timbunan harus memenuhi syarat sebagai berikut:

1. Timbunan hanya boleh diklarifikasi sebagai “timbunan pilihan” bila digunakan pada lokasi atau untuk maksud yang telah ditentukan atau disetujui secara tertulis oleh pengawas.
2. Timbunan yang diklarifikasi sebagai timbunan pilihan harus terdiri dari bahan tanah berpasir (*sandy clay*) atau padas yang memenuhi persyaratan dan sebagai tambahan harus memiliki sifat tertentu tergantung maksud penggunaannya. Dalam segala hal, seluruh urungan pilihan harus memiliki CBR paling sedikit 10% bila diuji sesuai dengan (AASHTO T 193)

3.6.2 Speifikasi Teknis Tanah Timbunan

kepadatan yang disyaratkan untuk setiap lapisan timbunan sebagai berikut:

1. Lapisan yang berada lebih dari 30 cm di bawah subgrade harus dipadatkan hingga mencapai 95% dari kepadatan kering maksimum sesuai ketentuan SNI 1742 2008 (AASHTO T99-15 (2015)). Untuk semua jenis tanah, kecuali material urugan batu, yang mengandung lebih dari 10% material *over size* yang tertahan ayakan 19,0 mm (3/4 inchi), kepadatan kering maksimum yang diperoleh harus dikoreksi sesuai jumlah kandungan material *over size*.
2. Lapisan 30 cm atau kurang di bawah elevasi *subgrade* harus dipadatkan hingga mencapai 100% kepadatan kering maksimum yang ditentukan dengan SNI 1742: 2008 (AASHTO T99-15(2015)) 59
3. Pemadatan timbunan tanah dilaksanakan jika kadar air tanah berada dalam rentang 3% di bawah kadar air optimum sampai 1% di atas kadar air optimum. Jika material tidak mengandung kadar air yang memadai maka

harus ditambah kadar airnya dengan cara disiram hingga mendekati kadar air pemadatan.

3.7 Kombinasi Alat Berat

Kombinasi alat berat merupakan salah satu cara untuk menentukan alat berat yang akan dipakai, jumlah alat berat yang akan dipakai. Pekerjaan timbunan membutuhkan beberapa kombinasi alat berat untuk menyelesaikannya. Maka dari itu dibutuhkan beberapa kombinasi alat berat untuk mengetahui produktivitas alat berat tersebut (Kurniawan, dkk, 2023). Pemilihan dan kombinasi yang tepat bertujuan untuk mendapatkan produktivitas pekerjaan yang optimum, sehingga diperoleh pelaksanaan pekerjaan dengan biaya dan waktu terbaik. Untuk mendapatkan jumlah masing – masing alat tersebut, perlu diketahui terlebih dahulu produktivitas masing – masing alat (Octavia, dkk, 2021).

3.8 Metode *Time Study*

Metode pengukuran menggunakan metode *time study*. Metode *time study* (pembelajaran waktu) adalah metode pengukuran dilapangan dengan cara penentuan waktu standar untuk suatu pekerjaan yang dikembangkan oleh F.W Taylor untuk menentukan sistem pekerjaan yang baik. Kegunaan utama dari *time study* adalah untuk menghasilkan waktu standar suatu pekerjaan dengan kondisi tertentu, sehingga dapat dihitung produktivitasnya (Trisiany dan Halim, 2006) dalam (Arsyad, 2021).

Metode *time study* adalah metode yang paling sering digunakan dalam pengamatan langsung dilapangan karena memiliki manfaat dan kegunaan yang baik sehingga lebih efektif digunakan dalam pengamatan. Metode *time study* bertujuan untuk memeriksa pelaksanaan suatu kegiatan, menyederhanakan atau memodifikasi metode operasional untuk mengurangi pekerjaan yang tidak perlu atau berlebihan, pemborosan sumber daya, dan menetapkan standar waktu untuk menyelesaikan kegiatan produksi (Miranda dan tripiawan, 2019) dalam (Aliami, 2022). Manfaat dan kegunaan dari metode *time study* adalah sebagai berikut (Leonart, 2015) dalam (Arsyad, 2021):

1. Menghasilkan waktu standar suatu pekerjaan dengan kondisi tertentu, setelah itu dapat dihitung produktivitasnya.
2. Mempelajari suatu jenis pekerjaan proyek.
3. Mencocokkan bila ada complain mengenai target yang ketat.
4. Perencanaan dan penjadwalan proyek.
5. Meneliti keterlambatan yang terjadi.
6. Mengamati efektivitas kerja untuk berbagai operasi yang membantu dalam menentukan upah dan insentif.

Dalam metode *time study* terdapat Teknik pengukuran yang dapat dilakukan sesuai kondisi (Leonart 2015) dalam (Arsyad 2021). Teknik pengukuran dalam metode *time study* terdiri dari dua cara yaitu sebagai berikut:

3. Teknik pengukuran langsung adalah pengukuran waktu kerja yang dilakukan secara langsung terhadap objek. Metode yang dipake dalam Teknik pengukuran langsung adalah jam henti dan work sampling.
4. Teknik pengukuran tidak langsung
Adalah pengukura waktu kerja yang dilakukan melalui pedekatan tabel waktu beku.

Pengukuran produktivitas alat berat pada penelitian ini menggunakan metode *time study*. Metode ini mengacu pada penelusuran dan mempelajari suatu system pekerjaan secara sistematis dan mengembangkan metode dengan metode lebih baik yang dilakukan dengan penggunaan *resource* dan waktu yang lebih optimal. Metode *time study* merupakan pengamatan langsung secara terus menerus terhadap kegiatan kegiatan/aktivitas yang akan diamati. Untuk melaksanakan metode ini, ada dua macam Teknik, yaitu dengan menggunakan *stopwatch* dan penggunaan video kamera.

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Metode Penelitian

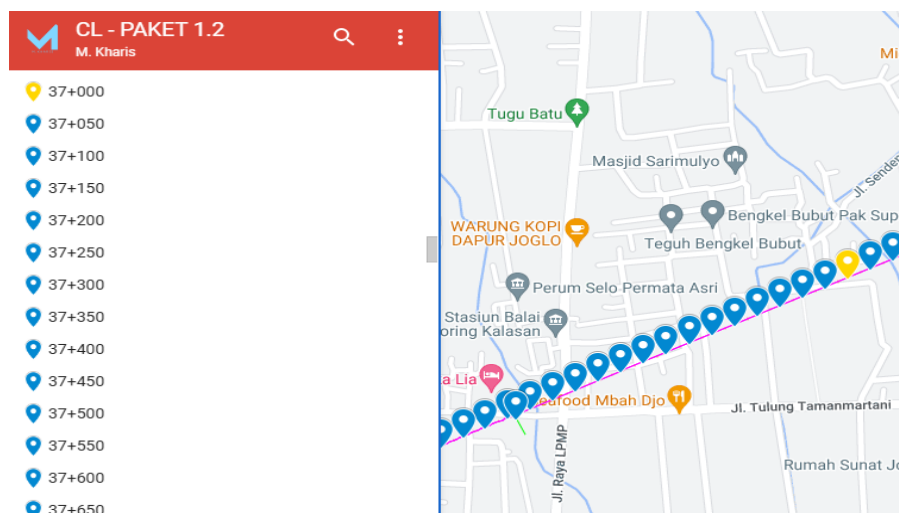
Metode penelitian adalah langkah-langkah yang direncanakan dan dilakukan oleh peneliti dalam rangka mengumpulkan data atau informasi serta melakukan penyelidikan pada data yang telah didapatkan yang bertujuan untuk menguji dan membuktikan kebenaran dari pengetahuan yang sudah ada. Penelitian ini menggunakan cara pengukuran secara langsung yaitu dengan mengamati secara langsung pekerjaan yang dilakukan oleh operator dan mencatat waktu yang diperlukan. Konsep pendekatan yang digunakan dalam penelitian menggunakan metode *time study*, yaitu teknik pengukuran pekerjaan dengan cara pengumpulan data berdasarkan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu pekerjaan. Metode *time study* digunakan untuk menghitung nilai *standard time* suatu pekerjaan (pawiro, 2015) dalam (Sandi, dkk, 2020)

Dalam metode penelitian Tugas Akhir ini menjelaskan tentang lokasi penelitian, alat yang digunakan pada pekerjaan timbunan, melakukan studi Pustaka dan landasan teori, melakukan pengumpulan data baik primer maupun sekunder. Oleh karena itu diperlukan suatu analisa terhadap pemakain alat berat yang akan digunakan, sehingga dapat dihasilkan alternatif alat berat yang tepat untuk pembangunan suatu proyek. Salah satu pekerjaan yang penting dalam Proyek pembangunan Jalan Tol Solo Klaten – Promartani paket 1.2 Sta 22+300- Sta 42+300. Untuk itu diperlukan pemilihan peralatan berat yang tepat untuk pelaksanaan pekerjaan – pekerjaan tersebut. Alokasi, penjadwalan, dan pemilihan peralatan untuk setiap jenis pekerjaan sangat penting agar kemampuan operasinya bisa optimal dan saling menunjang terhadap peralatan lainnya mengingat bahwa alat berat sangat mahal dan kontribusinya cukup dominan pada proyek tersebut, maka sangat diperlukan tindakan efisiensi dengan cara mendayagunakan sumber daya alat tersebut. Sehingga studi ini dimaksudkan untuk menganalisa alokasi alat berat dan penjadwalan.

Pengamatan dilakukan dengan menghitung kapasitas produksi dan efisiensi kerja setiap alat berat, agar diperoleh nilai produktivitasnya dan alokasi kebutuhan alat berat yang diperlukan pada proyek yang ditinjau. Kemudian, setelah penelitian mendapatkan data yang diperoleh dari hasil penyelidikan dan survey, peneliti akan menghitung dan menganalisis obyek yang akan diteliti dalam proyek dan melakukan pembahasan, kemudian memberikan hasil dan kesimpulan.

4.2 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan pada proyek pembangunan Jalan Tol Solo Klaten – Purwomartani paket 1.2 Sta 37+00- Sta 37+650 yang terletak di desa Tamanmartani seperti terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4 1 Denah Lokasi Proyek
(Sumber: Data Teknis Jasa Marga, 2022)

Pada gambar 4.1 bisa dilihat bahwa lokasi penelitian pekerjaan terletak pada daerah Pondok, Tamanmartani, Kec. Kalasan.

4.3 Obyek dan Subjek Penelitian

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.

4.3.1 Subjek Penelitian

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia, subjek adalah orang, tempat, atau benda yang menjadi objek pengamatan dalam sebuah penelitian. Melong (2019) memberikan definisi lain dengan menyebutkan bahwa subjek penelitian adalah informan, yaitu individu yang menyediakan informasi mengenai situasi dan kondisi yang diteliti. Dari kedua definisi tersebut, dapat disimpulkan bahwa subjek penelitian mencakup orang, tempat, atau benda yang dapat dijadikan sumber data informasi. Dalam penelitian Tugas Akhir ini, subjek penelitiannya adalah alat berat yang digunakan dalam pekerjaan timbunan pada proyek Pembangunan Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Seksi 1 Paket 1.2 , seperti *excavator*, *dump truck*, *bulldozer*, dan *vibrator roller*.

4.3.2 Objek Penelitian

Menurut Ratna (2010) dalam Hakim (2017) 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 kali ini yang menjadi objek penelitian Tugas Akhir adalah Tol Solo-Yogyakarta-NYIA Kulon Progo Paket 1.2 Seksi Klaten – Purwomartani Sta 37+00 – Sta 37+650.

4.4 Teknik Pengumpulan Data

Data penelitian yang akan dikumpulkan untuk dianalisis berupa data yang ditinjau dari survey lapangan dan data yang ditinjau dari kepustakaan.

4.4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data didalam penelitian ini di dukung denngan menggunakan data primer dan data sekunder sebagai berikut:

1. Data primer

Data primer diperoleh dengan melakukan peninjauan langsung dan wawancara di lapangan yang bisa didapatkan melalui kontraktor, sub kontraktor, dan tenaga kerja. Data primer didapat dengan melakukan beberapa cara sebagai berikut:

a. Observasi langsung dilapangan.

Observasi bertujuan melakukan pengamatan langsung di lapangan menggunakan metode *time study*. *Form table* pengamatan alat berat dengan metode *time study* berbeda-beda untuk setiap alat berat. Pengamatan tersebut dilakukan untuk mendapatkan waktu siklus dan informasi seperti alat berat yang digunakan, data peta lokasi proyek, dan *schedule* pekerjaan.

Pada penelitian ini, dilakukan dilakukan non partisipann yaitu observsi terang-terangan, yaitu penelitian datang ke tempat kegiatan yang diamati tetapi tidak ikut terlibat dalam kegiatan tersebut. Selain itu, penelitian juga telah mempersiapkan *form* dan kegiatan yang akan dilakukan selama observasi. Observasi dilakukan dengan cara pengamatan dilapangan proyek untuk mengetahui kondisi nyata jam kerja alat berat.

Langkah – Langkah observasi yang dilakukan untuk mencatat konndisi nyata jam kerja alat berat adalah sebagai berikut:

1. Observasi dilakukan dengan mengamati waktu siklus, kapasitas, waktu produktif dan waktu tidak produktif, untuk peralatan *excavator*, *dump truck*, *bulldozer*, dan *vibrator roller* lokasi proyek.
2. Pencatatan waktu tersebut dibantu menggunakan *stopwatch* dan video rekaman.
3. Setelah didapatkan waktu siklus tersebut, kemudian dirata – rata dan didapatkan waktu siklusnya.
4. Pencatatan jumlah *dump truck* yang masuk untuk menghitung target volume material.
5. Jam kerja peralatan di mulai dari jam 08.00 WIB dan berakhir pada sore hari jam 16.00 WIB (7 jam kerja efektif)

Data primer harian alat berat:

1. *Excavator*

Pada *excavator*, data yang didapatkan adalah kapasitas *bucket excavator*, efisien kerja alat, menghitung waktu mengisi *bucket*, menghitung waktu putar saat bermuatan dan saat kosong, dan menghitung waktu membuang muatan ke bak *dump truck*

2. *Dump truck*

Data yang didapatkan dari *dump truck* adalah kapasitas bak *dump truck*, efisien kerja alat, kecepatan *dump truck*, jarak *quarry* ke lapangan, menghitung waktu yang dibutuhkan *dump truck* dalam keadaan kosong maupun bermuatan, dan menghitung waktu muat dan bongkar.

3. *Bulldozer*

Pada *bulldozer*, data yang didapatkan yaitu kecepatan *bulldozer*, mengukur lebar pisau/*blade*, efisien kerja alat, mengukur lebar jalan, mengetahui tebal hamparan, dan menghitung waktu yang ditempu alat dalam satu lintasan.

4. *Vibrator roller*

Data yang didapatkan dari *vibrator roller* adalah mengetahui kecepatan kerja, efisien kerja alat, mengukur lebar pemadatan efektif alat, mengukur tebal pemadatan dan menghitung waktu yang ditempu alat dalam satu lintasan.

Adapun salah satu contoh *form* pengamatan waktu siklus dan *form* pertanyaan yang akan digunakan untuk mendapatkan data pada penelitian ini dapat dilihat pada tabel 4.1.

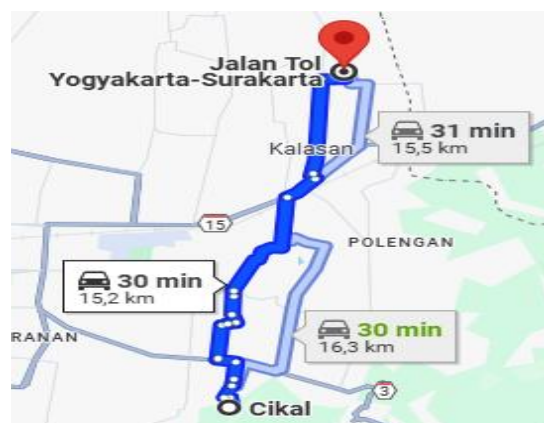
Tabel 4.1 Form Pengamatan Waktu Siklus

Nama alat		: <i>Excavator</i>				
Kontrakto		:				
Merk alat		:				
Kondisi alat		:				
Kapasitas bucket		:				
Waktu kerja		:				
Jam kerja		:				
Sesi	Siklus	Waktu gali T1 (detik)	Waktu Putar Isi T2 (detik)	Waktu Buang T3 (detik)	Waktu Putar Kosong T4 (detik)	Jumlah

Lanjutan Tabel 4.2 *Form* Pengamatan Waktu Siklus

Sesi	Siklus	Waktu gali T1 (detik)	Waktu Putar Isi T2 (detik)	Waktu Buang T3 (detik)	Waktu Putar Kosong T4 (detik)	Jumlah
pagi	Ke – 1					
	Ke – 2					
	Ke – 3					
siang	Ke – 4					
	Ke – 5					
	Ke – 6					
sore	Ke – 7					
	Ke – 8					
	Ke – 9					
Total						
Rata-rata						

Pada Tabel 4.1 dapat dilihat salah satu contoh *form* pengamatan waktu siklus alat berat di lapangan. *Form* pengamatan untuk tiap alat yang akan diteliti berbeda dengan menyesuaikan setiap alat berat yang digunakan.



Gambar 4 2 Jarak Quarry Menuju Lokasi
(Sumber: Pengamatan Lapangan)

Pada gambar 4.2 dapat dilihat pengambilan material (*quarry*) berjarak 15 Km dari Sta 37 lokasi penelitian pekerjaan timbunan.

b. Dokumentasi

Dokumentasi berupa pengambilan gambar dilakukan oleh peneliti untuk memperkuat hasil penelitian. Dokumentasi yang dilakukan penelitian ini adalah mengambil dokumen berbentuk gambar dan video di lapangan, serta data yang didapat melalui narasumber.

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. Pada penelitian ini, data sekunder berupa:

1. Denah lokasi
2. Data-data pekerjaan, berupa volume pekerjaan timbunan.

4.5.1 Tinjauan Kepustakaan

Tinjauan ini bertujuan untuk memperoleh data - data pendukung yang belum didapatkan di lapangan. Data – data pendukung tersebut dapat berupa teori dan rumus yang berhubungan dengan penelitian, yang berupa literatur, majalah, media cetak dan lain sebagainya.

4.5 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 kombinasi alat berat untuk pekerjaan timbunan dan alat yang digunakan pada proyek pembangunan Jalan Tol Solo Klaten – Purworejo paket 1.2 Sta 37+00- Sta 37+650.

4.6 Tahap Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian merupakan langkah – langkah yang

dilakukan mulai dari awal sampai akhir untuk menyelesaikan penelitian. Dalam penelitian menyajikan garis besar alur penelitian yang dilakukan. Hal ini dilakukan agar penelitian berjalan lancar dan terarah (Arsyad, 2021). Adapun tahapan penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mulai

Mulai adalah tahap awal dalam melakukan penelitian. Tahap ini dilakukan sebelum melakukan tugas-tugas seperti mencari judul penelitian yang akan dilakukan

2. Tahap Persiapan

Dalam penelitian tugas akhir, tahap persiapan mencakup membuat gambaran tentang penelitian yang harus dilakukan berdasarkan judul yang sudah ditentukan, mencari masalah terkait judul, dan menentukan lokasi penelitian.

3. Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk menentukan metodologi penelitian, teknik pengumpulan data, dan analisis pengolahan data. Referensi literatur termasuk buku dan jurnal.

4. Pengumpulan data

Penelitian ini memerlukan data primer berupa waktu siklus dan tingkat efisiensi dari alat berat seperti *excavator*, *dump truck*, *bulldozer*, dan *vibrator roller*. Data ini diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan serta melalui diskusi dengan pengawas lapangan dan pekerja lapangan yang terlibat. Sementara itu, data sekunder diperoleh dari pihak yang mengumpulkan informasi seperti denah lokasi dan volume timbunan yang diperlukan untuk pekerjaan.

5. Pengolahan data

Pada saat pengumpulan data sudah dilakukan, kemudian dilakukan pengolahan data yang telah didapatkan di lapangan dan data hasil diskusi oleh pihak – pihak terkait. Pengolahan data bertujuan untuk mendapatkan gambaran dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Data aktual yang telah diambil lengkap akan dilakukan pengolahan data yaitu menghitung

produktivitas alat berat *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller* menggunakan waktu siklus, waktu efisiensi kerja alat dan kapasitas masing – masing alat berat yang digunakan. Kemudian hasil dihitung menggunakan persamaan yang sudah ditentukan sesuai dengan alat berat yang ditinjau. Pada alat berat *excavator*, untuk mencari produktivitasnya menggunakan persamaan 3.2 sampai dengan 3.4 Untuk mencari produktivitas alat berat *dump truck* menggunakan persamaan 3.5 sampai dengan persamaan 3.9. Untuk alat berat *bulldozer* dalam menghitung produktivitasnya menggunakan persamaan 3.10 sampai dengan 3.12. Untuk alat berat *vibrator roller* dalam menghitung produktivitasnya dapat menggunakan persamaan 3.13 sampai 3.14. Selanjutnya menganalisa hasil produktivitas alat berat untuk mendapatkan waktu yang efisien untuk menyelesaikan pekerjaan dan mencari alternatif yang efektif dan efisien dari segi waktu dan biaya.

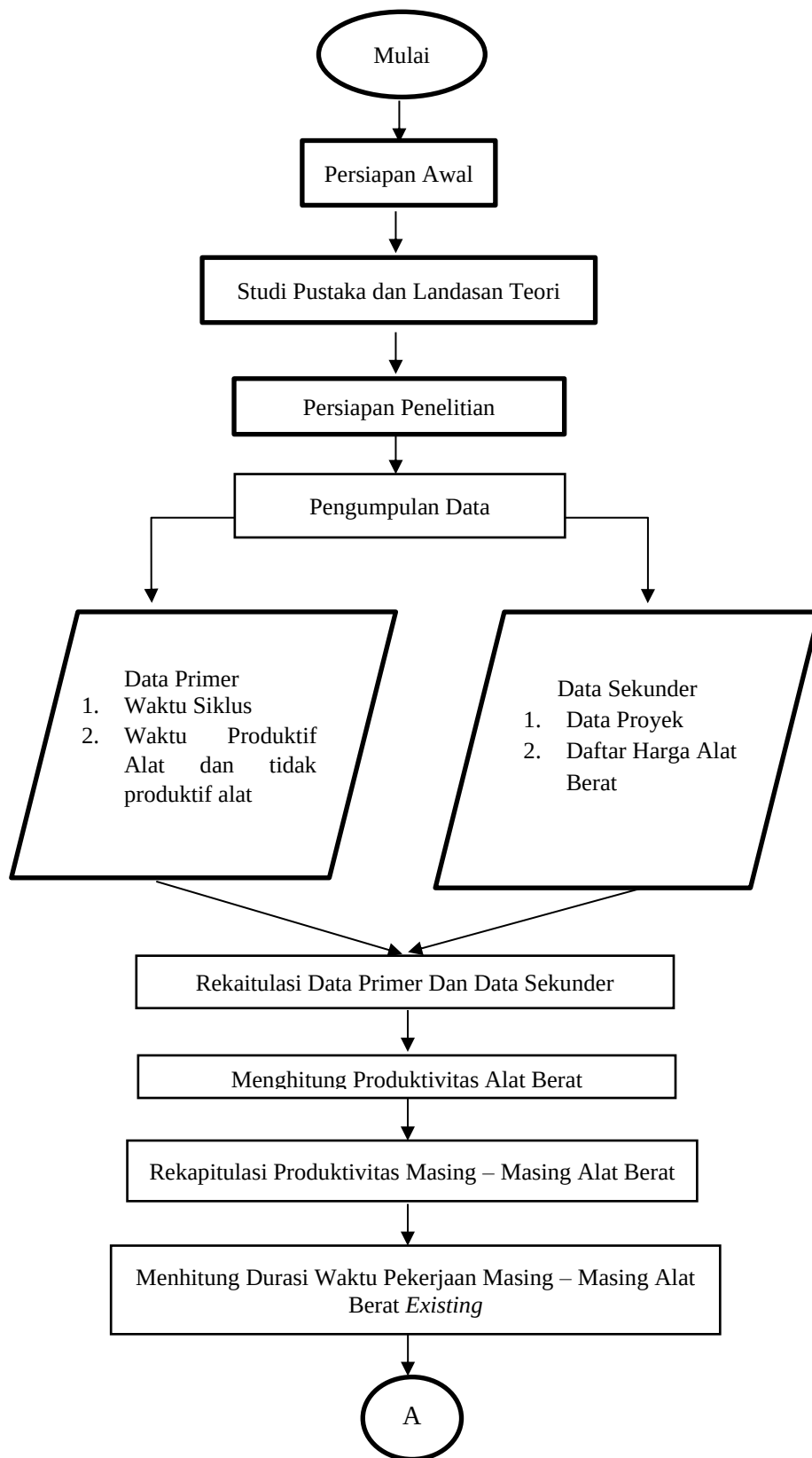
6. Hasil dan pembahasan

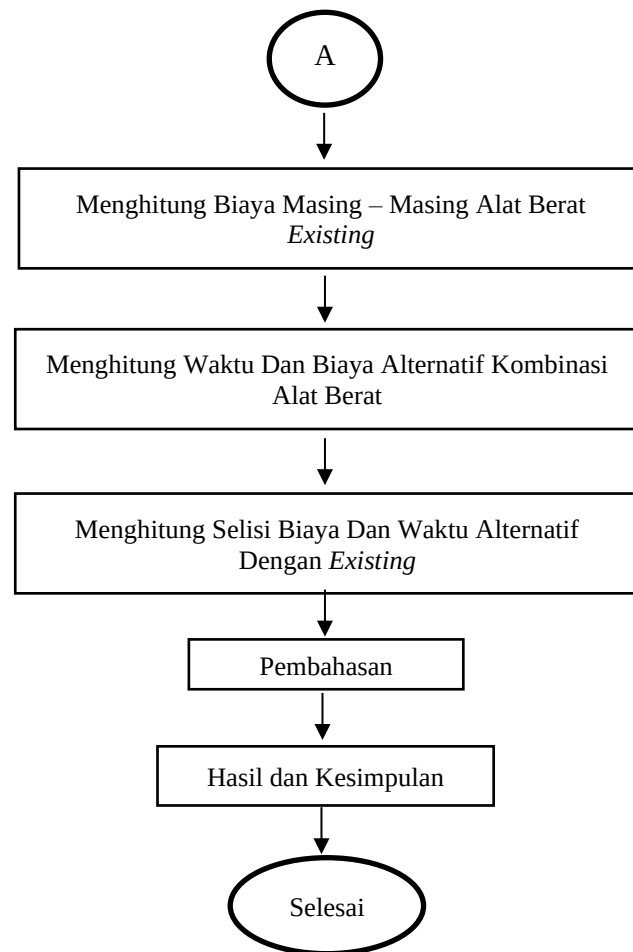
Tahap ini menjelaskan hasil – hasil yang didapatkan dari penelitian dalam bentuk tabel. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara hasil perhitungan (*existing*) dan perhitungan alternatif lain yang efektif dan efisien untuk menyelesaikan pekerjaan timbunan.

7. Kesimpulan dan saran

Hasil yang sudah ada dan yang telah di bahas kemudian disimpulkan dan memberi saran terhadap hasil penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan kemudian digambarkan dalam bentuk began alir seperti gambar 4.6.



Gambar 4 .3 Flowchart Penelitian**Lanjutan Gambar 4 .4 Flowchart Penelitian**

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Tinjauan Umum

Pada penelitian ini studi kasus dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Paket 1.2 Sta 22+00 – Sta 43+700. Berikut data teknis proyek antara lain:

Lokasi Proyek : Jalan Pakem Tulung Tamanmartani, Kecamatan Kalasan, Kabupaten Sleman, Yogyakarta.

Panjang Tol : 20,08 Km

Kecepatan rencana : 100 Km/jam

Jumlah lajur : awal 2 x 2, akhir 2 x 3

Lebar lajur : 3,6 m

Lebar bahu luar : 3 m

Lebar bahu dalam : 1,5 m

Lebar median : 5,5 m

Waktu Pekerjaan : Desember 2023 – Desember 2024

Lokasi Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Paket 1.2 Sta 22+00 – Sta 43+650 dapat dilihat pada gambar 5.1 sebagai berikut



Gambar 5. 1 Lokasi Proyek Pembngunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta

5.2 Analisis Data

5.2.1 Volume Pekerjaan Timbunan

Berdasarkan hasil data yang telah diperoleh dari Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Paket 1.2 Sta 37+00 – Sta 43+650. Berikut adalah volume timbunan tanah padat pada Sta 37 dapat dilihat pada tabel 5.1 sebagai berikut.

Tabel 5.1 Total Volume padat

Waktu Pekerjaan		Volume (m ³)
Bulam	April	130.595,08
	Mei	11.829,08
Total volume		142.424,16

(Sumber: Data Teknis Adhi Karya)

Berdasarkan total volume padat yang tercantum dalam Tabel 5.1, diperoleh hasil volume sebagai berikut.

Dimana

Faktor loose galian dari padat ke

1. Volume *loose* galian timbunan $= 142.424,16 \times 1,09$
 $= 155.242,334 \text{ m}^3$
2. Volume *loose* timbunan tanah $= 142.424,16 \times 1,18$
 $= 168.060,509 \text{ m}^3$

Jumlah pekerjaan timbunan tanah gembur dan padat di proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Paket 1.2 dari Sta 37+00 hingga Sta 37+650 adalah $168.060,509 \text{ m}^3$ untuk volume tanah gembur dan $142.424,16 \text{ m}^3$ untuk volume tanah padat. Rencana volume timbunan minimal adalah 100.000 m^3 , dengan rencana volume harian 2.000 m^3 . Pada Sta 37 ini memiliki panjang 650 meter, lebar badan jalan 23 meter, dan tinggi rata-rata timbunan 6,44 meter.

5.2.2 Biaya Penggunaan Alat Berat

Biaya penggunaan alat berat didapatkan dari hasil wawancara dengan pengawas lapangan penyewa alat berat untuk proyek pembangunan jalan Tol Solo Jogja. Alat berat disewa dari wilayah Yogyakarta. Daftar harga tersebut meliputi harga sewa alat berat per jam sudah termasuk dengan biaya bahan bakar dan biaya upah operator alat berat per harinya.

Berikut merupakan harga sewa masing-masing alat berat yang digunakan pada pekerjaan timbunan Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Paket 1.2 Sta 37+00 – Sta 43+650, dapat dilihat pada tabel 5.2 sebagai berikut.

Tabel 5.2 Harga Sewa Alat Berat

Alat Berat		Harga Sewa Alat (/jam)	Harga Jasa Operator (/jam)	Total Biaya (/Jam)
<i>Excavator</i>	Hyundai Hx 300Sl	Rp425.000	Rp40.000	Rp465.000
	Komatsu PC 200	Rp425.000	Rp40.000	Rp465.000
	Doosan	Rp425.000	Rp40.000	Rp465.000
<i>Dump truck</i>	Isuzu Hd 7,128 m ³	Rp240.000	Rp40.000	Rp280.000
	Mitsubhishi 7,563 m ³	Rp240.000	Rp40.000	Rp280.000
	Toyoya Hino 7,182 m ³	Rp240.000	Rp40.000	Rp280.000
<i>Bulldozer</i>	komatsu DZ 602	Rp280.000	Rp35.714	Rp315.714
	Caterphilar D6	Rp250.000	Rp35.714	Rp285.714
<i>Vibrator roller</i>	HAMM 311D	Rp250.000	Rp35.714	Rp285.714
	CAT CS533E	Rp250.000	Rp35.714	Rp285.714

(sumber: PT Sahasika, 2024)

5.2.3 Metode Pekerjaan Timbunan.

Material yang digunakan untuk timbunan pada pembangunan jalan tol Solo Jogja dari beberapa *quarry* tanah pilihan atau *borrow material*. Pemilihan tanah

disesuaikan dengan spesifikasi yang berlaku. Berikut langkah pekerjaan timbunan pada Sta 37+00 – Sta 37+650 sebagai berikut.

1. Menentukan *Quarry* pengambilan tanah

Laboratorium melakukan survei dan pengujian sampel dari beberapa *quarry* tanah pilihan atau *borrow material*. Dari beberapa *quarry* tanah, masing-masing diambil sampel untuk diuji secara independen oleh pihak kontraktor. Pemilihan tanah disesuaikan dengan spesifikasi yang berlaku. Pada Proyek Tol Solo-Jogja, *quarry* tanah timbunan berasal dari Cikal Piyungan.

2. *Setting/Marking Area*

Surveyor melakukan pemasangan patok untuk menentukan tinggi dan lebar rencana timbunan. Pekerjaan ini dilakukan dengan menggunakan alat total station, tripod, dan prisma. Data hasil survei kemudian dihitung hingga menghasilkan volume tanah timbunan yang dibutuhkan..

3. Pengupasan tanah yang tidak perlu

Pada daerah di bawah timbunan, pelaksana harus melakukan pengupasan lapisan tanah sampai menemukan lapisan padat. Pengupasan lapisan tanah permukaan hanya mencakup lapisan tanah yang subur bagi tumbuhan dan maksimal memiliki tebal 30 cm. Pengupasan lapisan tanah dilakukan dengan menggunakan *bulldozer* untuk mendorong dan *excavator* untuk memindahkan tanah tersebut. Tanah hasil pengupasan selanjutnya dibawa ke disposal area dengan *dump truck*

4. Penghamparan tanah pilihan

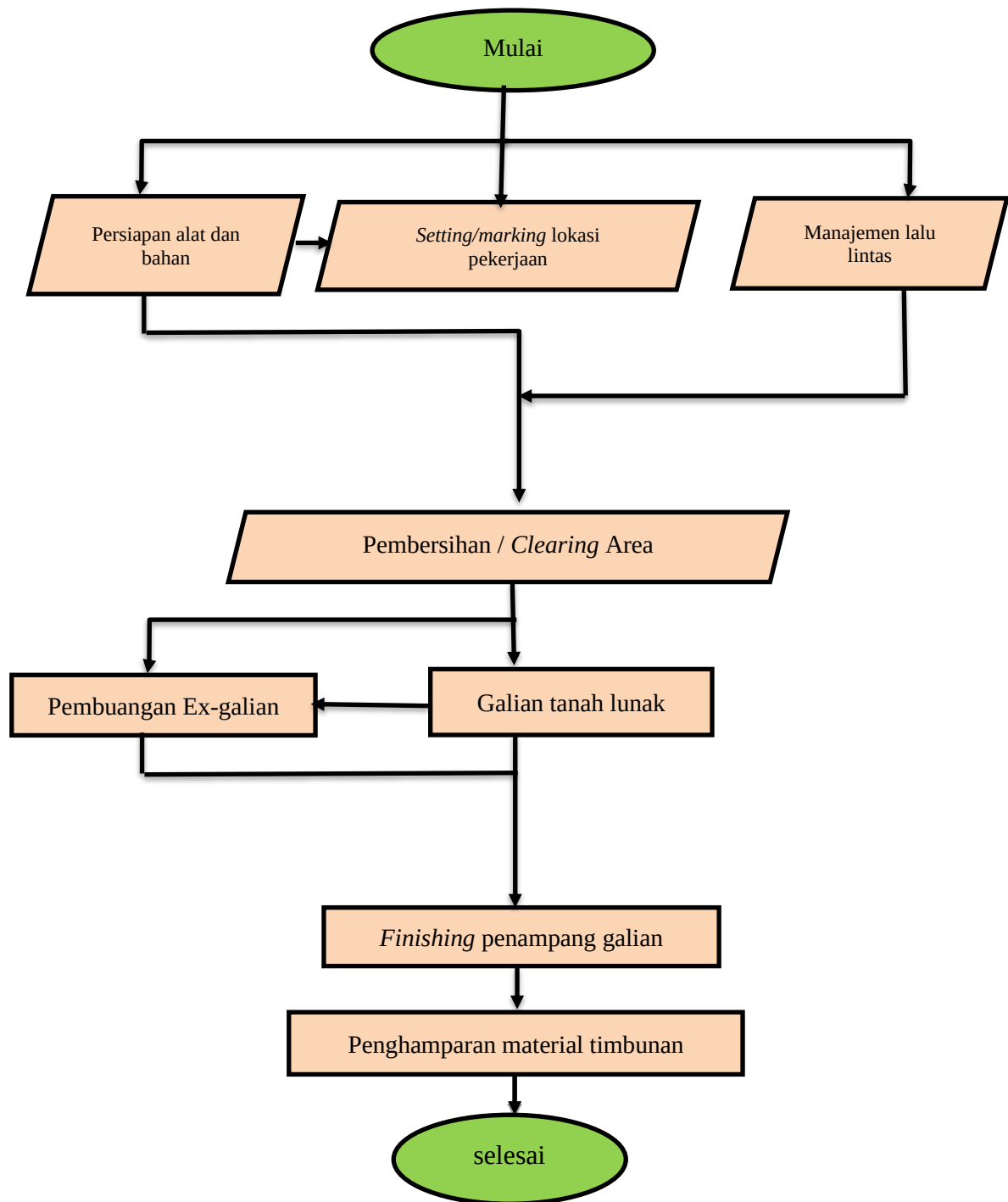
Tanah dari *quarry* diangkut menggunakan *dump truck* kemudian dilakukan proses *unloading* dengan posisi *dump truck* berada di luar area geotekstil. Tanah kemudian dihamparkan dengan *excavator* dengan posisi *excavator* berada di luar area geotekstil. Hal ini dimaksudkan agar lapisan *geotextile* tidak tergilas langsung oleh roda *dump truck* dan *excavator* yang dapat menimbulkan kerusakan pada geotekstil tersebut. Setelah ketebalan material mencapai 30 cm, tanah tersebut diratakan menggunakan *bulldozer*. Kemudian tanah dipadatkan dengan *sheepfoot roller* sebanyak 8 passing dan dilanjutkan dengan pemadatan oleh *vibration roller* sebanyak 8 passing. Setelah proses

pemadatan selesai, tanah diuji kepadatan dengan *sandcone* test. Hasil *sandcone* test harus menunjukkan tanah memiliki kepadatan minimal 95%. Bila hasil *sandcone* test belum mencapai angka tersebut, tanah harus dipadatkan kembali dengan *vibration roller*. Jika tanah sudah mencapai kepadatan sesuai yang disyaratkan, langkah selanjutnya yaitu melakukan timbunan kembali untuk lapisan tanah selanjutnya. Tanah dihamparkan di atas lapisan tanah pertama menggunakan *excavator*. Tanah kemudian diratakan dengan *bulldozer* sampai memiliki ketebalan 30 cm. Setelah itu, tanah dipadatkan sampai mencapai kepadatan tanah minimal 95%. Timbunan tanah kemudian dilanjutkan tiap ketebalan 30 cm sampai pada elevasi top subgrade. Pada lapisan top *subgrade*, kepadatan tanah harus mencapai 100 permukaan yang direncanakan.



Gambar 5.2 Ilustrasi pekerjaan Timbunan
(Sumber: PT Adhi Karya (Persero) Tbk, 2022)

Secara garis besar, pekerjaan timbunan tanah proyek tol solo – jogja dapat dilihat pada gambar sebagai berikut.



Gambar 5. 2 Pekerjaan Timbunan Tanah
(sumber: PT Adhy Karya, 2022)

5.2.4 Data Alat Berat *Existing*

Alat berat *existing* yang digunakan untuk pekerjaan timbunan Proyek Pembangunan Jalan Tol Solo – Yogyakarta – NYIA Kulon Progo Paket 1.2 Sta

37+00 – Sta 37+650, dapat dilihat pada tabel 5.3 sebagai berikut.

Tabel 5.3 Alat Berat Yang Digunakan Pada Pekerjaan Timbunan

Alat Berat	Fungsi Alat Berat	Type	Kapasitas alat (m^3)	Quantit y (unit)
Excavator	Menggali, memuat dan mengangkut material.	Hyundai Hx 300Sl	1,27	3
		Komatsu PC 200	1,1	
		Doosan DX 300CA	1,2	
Dump truck		Isuzu Elf HD	7,128	33
		Mitsubhishi	7,562	
		Toyota Hino	7,182	
Bulldozer	Meratakan dan	DZ 602	4,432	2
		chaterphilar	2,875	
Vibrator roller	memadatkan timbuana	HAMM 311D	-	2
		CAT CS533E	-	

(Sumber: PT Sahasika, 2024)

5.2.5 Faktor Efisiensi Kerja Alat (E)

Setiap alat memiliki nilai efisiensi yang berbeda-beda. Besar nilai 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. Jam kerja efektif merupakan jam kerja sesungguhnya yang digunakan untuk kegiatan konstruksi. Dalam metode *time study* terdapat teknik pengukuran dilakukan sesuai kondisi lapangan, teknik pengukuran langsung di lapangan ini yaitu mengukur waktu tidak produktif yang dilakukan secara langsung terhadap subjek (*excavator, dump truck, bulldozer dan vibrator roller*), metode yang dipakai dalam teknik pengukuran langsung adalah jam henti dan *work sampling* dengan menggunakan *stopwatch* dan rekaman video. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengamatan 86 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, menunggu giliran pemakaian alat berat, operator beristirahat seperti minum. Berikut merupakan beberapa dokumentasi *excavator, dump truck, bulldozer dan vibrator roller* ketika berhenti bekerja.

Berdasarkan pengamatan tersebut dicatat waktu berhenti dalam menit sebagai berikut.

1. Pengamatan Hari Pertama

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

a. Contoh perhitungan pada alat *Excavator* Hyundai Hx300sl

Waktu berhenti dalam satu jam. Berikut data hasil pengamatan di lapangan dapat dilihat pada tabel 5.4 sebagai berikut.

Tabel 5.4 Pengamatan Waktu Tidak Produktif Alat Berat Hari Pertama

Jenis Alat Berat	Sesi	Waktu Berhenti (menit	Rata – Rata waktu unproduksi (ment)
Hyundai HX 300Sl	Pagi	7,167	7,222
	Siang	7,167	
	Sore	7,333	
Komatsu PC 200	Pagi	8,00	7,944
	Siang	7,500	
	Sore	8,333	
Doosan DX 300CA	Pagi	9,000	7,33
	Siang	7,333	
	Sore	8,000	
Rata – rata (menit)	7,222		
Isuzu	Pagi	6,555	7,388
	Siang	7,833	
	Sore	8,000	
Mitsubhihi	Pagi	7,000	7,5
	Siang	7,333	

Lanjutan Tabel 5.4 Pengamatan Waktu Tidak Produktif Alat Berat Hari Pertama

Jenis Alat Berat	Sesi	Waktu Berhenti (menit	Rata – Rata waktu unproduksi (ment)
	Sore	8,16	
Toyota	Pagi	6,833	7,388
	Siang	7,500	
	sore	7,833	
Rata – rata (menit)	7,425		
Bulldozer DZ 602	Pagi	5,670	6,56
	Siang	7,000	
	Sore	7,000	
Caterphilar	Pagi	6,500	6,611
	Siang	7,167	
	Sore	6,167	
Rata – rata (menit)	6,583		
Vibratror roller HAMM 311D	Pagi	9,167	8,940
	Siang	9,000	
	Sore	8,667	
CAT CS533E`	Pagi	9,167	8,667
	Siang	8,167	
	Sore	8,667	
Rata – rata (menit)	8,806		

Waktu berhenti dalam 1 jam

Waktu berhenti rata - rata sesi pagi = 7,167 menit

Waktu berhenti rata – rata sesi siang = 7,167 menit

Waktu berhenti sesi sore rata – rata = 7,333 menit

Rata – rata waktu berhenti
 $= (7,167 + 7,167 + 7,333) / 3$
 $= 7,222 \text{ menit}$

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 dalam waktu 1 jam (60 menit).

$$\begin{aligned}
 \text{Rata – rata waktu berhenti} &= (7,222 + 7,167 + 7,667 + 7,333 + 7,389)/3 \\
 &= 7,356 \text{ menit} \\
 \text{Rata – rata efektif bekerja} &= 60 - 7,356 \text{ menit} \\
 &= 52,644 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

Tabel 5. 5 Rekapitulasi waktu produktif alat berat

Jenis Alat Berat	Waktu pengamatan (Hari)	Rata – Rata waktu berhenti (menit)	Waktu efektif (menit)	Efisiensi kerja (E)
Hyundai HX 300SI	Hari Ke-1	7,222	52,644	0,877
	Hari Ke-2	7,167		
	Hari ke-3	7,667		
	Hari ke-4	7,333		
	Hrari ke-5	7,389		
	rata – rata (menit)			
Komatsu PC 200	Hari Ke-1	7,944	51,895	0,865
	Hari Ke-2	7,467		
	Hari ke-3	8,667		
	Hari ke-4	9,000		
	Hrari ke-5	7,444		
	rata – rata (menit)			
Doosan DX 300CA	Hari Ke-1	8,111	52,196	0,87
	Hari Ke-2	7,467		
	Hari ke-3	8,444		
	Hari ke-4	7,667		
	Hrari ke-5	7,333		
	rata – rata (menit)			
Isuzu	Hari Ke-1	7,390	52,590	0,876
	Hari Ke-2	7,280		
	Hari ke-3	7,560		
	Hari ke-4	7,560		
	Hrari ke-5	7,280		
	rata – rata (menit)			

Lanjutan Tabel 5.5 Rekapitulasi waktu produktif alat berat

Mitsubhishi	Hari Ke-1	7,500	52,511	0,875
	Hari Ke-2	7,167		
	Hari ke-3	7,833		
	Hari ke-4	7,444		
	Hrari ke-5	7,500		
rata – rata (menit)		7,488		
Toyota	Hari Ke-1	7,444	52,59	0,876
	Hari Ke-2	7,278		
	Hari ke-3	8,222		
	Hari ke-4	7,278		
	Hrari ke-5	7,389		
rata – rata (menit)		7,411		
DZ 602	Hari Ke-1	6,556	53,378	0,889
	Hari Ke-2	6,667		
	Hari ke-3	6,667		
	Hari ke-4	6,500		
	Hrari ke-5	6,722		
rata – rata (menit)		6,622		
Caterphilar	Hari Ke-1	6,611	53,39	0,89
	Hari Ke-2	6,611		
	Hari ke-3	6,833		
	Hari ke-4	6,222		
	Hrari ke-5	6,790		
rata – rata (menit)		6,611		
HAMM 311D	Hari Ke-1	8,944	51,1	0,852
	Hari Ke-2	9,111		
	Hari ke-3	8,833		
	Hari ke-4	8,667		
	Hrari ke-5	8,944		
rata – rata (menit)		8,900		
CAT CS533E	Hari Ke-1	8,667	51,42	0,857
	Hari Ke-2	8,822		
	Hari ke-3	8,478		
	Hari ke-4	8,422		
	Hrari ke-5	8,511		
rata – rata (menit)		8,580		

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 dalam waktu 1 jam

$$\begin{aligned}
 \text{Rata – rata waktu berhenti} &= (7,222 + 7,167 + 7,667 + 7,333 + 7,389)/3 \\
 &= 7,356 \text{ menit} \\
 \text{Rata – rata efektif bekerja} &= 60 – 7,356 \text{ menit} \\
 &= 52,644 \text{ menit} \\
 \text{Faktor efisiensi kerja alat} &= \frac{\text{rata-rata alat bekerja}}{60} \times 100\% \\
 &= \frac{52,644}{60} \times 100\% \\
 &= 87,7 \% \\
 &= 0,877
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan Faktor Efisiensi kerja alat berat dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut.

Tabel 5.6 Rekapitulasi Faktor Efisiens Kerja Alat Berat

Jenis Alat Berat	Waktu efektif (menit)	Efisiensi kerja (E)
Hyundai HX 300Sl	52,644	0,877
Komatsu PC 200	51,895	0,865
Doosan DX 300CA	52,196	0,87
Isuzu	52,59	0,876
Mitsubhishi	52,511	0,875
Toyota	52,590	0,876
DZ 602	53,39	0,89
Caterphilar	53,378	0,889
HAMM 311D	51,100	0,852
CAT CS533E	51,42	0,857
Rata – rata	52,371	0,873

Berdasarkan rekapitulasi dalam Tabel 5.5, waktu rata-rata produktif setiap alat berat adalah 52,371 menit, dengan nilai faktor efisiensi rata-rata (E) sebesar 0,873, yang menunjukkan bahwa faktor efisiensi tersebut sangat baik.

5.2.6 Faktor *Bucket* dan *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 menggosur material. Hal ini ditunjukkan oleh persen *blade* yang terisi ketika *bulldozer* bekerja. Gambar *bucket* dan *blade* yang terisi material dapat dilihat pada gambar 5.3 sebagai berikut.



Gambar 5. 3 Bucket *Excavator* Hyundai Terisi 110%



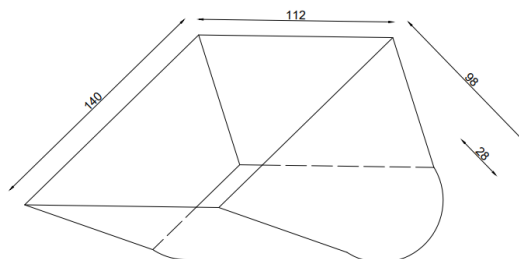
Gambar 5. 4 Bucket *Excavator* Hyundai Terisi 110%



Gambar 5.5 Blade Bulldozer Terisi 100%

Berikut adalah contoh perhitungan ukuran *bucket* pada *excavator*

1. Perhitungan volume *bucket*
 - a. *Bucket Excavator* Hyundai Hx 300Sl dapat dilihat pada gambar 5.6 sebagai berikut.



Gambar 5.6 Dimensi Bucket Hyundai Hx 300Sl

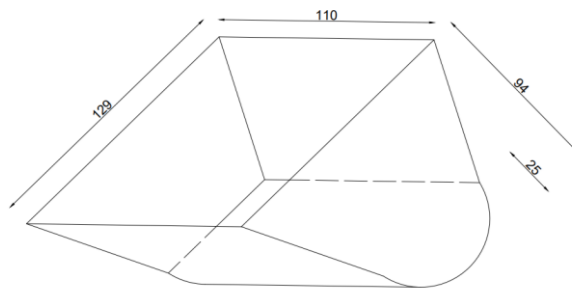
Berdasarkan dimensi pada gambar 5.11 dapat dihitung volume yang dapat diisi pada bucket tersebut.

$$\begin{aligned} L \text{ (trapesium)} &= \frac{1}{2} \times (70 + 140) \times 78,260 \\ &= 8217.3 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= L \times 140 \\ &= 8217.3 \times 140 \\ &= 1150422 \text{ cm}^3 \\ &= 1,150 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L \left(\frac{1}{2} \text{ tabung} \right) &= \frac{\pi \times 26^2 \times 112}{2} \\
 L \left(\frac{1}{2} \text{ tabung} \right) &= 118.867,8 \text{ cm}^3 \\
 &= 0,119 \\
 \text{Vol. total} &= 1,150 + 0,119 \\
 &= 1,27 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- b. *Gambar bucket Excavator Komatsu PC 200* dapat dilihat pada gambar 5.7 dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5.7 Dimensi Bucket Komatsu PC 200

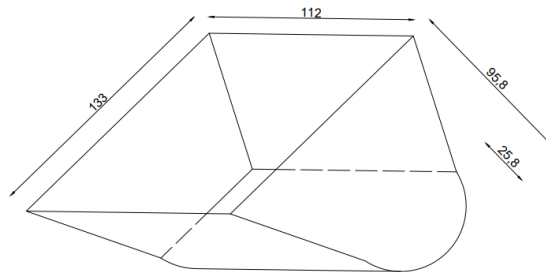
Berdasarkan dimensi pada gambar 5.12 dapat dihitung volume yang dapat diisi pada *bucket* tersebut.

$$\begin{aligned}
 L \text{ (trapesium)} &= \frac{1}{2} \times (69 + 129) \times 75,239 \\
 &= 7711,998 \text{ cm}^2 \\
 V &= L \times 129 \\
 &= 7711,998 \times 129 \\
 &= 994847,7 \text{ cm}^3 \\
 &= 0,995 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L \left(\frac{1}{2} \text{ tabung} \right) &= \frac{\pi \times 25^2 \times 110}{2} \\
 &= 107.992,247 \text{ cm}^3 \\
 &= 0,108 \text{ m}^3 \\
 \text{Vol. total} &= 0,995 + 0,108 \\
 &= 1,10 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- c. *Bucket Excavator Doosan DX 300CA* dapat dilihat pada gambar 5.8

sebagai berikut.



Gambar 5.8 Dimensi *Bucket Doosan*

Berdasarkan dimensi pada gambar 5.12 dapat dihitung volume yang dapat diisi pada *bucket* tersebut.

$$\begin{aligned} L (\text{trapesium}) &= \frac{1}{2} \times (70 + 133) \times 75,239 \\ &= 8125,740 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V &= L \times 129 \\ &= 8125,740 \times 133 \\ &= 1080723 \text{ cm}^3 \\ &= 1,081 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L (\tfrac{1}{2} \text{ tabung}) &= \frac{\pi \times 25,8^2 \times 112}{2} \\ &= 1117046,1 \text{ cm}^3 \\ &= 0,112 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Vol. total} &= 1,108 + 0,112 \\ &= 1,2 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

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

2. Pengamatan Hari Pertama

a. *Excavator Hyundai Hx300sl*

Bagian terisi material tanah (%)

$$\begin{aligned} \text{Sesi pagi} &= (105 + 95 + 100)/3 \\ &= 100\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sesi siang} &= (105 + 90 + 90)/3 \\ &= 95\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sesi sore} &= (100 + 90 + 110)/3 \\ &= 100\%\end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan faktor *bucket excavator* dapat dilihat pada tabel 5.7 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.7 Pengamatan Faktor Bucket Excavator Hari Pertama

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Rata-Rata Bagian Terisi
Hyundai HX 300SI	Pagi	105%	1,000
		95%	
		100%	
	Siang	105%	1,010
		98%	
		100%	
	Sore	105%	1,027
		98%	
		105%	
Rata - Rata			1,012
Komatsu PC 200	Pagi	100%	0,999
		97%	
		100%	
	Siang	100%	1,033
		105%	
		105%	
	Sore	95%	1,000
		105%	
		100%	
Rata - Rata			1,008
Doosan DX 300CA	Pagi	110%	1,033
		100%	
		100%	
	Siang	105%	1,010
		98%	
		100%	
	Sore	100%	1,013
		99%	
		105%	
Rata - Rata			1,019
Isuzu	Pagi	107%	1,017
		100%	
		100%	
	Siang	100%	1,017

Lanjutan Tabel 5.7 Pengamatan Faktor Bucket *Excavator* Hari Pertama

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Rata-Rata Bagian Terisi
		105%	
		100%	
	Sore	110%	1,027
		100%	
		100%	
Rata - Rata			1,02
Mitshubishi	Pagi	107%	1,035
		100%	
		100%	
	Siang	100%	1,0167
		105%	
		100%	
	Sore	110%	1,033
		100%	
		100%	
Rata - Rata			1,028
Toyota	Pagi	105%	1,017
		100%	
		100%	
	Siang	100%	1,003
		101%	
		100%	
	Sore	110%	1,033
		100%	
		100%	
Rata – Rata			1,018
Komatsu DZ 602	Pagi	100%	0,983
		95%	
		100%	
	Siang	100%	0,993
		98%	
		100%	
	Sore	100%	0,993
		99%	
		98%	
Rata - Rata			0,99
Caterphilar D6G	Pagi	100%	0,993
		100%	
		98%	
	Siang	100%	0,993

Lanjutan Tabel 5.7 Pengamatan Faktor Bucket *Excavator* Hari Pertama

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan	Bagian Terisi (%)	Rata-Rata Bagian Terisi
		98%	
		100%	
	Sore	100%	1,000
		100%	
		100%	
		100%	
Rata - Rata			0,996

Berdasarkan data diatas, didapatkan rata – rata bucket dan *blade* yang terisis material (%), kemudian dari hasil tersebut dapat dihitung rata – rata persen terisi lalu diperoleh faktor *bucket* dan *blade*.

a. *Excavator* Hyundai HX 300SI

Rata – rata material terisi hari ke-1 = 101,22%

Rata – rata material tanah terisi hari ke-2 = 100,44%

Rata – rata material tanah hari ke-3 = 100,44%

Rata – rata material tanah hari ke-4 = 101,22%

Rata – rata material tanah hari ke-5 = 101,78%

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

Rata – rata *bucket* terisi material = $(101,22 + 100,44 + 100,44 + 101,22 + 101,78) / 5$
= 101,18 %

Faktor *bucket* = 1,01

Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Faktor *Bucket*

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan (hari)	Rata – rata bucket terisi (%)
Hyundai HX 300SI	Hari Ke-1	101,22%
	Hari Ke-2	100,44%
	Hari ke-3	100,44%
	Hari ke-4	101,22%
	Hrari ke-5	101,78%

Lanjutan Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Faktor *Bucket*

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan (hari)	Rata – rata bucket terisi (%)
Rata - Rata		101,18%
Faktor <i>Bucket</i>		1,010
Komatsu PC 200	Hari Ke-1	100,78%
	Hari Ke-2	102,56%
	Hari ke-3	102,33%
	Hari ke-4	101,67%
	Hrari ke-5	102,56%
Rata - Rata		101,83%
Faktor <i>Bucket</i>		1,02
Doosan DX 300CA	Hari Ke-1	101,89%
	Hari Ke-2	102,33%
	Hari ke-3	101,22%
	Hari ke-4	103,11%
	Hrari ke-5	101,89%
Rata - Rata		102,09%
Faktor <i>Bucket</i>		1,02
ISUZU	Hari Ke-1	102,28%
	Hari Ke-2	104,00%
	Hari ke-3	104,00%
	Hari ke-4	103,56%
	Hrari ke-5	103,44%
Rata - Rata		103,46%
Faktor <i>Bucket</i>		1,03
Mitsubhishi	Hari Ke-1	102,83%
	Hari Ke-2	103,00%
	Hari ke-3	104,33%
	Hari ke-4	102,56%
	Hrari ke-5	103,33%
Rata - Rata		103,18%
Faktor <i>Bucket</i>		1,03
Toyota	Hari Ke-1	102,06%
	Hari Ke-2	105,00%
	Hari ke-3	104,44%
	Hari ke-4	102,56%
	Hrari ke-5	102,11%

Lanjutan Tabel 5.8 Rekapitulasi Perhitungan Faktor *Bucket*

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan (hari)	Rata – rata bucket terisi (%)
Rata - Rata		103,23%
Faktor <i>Bucket</i>		1,03
DZ 602	Hari Ke-1	98,83%
	Hari Ke-2	99,33%
	Hari ke-3	98,22%
	Hari ke-4	99,56%
	Hrari ke-5	99,00%
Rata - Rata		98,99%
Faktor <i>Bucket</i>		0,99
Caterphilar D6G	Hari Ke-1	99,56%
	Hari Ke-2	99,22%
	Hari ke-3	98,22%
	Hari ke-4	99,56%
	Hrari ke-5	98,89%
Rata - Rata		99,14%
Faktor <i>Bucket</i>		0,99

Berdasarkan rekapitulasi tabel 5.4 faktor *bucket excavator*, faktor bak *dump truck*, dan faktor *blade bulldozer* menunjukkan bahwa faktor *bucket*, bak dan *blade* sangat baik.

5.2.7 Produktivitas Alat Berat Pekerjaan Timbunan

Dalam pelaksanaan pekerjaan timbunan di sta 37 dibutuhkan bantuan tenaga alat berat sebagai pendukung dalam melakukan pekerjaan. Pada saat pengamatan alat berat yang digunakan di *quary* adalah *excavator* sebagai alat pemuat, *dump truck* alat angkut menuju lokasi timbunan. Alur dalam pengerjaan.

1. *Excavator*

Pada Proyek Pembangunan jalan Tol ini *Excavator* mempunyai fungsi yaitu untuk menggali tanah dan untuk memindahkan tanah dari *quary* ke lokasi timbunan dengan bantuan alat berat *dump truck* untuk alat angkut. Berikut ini perhitungan beberapa jenis alat berat *excavator*. Berdasarkan pengamatan di lapangan, didapatkan ada 3 jenis *excavator* yang digunakan sebagai berikut.

a. Jenis *Excavator* Hyundai Hx 300Sl



Gambar 5.9 Hyundai Hx 300sl
(Sumber: Pengamatan lapangan, 2024)

Kapasitas <i>bucket</i> (q')	= $1,27 \text{ m}^3$ (spesifikasi alat)
Efisiensi kerja (E)	= 0,877 (dapat dilihat pada tabel 5.6)
Faktor <i>bucket</i> (K)	= 1,012 (dapat dilihat pada tabel 5.8)
Waktu kerja	= 7 jam/hari
waktu gali	= 17,68 detik (dapat dilihat pada tabel 5.9)
waktu putar isi	= 4,507 detik (dapat dilihat pada tabel 5.9)
waktu buang	= 6,02 detik (dapat dilihat pada tabel 5.9)
waktu putar kosong	= 4,127 detik (dapat dilihat pada tabel 5.9)
Waktu siklus	= waktu gali + waktu putar isi + waktu buang + waktu putar kosong = $17,68 + 4,507 + 6,02 + 4,127$ = 32,336 detik

Berikut adalah data hasil pengamat waktu siklus *excavator* Hyundai Hx 300Sl pada tabel 5.9 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.9 Waktu Siklus Hyundai Hx 300sl Hari Peratma

Sesi	Siklus	Waktu gali T1 (detik)	Waktu Putar Isi T2 (detik)	Waktu Buang T3 (detik)	Waktu Putar Kosong T4 (detik)
pagi	Ke – 1	18,82	4,34	6,56	4,22
	Ke – 2	18,42	4,28	5,00	4,56
	Ke – 3	17,9	456	5,84	3,89
siang	Ke – 4	17,21	5,34	6,21	4,85
	Ke – 5	18,21	4,28	5,86	3,98
	Ke – 6	17,34	4,59	6,65	4,12
sore	Ke – 7	16,34	4,34	5,21	3,85
	Ke – 8	17,62	4,28	6,21	4,56
	Ke – 9	17,8	4,51	6,65	3,12
Rata – rata		17,68	4,507	6,02	4,127
Waktu siklus (detik)		32,337			

Berikut adalah rekapitulasi rata – rata waktu siklus Hyundai Hx 300Sl selama 5 hari pengamatan dapat dilihat pada tabel 5.10 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.10 Rekapitulasi Waktu Siklus Hyundai Hx 300sl

Waktu pengamatan	Waktu gali T1 (detik)	Waktu Putar Isi T2 (detik)	Waktu Buang T3 (detik)	Waktu Putar Kosong T4 (detik)	waktu siklus (detik)
Hari Ke-1	17,680	4,507	6,02	4,127	32,337
Hari Ke-2	18,411	4,670	4,801	3,824	32,958
Hari ke-3	19,157	5,410	4,623	3,769	32,958
Hari ke-4	17,68	5,003	4,850	4.680	32,616
Hrari ke-5	19,6978	5,231	4,3678	3,762	33,059

Perhitungan produktivitas *excavator* Hyundai Hx 300sl dapat dilihat sebagai berikut.

Produksi per siklus

$$\begin{aligned}
 q &= q_1 \times K \\
 &= 1,27 \times 1,012
 \end{aligned}$$

$$q = 1,286 \text{ m}^3$$

Produktivitas per jam

$$\begin{aligned} Q &= \frac{q \times 3600 \times E}{Ts \times Fv} \\ &= \frac{1,286 \times 0,877 \times 3600}{32,337x} \\ &= 125,512 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan jenis *Excavator* Hyundai Hx 300Sl dapat dilihat pada tabel 5.11 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.11 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Hyundai Hx 300sl

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas m^3/jam
<i>Excavator</i> Hyundai Hx 300sl	Hari Ke-1	125,512
	Hari Ke-2	127,081
	Hari ke-3	123,202
	Hari ke-4	124,494
	Hrari ke-5	123,501
Rata - Rata Produktivitas		124,754

Berdasarkan rekapitulasi perhitungan rata – rata produktivitas *excavator* Hyundai Hx 300Sl sebesar $124,754 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan kapasitas *bucket* $1,27 \text{ m}^3$

b. Jenis *Excavator* Komatsu PC 200



Gambar 5. 10 Excavator Komatsu Pc 200
(Sumber: Pengamatan Lapangan, 2024)

Kapasitas <i>bucket</i> (q')	= 1,10 m^3 (spesifikasi alat)
Efisiensi kerja (E)	= 0,865 (dapat dilihat pada tabel 5.6)
Faktor <i>bucket</i> (K)	= 1,008 (dapat dilihat pada tabel 5.8)
Waktu kerja	= 7 jam/hari
Waktu gali	= 18,38 detik (dapat diliha pada tabel 5.12)
Waktu putar isi	= 5,29 detik (dapat dilihat pada tabel 5.12)
Waktu buang	= 5,49 detik (dapat dilihat pada tabel 5.12)
Waktu putar kosong	= 3,94 detik (dapat dilihat pada tabel 5.12)
Waktu siklus	= waktu gali +waktu putar isi + waktu buang +waktu putar kosong = 18,38 + 5,29 + 5,49 + 3,94 = 33,13 detik

Berikut adalah data hasil pengamat waktu siklus *excavator* Komatsu PC 200 pada tabel 5.12 sebagai berikut.

Tabel 5.12 Data Pengamat Waktu Siklus Komatsu Pc 200 Hari Pertama

Sesi	Siklus	Waktu gali T1 (detik)	Waktu Putar Isi T2 (detik)	Waktu Buang T3 (detik)	Waktu Putar Kosong T4 (detik)
pagi	Ke – 1	17,7	4,34	6,56	4,22
	Ke – 2	18,72	5,34	6,21	4,1
	Ke – 3	17,95	5,28	5	4,4
siang	Ke – 4	17,21	5,56	5,84	3,9
	Ke – 5	18,21	5,34	5,42	4
	Ke – 6	18,54	5,28	5,5	3,56
sore	Ke – 7	19,52	5,34	6,32	4,12
	Ke – 8	19,42	6,24	5,28	3,85
	Ke – 9	18,26	5,56	4,21	3,56
Rata – rata		18,382	5,292	5,492	3,943
Waktu siklus (detik)		33,100			

Berikut adalah rekapitulasi waktu siklus Komatsu PC 200 selama 5 hari pengamatan dapat dilihat ada tabel 5.13 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.13 Waktu Siklus Komatsu PC 200

Waktu pengamatan	Waktu gali T1 (detik)	Waktu Putar Isi T2 (detik)	Waktu Buang T3 (detik)	Waktu Putar Kosong T4 (detik)	waktu siklus (detik)
Hari Ke-1	18,382	5,292	5,492	3,943	33,100
Hari Ke-2	18,700	4,275	5,318	3,506	31,798
Hari ke-3	19,983	4,421	4,472	3,236	32,113
Hari ke-4	19,082	4,519	4,928	3,369	31,898
Hrari ke-5	18,524	5,727	4,86	3,843	32,954

Perhitungan produktivitas *excavator* Komatsu PC 200 dapat dilihat sebagai berikut Produksi per siklus

$$\begin{aligned}
 q &= q_1 \times K \\
 &= 1,007 \times 0,859 \\
 &= 1,109 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Produktivitas per jam

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{q \times Fa \times 3600}{Ts \times Fv} \\
 &= \frac{1,109 \times 0,983 \times 3600}{33,1 \times 1} \\
 &= 104,282 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan jenis *Excavator* Komatsu PC 200 dapat dilihat pada tabel 5.14 sebagai berikut.

Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Komatsu Pc 200

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas (m^3/jam)
Komatsu PC 200	Hari Ke-1	104,282
	Hari Ke-2	110,466
	Hari ke-3	109,148

Lanjutan Tabel 5.14 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Komatsu Pc 200

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas (m^3/jam)
	Hari ke-4	109,167
	Hrari ke-5	106,591
Rata - Rata Produktivitas		107,930

Berdasarkan rekapitulasi tabel 5.14 nilai rata – rata produktivitas *excavator* Komatsu PC 200 sebesar $107,930 m^3/jam$ dengan kapasitas *bucket* $1,1 m^3$

c. Jenis *Excavator* Doosan DX 300CA



Gambar 5. 11 Excavator Doosan Dx 300ca
(Sumber: Pengamatan Lapangan, 2024)

Kapasitas <i>bucket</i> (q')	= $1,2 m^3$ (spesifikasi alat)
Efisiensi kerja (E)	= 0,87 (dapat dilihat pada tabel 5.6)
Faktor bucket (K)	= 1,019 (dapat dilihat pada tabel 5.8)
Waktu kerja	= 7 jam/hari
waktu gali	=23,21 detik (dapat dilihat pada tabel 5.15)
waktu putar isi	= 4,481 detik (dapat dilihat pada tabel 5.15)
waktu buang	= 4,591 detik (dapat dilihat pada tabel 5.15)

waktu putar kosong = 3,562 detik (dapat dilihat pada tabel 5.15)

Waktu siklus = waktu gali + waktu putar isi + waktu buang + waktu putar kosong
 = 18,555 + 4,481 + 4,591 + 3,562

Waktu siklus = 31,189 detik

Berikut adalah data hasil pengamat waktu siklus *excavator* PC 200 pada tabel 5.15 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.15 Data Pengamat Waktu Siklus Doosan Dx 300ca Pertama

Sesi	Siklus	Waktu gali T1 (detik)	Waktu Putar Isi T2 (detik)	Waktu Buang T3 (detik)	Waktu Putar Kosong T4 (detik)
pagi	Ke – 1	23,217	5,060	4,500	3,600
	Ke – 2	16,230	4,800	4,280	3,240
	Ke – 3	19,420	4,320	4,820	3,333
siang	Ke – 4	17,230	4,070	4,520	3,500
	Ke – 5	22,210	3,870	4,670	4,000
	Ke – 6	18,400	5,000	4,820	3,760
sore	Ke – 7	17,540	4,320	4,520	3,210
	Ke – 8	17,540	4,240	5,220	3,420
	Ke – 9	19,870	4,650	3,970	4,000
Rata – rata		18,555	4,481	4,591	3,562
Waktu siklus (detik)		31,189			

Berikut adalah rekapitulasi waktu siklus Doosan DX 300CA selama 5 hari pengamatan dapat dilihat pada tabel 5.16 sebagai berikut .

Tabel 5.16 Waktu Siklus Doosan Dx 300ca

Waktu pengamatan	Waktu gali T1 (detik)	Waktu Putar Isi T2 (detik)	Waktu Buang T3 (detik)	Waktu Putar Kosong T4 (detik)	waktu siklus (detik)
Hari Ke-1	18,555	4,481	4,591	3,562	31,189
Hari Ke-2	19,069	4,297	4,988	3,649	32,087
Hari ke-3	19,524	4,379	4,971	3,864	32,738

Lanjutan Tabel 5.16 Waktu Siklus Doosan Dx 300ca

Waktu pengamatan	Waktu gali T1 (detik)	Waktu Putar Isi T2 (detik)	Waktu Buang T3 (detik)	Waktu Putar Kosong T4 (detik)	waktu siklus (detik)
Hari ke-4	18,700	4,66	5,306	3,421	32,087
Hrari ke-5	19,13	4,369	4,8144	3,402	31,716

Perhitungan produktivitas *Excavator* Doosan DX 300CA dapat dilihat sebagai berikut.

Produksi per siklus

$$\begin{aligned}
 q' &= q_1 \times K \\
 &= 1,2 \times 0,87 \\
 &= 1,223 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Produktivitas per jam

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= \frac{q \times Fa \times 60}{T_s} \\
 &= \frac{1,223 \times 0,87 \times 3600}{31,189} \\
 &= 122,768 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan jenis *Excavator* Doosan DX 300CA dapat dilihat pada tabel 5.17 sebagai berikut.

Tabel 5.17 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Doosan Dx 300ca

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas (m^3/jam)
Doosan DX 300CA	Hari Ke-1	122,768
	Hari Ke-2	120,173
	Hari ke-3	116,195
	Hari ke-4	120,763
	Hrari ke-5	120,731
Rata - Rata Produktivitas		120,126

Berdasarkan rekapitulasi tabel 5.17 nilai rata – rata produktivitas *excavator* Dx 300ICA sebesar $120,126 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan kapasitas *bucket* $1,2 \text{ m}^3$

2. *Dump truck*

Pada Proyek Pembangunan jalan Tol ini *dump truck* mempunyai fungsi untuk mengangkut material timbunan dari *quary* ke lokasi timbunan. *Dump truck* dapat dilihat pada gamabr 5.13 sebagai berikut



Gambar 5. 12 *Dump Truck Isuzu Elf Hd*
(Sumber: Pengamatan Lapangan, 2024)

Berdasarkan pengamatan di lapangan, didapatkan ada beberapa jenis *Dump Truck* yang digunakan.

a. Jenis <i>Dump Truck</i>	= Isuzu Elf HD
Panjang bak	= 360 cm (spesifikasi alat)
Lebar bak	= 180 cm (spesifikasi alat)
Tinggi bak	= 110 cm (spesifikasi alat)
Kapasitas <i>dump truck</i> (c)	= 7,128 m ³ (spesifikasi alat)
Efisiensi kerja (E)	= 0,876 (dapat dilihat pada tabel 5.6)
Faktor bak	= 1,02 (dapat dilihat pada tabel 5.8)
Waktu kerja	= 7 jam/hari
Jarak angkut (D)	= 15 km
Kecepatan bermuatan	= 33,471 km/jam
Kecepatan kosong	= 43,085 km/jam

Kecepatan *dump truck* pada kondisi bermuatan dan pada kondisi kosong dapat dicari dari perhitungan secara teoritis dari hasil pengamatan, berikut merupakan contoh perhitungannya:

1. Kondisi bermuatan

Jarak angkut	= 15 km
--------------	---------

$$\begin{aligned}\text{Waktu angkut} &= 26,889 \text{ menit} \\ \text{Kecepatan} &= \frac{d}{t} \\ &= \frac{15}{0,448} = 33,471 \text{ km/jam}\end{aligned}$$

2. Kondisi kosong

$$\begin{aligned}\text{Jarak angkut} &= 15 \text{ km} \\ \text{Waktu angkut} &= 20,889 \text{ menit} \\ \text{Kecepatan} &= \frac{d}{t} \\ &= \frac{15}{0,348} = 43,085 \text{ km/jam}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu rata- rata siklus alat pemuat} &= 32,337 \text{ detik} \\ \text{waktu muat } excavator &= 1,246 \text{ menit (dapat dilihat pada tabel 5.18)} \\ \text{waktu angkut} &= 26,889 \text{ menit (dapat dilihat pada tabel 5.18)} \\ \text{waktu bongkar} &= 0,51 \text{ menit (dapat dilihat pada tabel 5.18)} \\ \text{waktu Kembali} &= 20,889 \text{ menit (dapat dilihat pada tabel 5.18)} \\ \text{Waktu siklus} &= \text{waktu muat} + \text{waktu angkut} + \text{waktu} \\ &\quad \text{bongkar} + \text{waktu kembali} \\ &= 1,246 + 26,889 + 0,51 + 20,889 \\ &= 49,534 \text{ menit}\end{aligned}$$

Berikut adalah data hasil pengamat waktu siklus *Dump Truck* Izuzu HD pada tabel 5.18 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.18 Waktu Siklus Izuzu Hd Hari Pertama

Sesi	Siklus	Waktu Muat <i>Excavator</i> (Menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,5	26	32	20

Lanjutan Tabel 5.18 Waktu Siklus Izuzu Hd Hari Pertama

	Ke – 2	1,24	27	30	21
	Ke – 3	1,11	26	29	22
siang	Ke – 4	1,3	26	30	20
	Ke – 5	1,15	27	29,5	21
	Ke – 6	1,22	27	31	22
sore	Ke – 7	1,18	28	32	22
	Ke – 8	1,21	28	30	20
	Ke – 9	1,3	27	32	20
total (menit)		1,246	26,889	0,510	20,889
waktu siklus (ctm)		49,534			

Berikut adalah hasil rekapitulasi waktu siklus *dump truck* Izuzu Elf Hd selama 5 hari pengamatan dapat dilihat pada tabel 5.19 sebagai berikut

Tabel 5.19 Waktu Siklus Izuzu Elf Hd

Waktu pengamatan (hari)	Waktu Muat <i>Excavator</i> (Menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (menit)	Waktu Kembali (Menit)	Waktu siklus (menit)
Hari Ke-1	1,246	26,889	0,510	20,889	49,534
Hari Ke-2	1,193	27	0,485	20,556	49,931
Hari ke-3	1,228	27,667	0,480	20,556	49,881
Hari ke-4	1,15889	27,889	0,500	20,333	49,599
Hrari ke-5	1,231	26,714	0,510	21,143	49,599

Perhitungan produktivitas *dump truck Isuzu Elf HD* dapat dilihat sebagai berikut.

Jumlah siklus *excavator* untuk mengisis material ke bak *dump truck*

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{C}{q_1 \times K} \\
 &= \frac{7,128}{1,27 \times 1,02} \\
 &= 5,503
 \end{aligned}$$

$$= 6 \text{ kali}$$

$$\begin{aligned}
 C &= q_1 \times K \times n \\
 &= 1,27 \times 1,02 \times 6
 \end{aligned}$$

$$C = 7,772 \text{ m}^3$$

Produktivitas per jam

$$Q = \frac{C \times 60 \times Et}{Ctm}$$

$$= \frac{7,772 \times 60 \times 0,876}{52,533}$$

$$= 8,252 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan *dump truck* Isuzu Elf HD dapat dilihat pada tabel 5.20 sebagai berikut.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Isuzu Elf Hd

Jenis <i>Dump truck</i>	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas (m^3/jam)
Isuzu Elf HD	Hari Ke-1	8,252
	Hari Ke-2	8,465
	Hari ke-3	8,347
	Hari ke-4	8,319
	Hrari ke-5	8,348
Rata - Rata Produktivitas		8,348

Berdasarkan rekapitulasi tabel 5.20 nilai rata – rata produktivitas *dump truck* Isuzu Elf Hd sebesar 8,348 m^3/jam dengan kapasitas bak sebesar 7,128 m^3 .

- b. Jenis *Dump Truck* = Mitshubishi
- Panjang bak = 360 cm (spesifikasi alat)
- Lebar bak = 185 cm (spesifikasi alat)
- Tinggi bak = 112 cm (spesifikasi alat)
- Kapasitas *dump truck* (c) = 7,529 m^3 (spesifikasi alat)
- Efisiensi kerja (E) = 0,875 (dapat dilihat pada tabel 5.6)
- Faktor bak = 1,024 (dapat dilihat pada tabel 5.8)
- Waktu kerja = 7 jam/hari
- Jarak angkut (D) = 15 km
- Kecepatan bermuatan = 32,927 km/jam
- Kecepatan kosong = 43,316 km/jam

Kecepatan *dump truck* pada kondisi bermuatan dan pada kondisi kosong dapat dicari dari perhitungan secara teoritis dari hasil pengamatan, berikut merupakan contoh perhitungannya:

1. Kondisi bermuatan

$$\begin{aligned}\text{Jarak angkut} &= 15 \text{ km} \\ \text{Waktu angkut} &= 27,333 \text{ menit} \\ \text{Kecepatan} &= \frac{d}{t} \\ &= \frac{15}{0,456} = 32,926 \text{ km/jam}\end{aligned}$$

2. Kondisi kosong

$$\begin{aligned}\text{Jarak angkut} &= 15 \text{ km} \\ \text{Waktu angkut} &= 20,889 \text{ menit} \\ \text{Kecepatan} &= \frac{d}{t} \\ &= \frac{15}{0,346} = 43,315 \text{ km/jam}\end{aligned}$$

$$\text{waktu muat excavator} = 1,607 \text{ menit (dapat dilihat pada tabel 5.21)}$$

$$\text{waktu angkut} = 27,333 \text{ menit (dapat dilihat pada tabel 5.21)}$$

$$\text{waktu bongkar} = 0,467 \text{ menit (dapat dilihat pada tabel 5.21)}$$

$$\text{waktu kembali} = 20,778 \text{ menit (dapat dilihat pada tabel 5.21)}$$

$$\begin{aligned}\text{Waktu siklus} &= \text{waktu muat} + \text{waktu angkut} + \text{waktu} \\ &\quad \text{bongkar} + \text{waktu kembali} + \text{waktu} \\ &\quad \text{tunggu}\end{aligned}$$

$$= 1,607 + 27,333 + 0,467 + 20,778$$

$$= 50,186 \text{ menit}$$

Berikut adalah data hasil pengamat waktu siklus *Dump Truck* Mitshubishi pada tabel 5.21

Tabel 5.21 Data Pengamat Waktu Siklus Mitshubishi Hari Pertama

Sesi	Siklus	Waktu Muat <i>Excavator</i> (Menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,6	28	29	20
	Ke – 2	1,45	27	30	21
	Ke – 3	1,65	27	27	21
siang	Ke – 4	1,54	26	27	21
	Ke – 5	1,56	27	29	20
	Ke – 6	1,67	26	28,5	22
sore	Ke – 7	1,76	28	28,5	21
	Ke – 8	1,53	28	27	21
	Ke – 9	1,71	29	26	20
total		1,608	27,333	28	20,778
waktu siklus (ctm)		50,186			

Berikut adalah hasil rekapitulasi waktu siklus *dump truck* Mitshubishi selama 5 hari pengamatan dapat dilihat pada tabel 5.22 sebagai berikut.

Tabel 5.22 Data Pengamat Waktu Siklus Mitshubishi

Waktu pengamatan (hari)	Waktu Muat <i>Excavator</i> (Menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (menit)	Waktu Kembali (Menit)	Waktu siklus (menit)
Hari Ke-1	1,608	27,333	28,00	20,778	50,186
Hari Ke-2	1,664	27,667	28,889	20,778	50,59
Hari ke-3	1,6467	27,333	30,611	20,778	50,268
Hari ke-4	1,664	27,778	29,144	20,556	50,484
Hrari ke-5	1,63667	27,444	28,556	20,667	50,224

Perhitungan produktivitas *dump truck* Mitsubhishi dapat dilihat sebagai berikut.

Jumlah siklus *excavator* untuk mengisis material ke bak *dump truck*

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{C}{q1 \times K} \\
 &= \frac{7,529}{1,1 \times 1,024} \\
 &= 7 \text{ kali}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= q_1 \times K \times n \\
 &= 1,1 \times 1,028 \times 7 \\
 &= 7,918 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Produktivitas per jam

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= \frac{C \times 60 \times E_t}{C_{tm}} \\
 &= \frac{7,918 \times 60 \times 0,875}{50,186} \\
 &= 8,285 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan *dump truck* Mitsubhishi dapat dilihat pada tabel 5.23 sebagai berikut.

Tabel 5. 23 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Mitsubhishi

Jenis <i>Dump truck</i>	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas (m^3/jam)
Mitsubhishi	Hari Ke-1	8,285
	Hari Ke-2	8,232
	Hari ke-3	7,875
	Hari ke-4	8,276
	Hrari ke-5	8,319
Rata - Rata Produktivitas per jam		8,198

Berdasarkan rekapitulasi tabel 5.23 nilai rata – rata produktivitas *dump truck* Mitsubhishi sebesar $8,198 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan kapasitas bak sebesar $7,529 \text{ m}^3$

c. Jenis <i>Dump Truck</i>	= Toyota
Panjang bak	= 360 cm (spesifikasi alat)
Lebar bak	= 190 cm (spesifikasi alat)
Tinggi bak	= 105 cm (spesifikasi alat)
Kapasitas <i>dump truck</i> (c)	= $7,182 \text{ m}^3$ (spesifikasi alat)
Efisiensi kerja (E)	= 0,873 (dapat dilihat pada tabel 5.6)
Faktor bak	= 1,018 (dapat dilihat pada tabel 5.8)
Waktu kerja	= 7 jam/hari
Jarak angkut (D)	= 15 km
Kecepatan bermuatan	= $32,927 \text{ km/jam}$

Kecepatan kosong = 45 km/jam

Kecepatan *dump truck* pada kondisi bermuatan dan pada kondisi kosong dapat dicari dari perhitungan secara teoritis dari hasil pengamatan, berikut merupakan contoh perhitungannya:

3. Kondisi bermuatan

Jarak angkut = 15 km

Waktu angkut = 27,333 menit

Kecepatan = $\frac{d}{t}$

$$= \frac{15}{0,456} = 32,926 \text{ km/jam}$$

4. Kondisi kosong

Jarak angkut = 15 km

Waktu angkut = 20 menit

Kecepatan = $\frac{d}{t}$

$$= \frac{15}{0,333} = 45 \text{ km/jam}$$

waktu muat *excavator* = 1,324 menit (dapat dilihat pada tabel 5.24)

waktu angkut = 27,333 menit (dapat dilihat pada tabel 5.24)

waktu bongkar = 0,507 menit (dapat dilihat pada tabel 5.24)

waktu Kembali = 20 menit (dapat dilihat pada tabel 5.24)

Waktu siklus = waktu muat + waktu angkut + waktu bongkar + waktu kembali + waktu tunggu

$$= 1,324 + 27,333 + 0,507 + 20 + 3$$

$$= 52,165 \text{ menit}$$

Berikut adalah data hasil pengamat waktu siklus *dump truck* Toyota pada tabel 5.24 berikut.

Tabel 5.24 Waktu Siklus Toyota Hino Hari Pertama

Sesi	Siklus	Waktu Muat <i>Excavator</i> (Menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,3	29	34	20
	Ke – 2	1,22	27	31	20
	Ke – 3	1,45	27	28,5	21
siang	Ke – 4	1,09	26	30	22
	Ke – 5	1,53	27	29,5	21
	Ke – 6	1,22	28	30	21
sore	Ke – 7	1,44	28	31,5	20
	Ke – 8	1,21	27	29	22
	Ke – 9	1,46	27	30,5	19
total		1,324	27,333	30,444	20
waktu siklus (ctm)		52,165			

Berikut adalah hasil rekapitulasi waktu siklus *dump truck* Toyota 5 hri pengamatan dapat dilihat pada tabel 5.25 sebagai berikut.

Tabel 5.25 Waktu Siklus Toyota Hino

Waktu pengamatan (hari)	Waktu Muat <i>Excavator</i> (Menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (menit)	Waktu Kembali (Menit)	Waktu siklus (menit)
Hari Ke-1	1,324	27,333	30,444	20	52,165
Hari Ke-2	1,37	27,667	28,944	20,778	52,644
Hari ke-3	1,383	28	29	20,611	52,811
Hari ke-4	1,424	28,222	29,1667	21,444	53,867
Hrari ke-5	1,44	27,611	29,667	21,556	53,367

Perhitungan produktivitas *dump truck* Toyota dapat dilihat sebagai berikut.
Jumlah siklus *excavator* untuk mengisi material ke bak *dump truck*.

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{C}{q_1 \times K} \\
 &= \frac{7,182}{1,2 \times 1,017} \\
 &= 6 \text{ kali} \\
 C &= q_1 \times K \times n \\
 &= 1,2 \times 1,021 \times 6
 \end{aligned}$$

$$= 7,348 \text{ m}^3$$

Produktivitas per jam

$$\begin{aligned} Q &= \frac{C \times 60 \times Et}{Ctm} \\ &= \frac{7,348 \times 60 \times 0,873}{49,165} \\ &= 7,813 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan *dump truck* Mitsubhishi dapat dilihat pada tabel 5.26 sebagai berikut.

Tabel 5. 26 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Produktivitas Toyota

Jenis <i>Dump truck</i>	Waktu Pengamatan	Produktivitas (m^3/jam)
Toyota	Hari Ke-1	7,813
	Hari Ke-2	8,078
	Hari ke-3	8,685
	Hari ke-4	7,484
	Hrari ke-5	7,521
Rata - Rata Produktivitas per jam		7,916

Berdasarkan rekapitulasi tabel 5.26 nilai rata – rata produktivitas *dump truck* Isuzu Elf Hd sebesar $7,916 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan kapasitas bak sebesar $7,182 \text{ m}^3$.

3. *Bulldozer*

Pada tugas akhir ini *Bulldozer* mempunyai fungsi untuk menggusur dan meratakan material yang dibongkar oleh *dump truck*. Berdasarkan pengamatan di lapangan, didapatkan ada 2 jenis *Bulldozer* yang digunakan.

- a. *Bulldozer Dz 602* dapat dilihat pada gambar 5.13 sebagai berikut.



Gambar 5.13 Bulldozer Dz 602
(Sumber: Pengamatan Lapangan, 2024)

Efisiensi kerja alat (E) = 3,7 (dapat dilihat pada tabel 5.6)

Faktor *blade* (a) = 0,988 (dapat dilihat pada tabel 5.8)

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.

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

Rata – rata waktu maju = $(40,54 + 39,98 + 40,78 + 37,87 + 38,05 + 37,64 + 37,43 + 36,89 + 37,07) / 9$
= 38,472 detik (dapat dilihat pada tabel 5.27)

Rata – rata jarak angkut = $(27 + 27 + 27 + 25 + 25 + 25 + 24 + 24 + 24) / 9$
= 25,333 menit (dapat dilihat pada tabel 5.27)

Rata – rata kecepatan maju = $\frac{\text{rata-rata jarak maju}}{\text{rata-rata waktu angkut}}$
= $\frac{25,33}{38,472}$

Rata – rata kecepatan maju = 0,658 m/s

Rata – rata waktu mundur = $(36,34 + 35,43 + 36,04 + 32,34 + 33,43 + 20,52 + 37,23 + 37,21 + 36,67) / 9$

Rata – rata waktu mundur = 35,023 detik (dapat dilihat pada tabel 5.27)

Rata – rata jarak mundur = $(26 + 26 + 26 + 24 + 24 + 24 + 25 + 25 + 25) / 9$
= 25 meter (dapat dilihat pada tabel 5.27)

Rata – rata kecepatan mundur = $\frac{\text{rata-rata jarak mundur}}{\text{rata-rata waktu mundur}}$
= $\frac{25}{35,023}$
= 0,716 m/s

Rata – rata ganti perseneling (z) = 0,3 detik (dapat dilihat pada tabel 5.56)

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

$$\begin{aligned}\text{Waktu CT} &= \frac{25,333}{0,658} + \frac{25}{0,716} + 0,3 \\ &= 73,672 \text{ detik}\end{aligned}$$

Hasil pengamatan lapangan waktu siklus *bulldozer* selama 5 hari dapat dilihat pada tabel 5.27 sebagai berikut.

Tabel 5.27 Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu Dz 602 Hari Pertama

Waktu	Sesi	Waktu Maju (detik)	Jarak Angkut (m)	Kecepatan Maju (m/s)	Jarak Mundur (m)	Waktu Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/s)	Ganti perseneling (Detik)
pagi	ke 1	40,54	27	0,666	26	36,34	0,715	0,4
	ke 2	39,98	27	0,675	26	35,43	0,733	0,4
	ke 3	40,78	27	0,662	26	36,04	0,721	0,5
siang	ke 1	37,87	25	0,66	24	32,34	0,742	0,3
	ke 2	38,05	25	0,657	24	33,43	0,717	0,3
	ke 3	37,64	25	0,664	24	30,52	0,786	0,2
Sore	ke 1	37,43	24	0,641	25	37,23	0,671	0,2
	ke 2	36,89	24	0,65	25	37,21	0,671	0,2
	ke 3	37,07	24	0,647	25	36,67	0,681	0,2
Rata-rata		38,4722	25,333	0,658	25	35,023	0,716	0,3
CT (waktu siklus) detik		74,278						

Tabel 5.28 Hasil Rekapitulasi Waktu Siklus *Bulldozer* Dz 602

Waktu pengamatan (hari)	Waktu Maju (detik)	Jarak Angkut (m)	Kecepatan Maju (m/s)	Jarak Mundur (m)	Waktu Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/s)	Ganti perseneling (Detik)	Waktu siklus (detik)
Hari Ke-1	38,472	25,333	0,658	25	35,023	0,716	0,3	74,278
Hari Ke-2	38,493	25	0,649	24,333	32,261	0,754	0,23	70,977
Hari ke-3	35,85	23	0,641	22,444	30,539	0,737	0,3	66,607
Hari ke-4	35,3067	24	0,683	23	31,108	0,739	0,3	66,543
Hari ke-5	35,2	24	0,681	23,333	30,997	0,753	0,3	76,632

Perhitungan produktivitas *bulldozer* Komatsu DZ 602 dapat dilihat sebagai berikut.

b. Hari Pertama

Waktu siklus = 74,278 detik (dapat dilihat pada tabel 5.27)
 Efisiensi kerja alat = 0,89 (dapat dilihat pada tabel 5.6)
 Lebar *blade* (L) = 3,7 m (spesifikasi alat)
 Tinggi *blade* (H) = 1,1 m (spesifikasi alat)
 Faktor *blade* (a) = 0,99 (dapat dilihat pada tabel 5.8)
 Produksi persiklus (q') = $L \times H^2 \times a$
 (q') = $3,7 \times 1,1^2 \times 0,99$
 Produksi persiklus (q') = $4,432 \text{ m}^3$
 Produktivitas *Bulldozer* per jam
 Q = $q' \times \frac{3600}{CT} \times E$
 = $4,432 \times \frac{3600}{73,672} \times 0,89$
 = $192,677 \text{ m}^3/\text{jam}$

Hasil rekapitulasi perhitungan produktivitas Komatsu Dz 602 lainnya dapat dilihat pada tabel 5.29 sebagai berikut.

Tabel 5.29 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Komatsu Dz 602

Jenis <i>Bulldozer</i>	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas (m^3/jam)
Komatsu DZ 602	Hari Ke-1	192,677
	Hari Ke-2	200,666
	Hari ke-3	211,440

Lanjutan Tabel 5.29 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Komatsu Dz 602

Jenis <i>Bulldozer</i>	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas (m^3/jam)
	Hari ke-4	213,319
	Hrari ke-5	185,235
Rata - Rata Produktivitas		200,667

Bedasarkan tabel 5.29 rekapitulasi nilai produktivitas *bulldozer* Komatsu DZ 602 sebesar 200,667 m³/jam, dengan kapasitas blade 4,432 m³

c. Caterphilar D6G



Gambar 5.14 Caterphilar D6g
(Sumber: Pengamatan Lapangan, 2024)

Efisiensi kerja alat (E) = 0,889 (dapat dilihat pada tabel 5.6)

Faktor *blade* (a) = 0,996 (dapat dilihat pada tabel 5.8)

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

Rata – rata waktu maju = (45,34 + 44,34 + 44,56 + 43,23 + 43,09 + 42,56 + 45,34 + 45,98 + 44,01)/9
= 84,917 detik (dapat dilihat pada tabel 5.30)

Rata – rata jarak angkut = (29 + 29 + 29 + 27 + 27 + 27 + 28 + 28 + 28) /9
= 28,667 menit (dapat dilihat pada tabel 5.30)

Rata – rata kecepatan maju = $\frac{\text{rata-rata jarak maju}}{\text{rata-rata waktu angkut}}$
= $\frac{28,667}{84,917}$
= 0,648 m/s

Rata – rata waktu mundur = (41,34 + 40,43 + 40,04 + 39,34 + 39,43 + 40,52 + 41,23 + 40,21 + 40,67) /9

$$\begin{aligned}
 &= 40,357 \text{ detik (dapat dilihat pada tabel 5.30)} \\
 \text{Rata – rata jarak mundur} &= (29 + 29 + 29 + 27 + 27 + 27 + 28 + 28 + \\
 &28) / 9 \\
 &= 28 \text{ meter (dapat dilihat pada tabel 5.30)} \\
 \text{Rata – rata kecepatan mundur} &= \frac{\text{rata-rata jarak mundur}}{\text{rata-rata waktu mundur}} \\
 &= \frac{28}{40,357} \\
 &= 0,694 \text{ m/s} \\
 \text{Rata – rata ganti perseneling (z)} &= (0,4 + 0,4 + 0,5 + 0,3 + 0,3 + 0,2 + 0,2 + 0,2 \\
 &+ 0,2) / 9 \\
 &= 0,3 \text{ detik (dapat dilihat pada tabel 5.30)} \\
 \text{Waktu CT} &= \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \\
 &= \frac{28,667}{0,648} + \frac{28}{0,694} + 0,3 \\
 &= 84,917 \text{ detik}
 \end{aligned}$$

Hasil pengamatan waktu siklus aterphilar D6G selama 5 (lima) hari di lapangan dapat dilihat pada tabel 5.30 sebagai berikut.

Tabel 5.30 Waktu Siklus Caterphilar D6g Hari Pertama

Waktu	Sesi	Waktu Maju (detik)	Jarak Angkut (m)	Kecepatan Maju (m/s)	Jarak Mundur (m)	Waktu Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/s)	Ganti perseneling (detik)
	Ke 3	42,56	28	0,658	27	40,52	0,666	0,2
Sore	Ke 1	45,34	29	0,640	28	41,23	0,679	0,2
	Ke 2	45,98	29	0,631	28	40,21	0,696	0,2
	Ke 3	44,01	29	0,659	28	40,67	0,688	0,2
Rata-Rata		44,272	28,667	0,648	28,000	40,357	0,694	0,300
CT (Waktu Siklus) Detik		84,917						

Tabel 5.30 Hasil Rekapitulasi Waktu Siklus Caterphilar D6G

Waktu pengamatan (hari)	Waktu Maju (detik)	Jarak Angkut (m)	Kecepatan Maju (m/s)	Jarak Mundur (m)	Waktu Mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/s)	Ganti perseneling (Detik)	Waktu siklus (detik)
Hari Ke-1	44,272	28,667	0,648	28,000	40,357	0,694	0,300	84,917
Hari Ke-2	45,403	28,667	0,632	28,667	35,023	0,821	0,300	80,600
Hari ke-3	36,756	24,000	0,653	23,333	30,749	0,759	0,300	67,771
Hari ke-4	36,227	24,333	0,672	23,667	31,339	0,755	0,300	67,829
Hrari ke-5	34,217	22,667	0,663	22,000	29,484	0,736	0,3	64,395

Perhitungan produktivitas *bulldozer* caterphilar D6G dapat dilihat sebagai berikut.

a. Pengamatan hari pertama

Waktu siklus = 84,917 detik (dapat dilihat pada tabel 5.30)

Efisiensi kerja alat (E) = 0,89 (dapat dilihat pada tabel 5.6)

Lebar blade (L) = 3,2 m (spesifikasi alat)

Tinggi blade (H) = 0,95 m (spesifikasi alat)

Faktor blade (a) = 0,996 (dapat dilihat pada tabel 5.19)

Produksi per siklus (q') = $L \times H^2 \times a$ (lihat persamaan)

$$= 3,2 \times 0,95^2 \times 0,996$$

$$= 2,875 \text{ m}^3$$

Produktivitas *Bulldozer* per jam

$$Q = q' \times \frac{3600}{CT} \times E$$

$$= 2,875 \times \frac{3600}{84,917} \times 0,889$$

$$Q = 108,456 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan lainnya dapat dilihat pada tabel 5.32 sebagai berikut.

Tabel 5.31 Rekapitulasi Perhitungan Produktivitas Caterphilar D6g

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas (m^3/jam)
Caterphilar D6G	Hari Ke-1	108,456
	Hari Ke-2	113,881
	Hari ke-3	134,074
	Hari ke-4	135,778
	Hrari ke-5	142,062
Rata - Rata Produktivitas		126,850

Berdasarkan rekapitulasi tabel 5.23 nilai rata – rata produktivitas *bulldozer* Caterphilar D6G sebesar $126,85 \text{ m}^3/\text{jam}$ dengan kapasitas blade sebesar $2,873 \text{ m}^3$

4. *Vibrator Roller*

Pada tugas akhir ini *Vibrator Roller* mempunyai fungsi untuk memadatkan permukaan tanah yang telah di gusur terlebih dahulu oleh *bulldozer*, sehingga vibratror roller dengan mudah memadatkan tanah.

Berdasarkan pengamatan di lapangan, didapatkan ada 2 jenis *Vibrator Roller* yang digunakan untuk memdatkan permukaan tana, jenis *vibrator roller* dapat dilihat pada gambar 5.15 sebagai berikut.

a. *Vibrator Roller HAMM 311D*



Gambar 5. 15 Vibrator Roller Hamm 311d
(Sumber: Pengamatan Lapangan, 2024)

Efisiensi kerja alat (E)	= 0,852 (dapat dilihat pada tabel 5.6)
Lebar <i>roller</i>	= 2,14 (dapat dilihat pada spesifikasi alat)
Diameter drum penggilas	= 1,41 (dapat dilihat pada spesifikasi alat)
Tebal pemadatan	= 30 cm (hasil wawancara pengawas)
Lebar <i>over lapping</i> (bo)	= 0,3 meter
Lebar efektif pemadatan (be)	= b – bo = 2,14 – 0,3
Lebar efektif pemadatan (be)	= 1,84 m
Jumlah lintasan	= 5 (hasil pengamatan)
Waktu dalam satu lintasan	= 47,585 detik (dapat dilihat pada tabel 5.33)
Jarak pemadatan	= 25,333 m (dapat dilihat pada tabel 5.33)
Kecepatan rata – rata	= $\frac{\text{rata-rata jarak pemadatan}}{\text{rata-rata waktu pemadatan}}$ = $\frac{25,333}{47,585}$ = 0,532 m/s = 1,916 km/jam

Pengamatan dilakukan dengan mencatat jarak pemadatan dalam 1 lintasan dan waktu dalam 1 lintasan, Kemudian jarak dan waktu yang didapatkan tersebut dirata-rata sehingga diperoleh rata-rata jarak pemadatan dan rata-rata waktu pemadatan.

Hasil pengamatan waktu dan jarak dalam satu lintasan dapat dilihat pada tabel 5.33 sebagai berikut.

Tabel 5.32 Waktu Dan Jarak Dalam 1 Lintasan Pada Hari Pertama

Waktu	Sesi	Waktu Dalam 1 Lintasan (Detik)	Jarak Pemadatan (m)
Pagi	Ke 1	45,5	27
	Ke 2	46,23	27
	Ke 3	47,22	27
Siang	Ke 1	48,02	25
	Ke 2	49,00	25
	Ke 3	47,32	25
Sore	Ke 1	48,43	24
	Ke 2	48,32	24
	Ke 3	48,23	24
Rata-Rata		47,586	25,333

Rekapitulasi kecepatan rata – rata *Vibrator Roller* HAMM 311D selama 5 hari pengamatan dapat dilihat pada tabel 5.34 sebagai berikut.

Tabel 5.33 Kecepatan Rata – Rata *Vibrator Roller* Hamm 311d

Jenis alat vibrator roller	Waktu Pengamatan (hari)	Waktu Dalam 1 Lintasan (Detik)	Jarak Pemadatan (m)	Kecepatan rata - rata
HAMM 311D	Hari Ke-1	47,586	25,333	1,916
	Hari Ke-2	43,740	25	1,749
	Hari ke-3	40,147	19	2,113
	Hari ke-4	39,906	19	1,626
	Hrari ke-5	46,413	24	1,938

Dari data yang telah didapatkan, baik dari spesifikasi maupun observasi dan wawancara lapangan maka untuk perhitungan produktivitas *vibrator roller* dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{(be \times V \times 1000) \times t \times Fa}{n} \\
 &= \frac{(1,84 \times 1,916 \times 1000) \times 0,3 \times 0,851}{5}
 \end{aligned}$$

$$= 180,06 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan produktivitas alat berat *vibrator roller* lainnya dapat dilihat pada tabe 5.35 sebagai berikut.

Tabel 5.34 Rekapitulasi Produktivitas *Vibrator Roller Hamm 311D*

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas (m^3/jam)
Vibrator roller Hamm 311D	Hari Ke-1	180,202
	Hari Ke-2	193,465
	Hari ke-3	160,194
	Hari ke-4	161,162
	Hrari ke-5	175,029
Rata - Rata Produktivitas		174,01

Berdasarkan rekapitulasi tabel 5.35 nilai rata – rata produktivitas *bulldozer* Caterphilar D6G sebesar $174,01\text{m}^3/\text{jam}$.

b. *Vibrator Roller CAT CS533E*



Gambar 5. 16 *Vibrator Roller Cat Cs533e*
(Sumber: Dokumetasi pribadi, 2024)

Efisiensi kerja alat (E)	= 0,851 (dapat dilihat pada table 5.6)
Lebar <i>roller</i>	= 2,14 (dapat dilihat pada spesifikasi alat)
Diameter drum penggilas	= 1,504 (dapat dilihat pada spesifikasi alat)
Tebal pemadatan	= 30 cm (hasil wawancara pengawas)
Lebar over lapping (bo)	= 0,3 meter

$$\begin{aligned}
 \text{Lebar efektif pemadatan (be)} &= b - b_0 \\
 &= 2,14 - 0,3 \\
 \text{Lebar efektif pemadatan (be)} &= 1,84 \text{ m} \\
 \text{Jumlah lintasan} &= 5 \text{ (hasil pengamatan)} \\
 \text{Waktu dalam satu lintasan} &= 49,87 \text{ detik (dapat dilihat pada table 5.36)} \\
 \text{Jarak pemadatan} &= 29 \text{ m (dapat dilihat pada table 5.36)} \\
 \text{Kecepatan rata – rata} &= \frac{\text{rata-rata jarak pemadatan}}{\text{rata-rata waktu pemadatan}} \\
 &= \frac{49,87}{29} \\
 &= 0,581 \text{ m/s} \\
 &= 2,093 \text{ km/jam}
 \end{aligned}$$

Pengamatan dilakukan dengan mencatat jarak pemadatan dalam 1 lintasan dan waktu dalam 1 lintasan, Kemudian jarak dan waktu yang didapatkan tersebut dirata-rata sehingga diperoleh rata-rata jarak pemadatan dan rata-rata waktu pemadatan.

Hasil pengamatan waktu dan jarak dalam satu lintasan dapat dilihat pada tabel 3.36 sebagai berikut.

Tabel 5.35 Waktu Dan Jarak Dalam Jarak 1 Lintasan Pada Har Pertama

Waktu	Sesi	Waktu Dalam 1 Lintasan (Detik)	Jarak Pemadatan (m)
pagi	ke 1	51,33	30
	ke 2	50,32	30
	ke 3	50,54	30
siang	ke 1	49,52	28
	ke 2	48,56	28
	ke 3	49,43	28
sore	ke 1	50,00	29
	ke 2	50,12	29
	ke 3	49,01	29
Rata-rata		49,87	29

Rekapitulasi kecepatan rata – rata *Vibrator Roller* Cat Cs533e 5 hari pengamatan dapat dilihat pada tabel 5.37 sebagai berikut.

Tabel 5.36 Kecepatan Rata – Rata *Vibrator Roller* Cat Cs533e

Jenis alat vibrator roller	Waktu Pengamatan (hari)	Waktu Dalam 1 Lintasan (Detik)	Jarak Pemadatan (m)	Kecepatan rata - rata
HAMM 311D	Hari Ke-1	49,870	29,00	1,916
	Hari Ke-2	49,750	28,667	1,749
	Hari ke-3	46,270	24,000	2,113
	Hari ke-4	51,211	30,000	1,626
	Hrari ke-5	51,332	30,333	1,938

Dari data yang telah didapatkan, baik dari spesifikasi maupun observasi dan wawancara lapangan maka untuk perhitungan produktivitas *vibrator roller* dapat dilihat sebagai berikut.

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{(be \times V \times 1000) \times t \times Fa}{n} \\
 &= \frac{(1,84 \times 2,093 \times 1000) \times 0,3 \times 0,857}{5} \\
 &= 196,679 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Hasil rekapitulasi perhitungan produktivitas *vibrator roller* Cat Cs533e lainnya dapat dilihat pada tabel 5.38 sebagai berikut.

Tabel 5.37 Rekapitulasi Produktivitas *Vibrator Roller* Cat Cs533e

Jenis Alat Berat	Waktu Pengamatan (hari)	Produktivitas (m^3/jam)
CAT CS533E	Hari Ke-1	196,6798027
	Hari Ke-2	180,202
	Hari ke-3	193,465
	Hari ke-4	160,194
	Hrari ke-5	161,162
Rata - Rata Produktivitas		192,999

Berdasarkan rekapitulasi tabel 5.38 nilai rata – rata produktivitas *bulldozer* Caterphilar D6G sebesar 192,999 m^3/jam .

Berikut rekapituasi hasil produktivitas dari masing – masing alat berat pada pekerjaan timbunan dapat dilihat pada tabel 5.39 sebagai berikut.

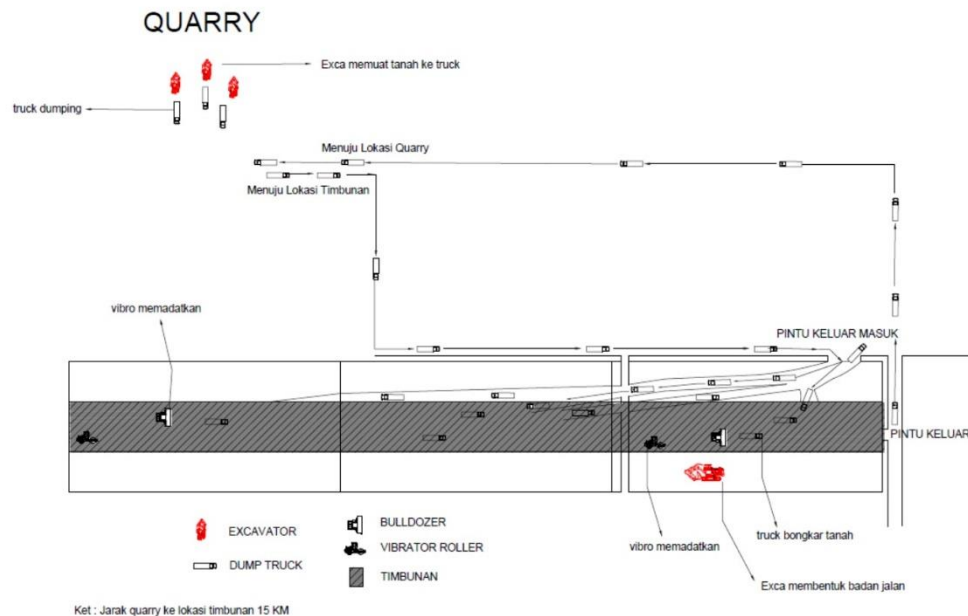
Tabel 5.38 Rekapitulasi Produktivitas Dari Masing – Masing Alat Berat

Alat Berat	Jenis	Rata- Rata Produktivitas (m^3/jam)
<i>Excavator</i>	Hyunday Hx 300Sl	124,758
	Komatsu PC 200	107,931
	Doosan Hx 300Sl	120,126
<i>Dump truck</i>	Isuzu	8,348
	Mitsubhishi	8,198
	Toyota	7,916
<i>Bulldozer</i>	komatsu DZ 602	200,667
	Caterphilar D6G	126,85
<i>Vibrator roller</i>	HAMM 311D	174,01
	CAT CS533E	192,199

5.3 Analisis Perhitungan Alternatif Kombinasi Alat Berat

5.3.1 Analisis Kondisi *Existing*

Berikut ini adalah beberapa kombinasi alat berat pada pekerjaan timbunan pada kondisi asli di lokasi proyek (*existing*) yang akan dianalisis berdasarkan perhitungan prouktivitas alat berat. Dari data yang dikumpulkan, kita bisa melakukan analisis berbagai alternatif berdasarkan hasil perhitungan produktivitas masing-masing alat berat.



Gambar 5. 17 Ilustrasi Pergerakan Alat Berat Pada Kondisi Existing

Di lokasi pengambilan material, terdapat tiga jenis *excavator* yang digunakan: Hyundai HX 300SL dengan kapasitas *bucket* 1,27 m³, Komatsu PC 200 dengan kapasitas *bucket* 1,1 m³, dan Doosan HX 300SL dengan kapasitas *bucket* 1,2 m³. Untuk memindahkan material tanah dari lokasi pengambilan ke lokasi penimbunan, digunakan tiga jenis *dump truck*: Isuzu dengan kapasitas bak 7,128 m³, Mitsubishi dengan kapasitas bak 7,562 m³, dan Toyota dengan kapasitas bak 7,182 m³. *Bulldozer* digunakan untuk meratakan material dari *dump truck*, dengan dua jenis *bulldozer* yang digunakan Komatsu DZ 602 dengan kapasitas *blade* 4,432 m³ dan Caterpillar D6G dengan kapasitas *blade* 3,2 m³. Untuk pemadatan, ada dua *vibrator roller* yang digunakan: HAMM 311D dan CAT CS533E, yang memiliki lebar *roller* yang sama yaitu 2,14 m.

Berikut perhitungan kombinasi pada kondisi asli lapangan yang akan dianalisis berdasarkan perhitungan produktivitas alat dan biaya sewa dapat dilihat sebagai berikut.

1. *Excavator*

Jumlah alat = 3 unit

Produktivitas Hyundai Hx 300SI = 124,758 m³/jam (dapat dilihat pada tabel 5.11)

Produktivitas Doosan Hx 300SI	= 120,126 m^3 /jam (dapat dilihat pada tabel 5.14)
Produktivitas Komats PC 200	= 107,931 m^3 /jam (dapat dilihat pada tabel 5.17)
Produksi <i>excavator</i> per jam (Q)	= 124,758 + 120,126 + 107,931 = 352,815 m^3 /jam
Waktu kerja <i>Excavator</i>	= $\frac{\text{volume curah rencana}}{\text{produksi excavator seluruh alat}}$ = $\frac{155.242,334}{352,851}$ = 440 jam
Durasi pekerjaan (hari)	= $\frac{\text{durasi alat berat terlama}}{7 \text{ jam/jam}}$ = $\frac{440 \text{ jam}}{7 \text{ jam/hari}}$ = 63 hari
Harga sewa total per jam	= Rp465.000,00/jam
Harga sewa total	= (Rp465.000,00/jam x 7 jam) x 63 x 3 unit
Harga sewa total	= Rp615.195.000,00
2. <i>Dump Truck</i>	
Produktivitas Isuzu	= 8,348 m^3 /jam (dapat dilihat pada tabel 5.18)
Produktivitas Mitshubhisi	= 8,319 m^3 /jam (dapat dilihat pada tabel 5.21)
Produktivitas Toyota	= 7,521 m^3 /jam (dapat dilihat pada tabel 5.24)
Rata- rata produksi <i>dump truck</i> per jam	= 8,154 m^3 /jam
Produksi <i>dump truck</i> per jam (Q)	= (8,348 + 8,319 + 7,521) = 24,462 m^3 /jam
Jumlah alat per jam	= $\frac{\text{Produktivitas excavator per jam}}{\text{produtivitas dump truck per jam}}$ = $\frac{352,815}{24,462}$

$$\begin{aligned}
 &= 14 \text{ unit/jam} \\
 \text{Jumlah ritase per hari} &= 304 \\
 \text{Volume per hari} &= \text{jumlah alat per hari} \times \text{rata – rata} \\
 &\quad \text{produksi per jam} \\
 &= 304 \times 8,154 \\
 &= 2.478,816 \text{ m}^3/\text{hari} \\
 \text{Waktu kerja } \textit{dump truck} &= \frac{\text{volume curah}}{\text{volume per hari}} \\
 &= \frac{155.242,334}{2.478,816} \\
 &= 63 \text{ hari} \\
 \text{Harga sewa total per jam} &= \text{Rp}280.000,00/\text{jam} \\
 \text{Harga sewa total} &= (\text{Rp}280.000,00/\text{jam} \times 7 \text{ jam}) \times 63 \\
 &\quad \text{hari} \times 44 \text{ unit} \\
 &= \text{Rp}5.433.120.000,00
 \end{aligned}$$

Penggunaan alat berat *excavator* dan *dump truck* pada kondisi asli lapangan ini melibatkan tiga jenis *excavator* yang berbeda, yaitu Hyundai HX 300SL, Komatsu PC 200, dan Doosan HX 300SI, yang masing-masing memiliki tingkat produktivitas yang berbeda. Selain itu, terdapat 44-unit *dump truck* dengan total 304 ritase. Dengan peralatan tersebut, waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan pekerjaan gali-muat-angkut material diperkirakan selama 68 hari.

3. *Bulldozer*

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah } \textit{bulldozer} &= 2 \text{ unit} \\
 \text{Produktivitas komatsu DZ 602} &= 200,667 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produktivitas Caterphilar D6G} &= 126,85 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produksi } \textit{bulldozer} \text{ per jam} &= 200,667 + 126,85 \\
 &= 327,518 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Waktu kerja } \textit{bulldozer} &= \frac{\text{volume curah}}{\text{produksi } \textit{bulldozer} \text{ per jam}} \\
 &= \frac{168.060,509}{327,518} \\
 &= 514 \text{ jam}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Durasi pekerjaan (hari)} &= \frac{\text{durasi alat berat terlama}}{7 \text{ jam/jam}} \\
 &= \frac{514 \text{ jam}}{7 \text{ jam/hari}} \\
 &= 74 \text{ hari} \\
 \text{Harga sewa total} &= (\text{Rp}315.714,00 + \text{Rp}285.714,00) \times 7 \\
 &\quad \text{jam} \times 74 \\
 &= \text{Rp}311.539.704,00
 \end{aligned}$$

4. *Vibrator roller*

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah vibrator roller} &= 2 \text{ unit} \\
 \text{Produktivitas HAMM D311} &= 174,01 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produktivitas CAT CS533E} &= 194,36 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Prodiktivitas per jam} &= 174,01 + 194,36 \\
 &= 368,37 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Waktu kerja vibrator roller} &= \frac{\text{volume curah}}{\text{produksi bulldozer per jam}} \\
 &= \frac{168.060,509}{368,37} \\
 &= 457 \text{ jam} \\
 \text{Durasi pekerjaan (hari)} &= \frac{457 \text{ jam}}{7 \text{ jam}} \\
 &= 65 \text{ hari} \\
 \text{Harga sewa total} &= \text{Rp}285.714,00/\text{jam} \times 7 \text{ jam} \times 65 \times 2 \\
 &\quad \text{unit} \\
 &= \text{Rp}259.999.740,00
 \end{aligned}$$

Penggunaan alat berat *Bulldozer* dan *vibrator roller* pada kondisi asli lapangan ini melibatkan dua jenis *bulldozer* yang menggunakan Komatsu DZ 602 dengan kapasitas *blade* 4,432 m³ dan Caterpillar D6G dengan kapasitas *blade* 3,2 m³., dan dua jenis *vibrator roller* yang digunakan yaitu HAMM 311D dan CAT CS533E, yang memiliki lebar *roller* yang sama yaitu 2,14 m.

Berdasarkan data dan analisis diperoleh hasil rekapitulasi waktu dan biaya pada kondisi *Existing* dapat dilihat pada tabel 5.40 dapat dilihat sebagai berikut.

Tabel 5.39 Rekapitulasi Perhitungan Kondisi *Existing*

Jenis Alat	Jumlah Alat (unit)	Waktu Pekerjaan (hari)	Harga Sewa (/Jam) (Rp)	Biaya (Rp)
<i>Excavator</i> Hyunday Hx 300Sl	3	63	Rp465.000,00	Rp615.195.000,00
<i>Dump truck</i> Isuzu, Mitsubhishi, Toyota	33	63	Rp208.000,00	Rp.5.433.120.000,00
<i>Bulldozer</i> Komatsu DZ 602 dan Caterphilar D6G	2	74	Rp315.714,00 Rp285.714,00	Rp311.539.704,00
<i>Vibrator Roller</i> HAMM 311D dan CAT C533E	2	65	Rp285.714,00	Rp259.999.740,00
Total				Rp6.619.854.444,00

Berdasarkan rekapitulasi perhitungan waktu dan biaya pada kondisi saat ini yang terlihat di tabel 5.40, total waktu yang dibutuhkan untuk pekerjaan gali-muat-angkut adalah 63 hari, sedangkan pekerjaan pemadatan memerlukan 75 hari. Dengan demikian, durasi total yang diperlukan adalah 75 hari, dengan biaya total penggunaan alat berat sebesar Rp6.619.854.444,00.

Berdasarkan hasil produktivitas masing – masing alat berat dapat diperoleh durasi waktu penyelesaian pekerjaan timbunan dapat dilihat pada tabel 5.41 sebagai berikut.

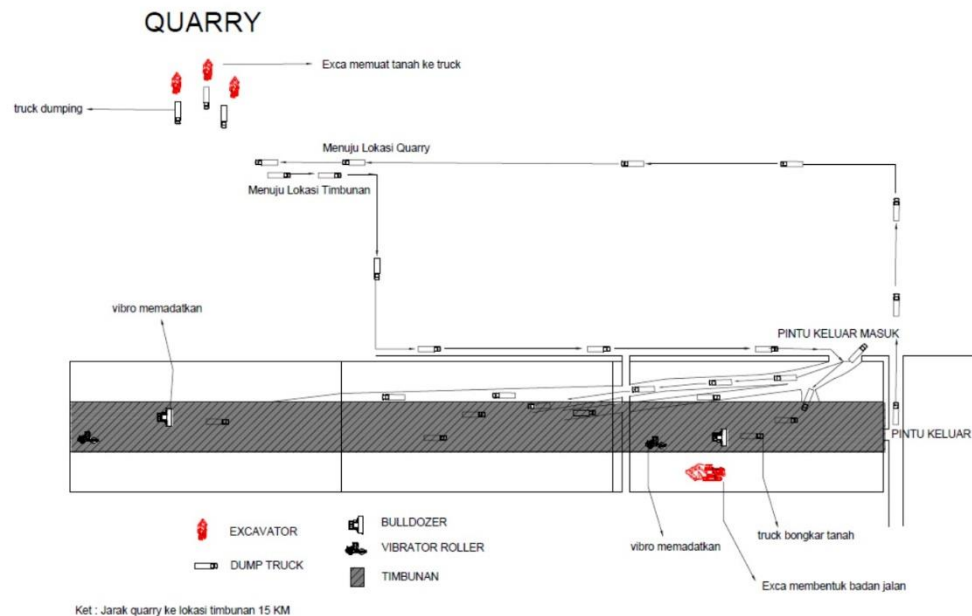
Tabel 5.40 Time Schedule Kerja Alat Berat Existing

Alat Berat	Bulan Ke	1				2				3			
	Minggu Ke	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<i>Excavator</i> 2469,706 m ³ /hari													
<i>Dump Truck</i> 2478,816 m ³ /hari													
<i>Bulldozer</i> 2292,518 m ³ /hari													
<i>Vibrator roller</i> 2578,59 m ³ /hari													

Dalam pekerjaan timbunan ini, *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller* bekerja bersama-sama. Karena itu, perhitungan durasi pekerjaan dapat diselesaikan sepenuhnya dengan mengasumsikan bahwa alat-alat tersebut beroperasi selama 7 jam setiap hari. Penyelesaian pekerjaan timbunan dilakukan selama 2 bulan 2 minggu, dengan total durasi penyelesaian pekerjaan timbunan selama 75 hari, Pekerjaan alat berat *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller* dapat dilakukan secara bersamaan atau constrain (*start to start*) dimana Konstrain seperti ini dapat terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100%, maka kegiatan lain boleh mulai. Waktu pekerjaan alat berat *excavator* dan *dump truck* dilakukan secara bersamaan dengan durasi penyelesaian 63 hari, sedangkan *bulldozer* untuk menghamparkan material selama 74 hari dengan waktu lag bulldozer selama 4 jam dihari pertama disebabkan oleh waktu persiapan material untuk dihamparkan, dan waktu kerja *vibrator roller* selama 65 hari, oleh karena itu waktu total constrain alat *vibrator roller* selama 9 hari dihari pertama *vibrator roller* tidak bekerja disebabkan oleh volume pekerjaan tidak mencapai target harian sehingga dimulai hari kedua. Uraian pekerjaan timbunan tanah dapat dilihat ilustrasi pergerakan alat berat pada gambar 5.17.

5.3.2 Analisis Alternatif 1

Ilustrasi pekerjaan alat berat untuk alternatif 1 dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5. 18 Ilustrasi Pergerakan Alat Berat Pada Alterntif 1

proses gali-muat-angkut di *quarry* menggunakan alat berat *excavator* dan *dump truck*. Kombinasi alternatif 1 ini memilih tiga unit *excavator* HYundai Hx 300Sl karena memiliki nilai produksi yang paling tinggi dengan ukuran *bucket* yang lebih besar (1,27 m³) dan 44 *dump truck* dari tiga jenis yang sama (isuzu, mitsubhishi, dan toyota). Sementara jarak antara *quarry* dan lokasi timbunan kurang lebih 15 km, alternatif 1 menggunakan bulldozer 2-unit Komatsu DZ 602 untuk pekerjaan timbunan. Ini karena *bulldozer* ini memiliki kapasitas *blade* dan nilai produktivitas paling tinggi, begitu juga dengan *vibrator roller*, memilih menggunakan CAT CS533E.

Berikut perhitungan kombinasi alternatif 1 yang akan dianalisis berdasarkan perhitungan produktivitas alat dan biaya sewa dapat dilihat sebagai berikut.

1. Perhitungan *Excavator*

Perhitungan biaya total *Excavator* alternatif 1 dapat dilihat pada tabel 5.42 sebagai berikut.

Tabel 5.41 Perhitungan *Excavator* Alternatif 1

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan
I. Perhitungan Waktu pelaksanaa			
	Menggali dan memuat material ke <i>dump truck</i>		
	<i>Excavator</i> Hyundai Hx 300lS		
	Volume pekerjaan (v)	155.242,433	m ³
	Kapasitas alat (q)	1.27	m ³
	Produktivitas (Q1)	124,758	m ³ /jam
	Jumlah alat (n)	3	Unit
	Produktivitas seluruh alat (Q2) = Q1 x n	374,274	m ³ /jam
	Produktivitas/hari	2619,918	m ³ /hari
	Durasi kerja alat = $\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produksi exca seluruh alat}}$	449	jam
	Durasi kerja (hari) = $\frac{\text{durasi kerja (jam)}}{7 \text{ jam}}$	60	Hari
II. Perhitungan Biaya			
	Harga sewa per jam (all in)	465.000,00	Rp
	Harga sewa total = (sewa per jam x 7) x 60 hari x jumlah alat	Rp585.900.000,00	

2. Perhitungan *Dump Truck*

Perhitungan biaya total *Dump Truck* alternatif 1 dapat dilihat pada tabel 5.43 sebagai berikut.

Tabel 5.42 Perhitungan *Dump Truck* Alternatif 1

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan
I. Perhitungan Waktu pelaksanaa			
	Mengangkut material dari <i>quarry</i> ke lokasi Timbunan		
	Volume pekerjaan (v)	155.242,433	m ³
	Produktivitas <i>Dump Truck</i> Isuzu (Dt1) (Q)	8,348	m ³ /jam
	Produktivitas <i>Dump Truck</i> Mitsubhishi (Dt2) (Q)	8,198	m ³ /jam
	Produktivitas <i>Dump Truck</i> Toyota (Dt3) (Q)	7,916	m ³ /jam
	Produktivitas seluruh alat per jam = (dt1+dt2+dt3)	24.462	m ³ /jam
	Produktivitas rata – rata alat per jam	8,154	m ³ /jam
	Jumlah alat (n)	44	Unit
	Jumlah ritase = ritase/jam x jumlah exca	322	rit
	Produktivitas/hari	2625,588	m ³ /hari
	Durasi kerja (hari) = $\frac{\text{durasi kerja (jam)}}{7 \text{ jam}}$	60	Hari
II. Perhitungan Biaya			
	Harga sewa per jam (all in)	280.000,00	Rp
	Harga sewa total = (sewa per jam x 7) x 64 hari x jumlah alat	5.174.400.000,00	Rp

3. Perhitungan *Bulldozer*

Perhitungan biaya total *Bulldozer* alternatif 1 dapat dilihat pada tabel 5.44 sebagai berikut.

Tabel 5.43 Perhitungan *Bulldozer* Alternatif 1

No	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan
I. Perhitungan Waktu pelaksanaa			
	Menggusur dan meratakan timbunan		
	<i>Bulldozer</i> Komatsu DZ 602		
	Volume pekerjaan (v)	168.060,509	m ³
	Kapasitas blade (q)	4,432	m ³
	Produktivitas (Q1)	200,667	m ³ /jam
	Jumlah alat (n)	2	Unit
	Produktivitas seluruh alat (Q2) = Q1 x n	401,335	m ³ /jam
	Produktivitas/hari	2809,345	m ³ /hari
	Durasi kerja alat = $\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produksi exca seluruh alat}}$	419	jam
	Durasi kerja (hari) = $\frac{\text{durasi kerja (jam)}}{7 \text{ jam}}$	60	Hari
II. Perhitungan Biaya			
	Harga sewa per jam (all in)	315.714,00	Rp
	Harga sewa total = (sewa per jam x 7) x 60 hari x jumlah alat	265.199.760,00	Rp

4. Perhitungan *Vibrator roller*

Perhitungan biaya total alternatif 1 *Vibrator roller* dapat dilihat pada tabel 5.45 sebagai berikut.

Tabel 5.44 Perhitungan Vibrator Roller Alternatif 1

	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan
I. Perhitungan Waktu pelaksanaa			
	Menggusur dan meratakan timbunan		
	<i>Bulldozer</i> Komatsu DZ 602		
	Volume pekerjaan (v)	168.060,509	m ³
	Produktivitas (Q1)	194,360	m ³ /jam
	Jumlah alat (n)	2	Unit
	Produktivitas seluruh alat (Q2) = Q1 x n	388,720	m ³ /jam
	Produktivitas/hari	2721,040	m ³ /hari
	Durasi kerja alat = $\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produksi exca seluruh alat}}$	400	jam
	Durasi kerja (hari) = $\frac{\text{durasi kerja (jam)}}{7 \text{ jam}}$	62	Hari
II. Perhitungan Biaya			
	Harga sewa per jam (all in)	285.714,00	Rp
	Harga sewa total = (sewa per jam x 7) x 62 hari x jumlah alat	247.999.760	Rp

Pada pekerjaan timbunan ini, *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller* bekerja secara Bersama – sama. Oleh karena itu, perhitungan durasi pekerjaan dapat terselesaikan 100% dengan anggapan bahwa alat bekerja terus menerus 7 jam/hari.

Berdasarkan data dan analisis diperoleh hasil rekapitulasi waktu dan biaya pada alternatif 1 dapat dilihat pada tabel 5.46 berikut.

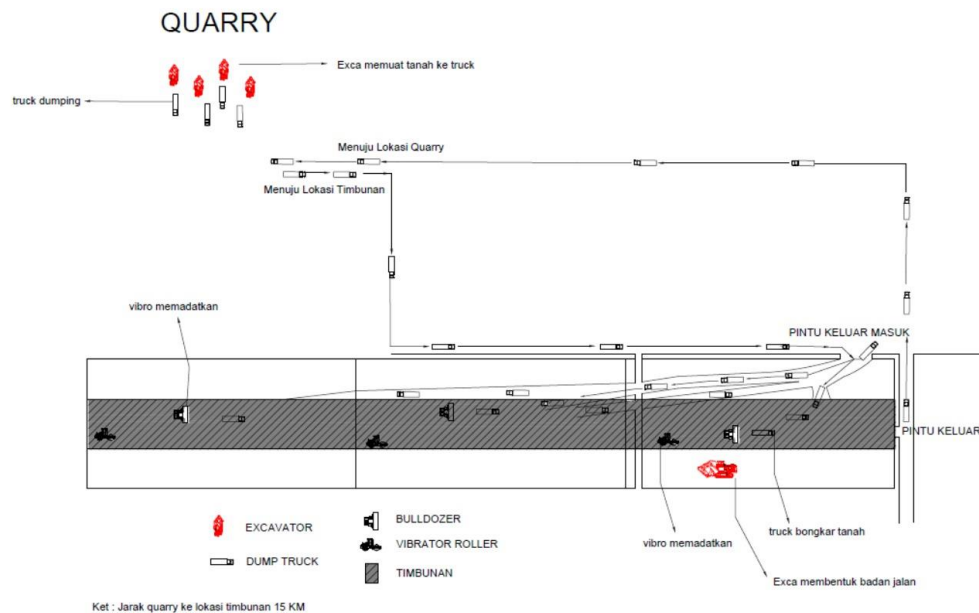
Dalam pekerjaan timbunan ini, *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller* bekerja bersama-sama. Karena itu, perhitungan durasi pekerjaan dapat diselesaikan sepenuhnya dengan mengasumsikan bahwa alat-alat tersebut beroperasi selama 7 jam setiap hari. Penyelesaian pekerjaan timbunan alternatif 1 dilakukan selama 2 bulan 1 minggu, dengan total durasi penyelesaian pekerjaan timbunan selama 65 hari, Pekerjaan alat berat *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller* dapat dilakukan secara bersamaan atau constrain (*start to start*) dimana Konstrain seperti ini dapat terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100%, maka kegiatan lain boleh mulai. Waktu pekerjaan alat berat *excavator* dan *dump truck* dilakukan secara bersamaan dengan durasi penyelesaian 60 hari, sedangkan *bulldozer* untuk menghamparkan material selama 60 hari dengan waktu *lag bulldozer* selama 4 jam dihari pertama disebabkan oleh waktu persiapan material untuk dihamparkan, dan waktu kerja *vibrator roller* selama 62 hari, oleh karena itu waktu total constrain alat *vibrator roller* selama 3 hari, dihari pertama *vibrator roller* tidak bekerja disebabkan oleh volume pekerjaan tidak mencapai target harian sehingga dimulai pada hari kedua. Uraian pekerjaan timbunan tanah dapat dilihat ilustrasi pergerakan alat berat pada gambar 5.18.

Pada alternatif 1 pekerjaan timbunan dapat dikerjakan selama 65 hari dengan total biaya Rp6.273.499.512,00. Berikut merupakan rincian perbedaan dengan kondisi lapangan (*existing*).

Selisi durasi pekerjaan	= 75– 65 hari
	= 10 hari
Perbandingan durasi	$= \frac{10\text{hari}-75\text{hari}}{75 \text{ hari}} \times 100\%$
	= 86,667%
Selisi biaya alat	= Rp Rp6.619.854.444,00- Rp6.273.499.512,00
	= Rp346.354.932,00
Perbandingan biaya	$= \frac{\text{Rp6.273.499.512,00}-\text{Rp6.619.854.444,00}}{\text{Rp 6.619.854.444,00}} \times 100\%$
Perbandingan biaya	= 5,232%

5.3.3 Alternatif 2

Ilustrasi pekerjaan alat berat untuk alternatif 2 dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5. 19 Ilustrasi Pergerakan Alat Berat Pada Alternatif 2

Proses gali-muat-angkut di quarry melibatkan penggunaan alat berat berupa *excavator* dan *dump truck*. Pada alternatif 2, dipilih 4 unit *excavator* Hyundai HX 300SL, yang dipertimbangkan karena memiliki nilai produksi tertinggi berkat ukuran *bucket* yang besar, yaitu 1,27 m³. Selain itu, ditambahkan 14 *dump truck* dari tiga merek yang sama (Isuzu, Mitsubishi, dan Toyota), sehingga total *dump truck* yang digunakan mencapai 58 unit. Jarak antara *quarry* dan lokasi timbunan adalah sekitar 15 km. Untuk pekerjaan timbunan, alternatif 2 menambah 1 unit *bulldozer* Komatsu DZ 602, yang dipilih karena kapasitas *blade* dan produktivitasnya yang paling tinggi, dan total *bulldozer* pada alternatif 2 menjadi 3 unit. Demikian pula, untuk *vibrator roller*, dipilih 3 unit model CAT CS533E karena juga menawarkan produktivitas tertinggi.

perhitungan kombinasi alternatif 2 yang akan dianalisis berdasarkan perhitungan produktivitas alat dan biaya sewa dapat dilihat sebagai berikut.

1. Perhitungan *Excavator*

Perhitungan biaya total alternatif 2 *Excavator* dapat dilihat pada tabel 5.48 sebagai berikut.

Tabel 5.47 Perhitungan *Excavator Alternatif 2*

Uraian Pekerjaan		Koefisien	Satuan
I. Perhitungan Waktu pelaksanaa			
	Menggali dan memuat material ke dump truck		
	<i>Excavator</i> Hyundai Hx 300lS		
	Volume pekerjaan (v)	155.242,344	m ³
	Kapasitas alat (q)	1.27	m ³
	Produktivitas (Q1)	124,758	m ³ /jam
	Jumlah alat (n)	4	Unit
	Produktivitas seluruh alat (Q2) = Q1 x n	497,096	m ³ /jam
	Produktivitas/hari	3479,672	m ³ /hari
	Durasi kerja alat = $\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produksi exca seluruh alat}}$	313	jam
	Durasi kerja (hari) = $\frac{\text{durasi kerja (jam)}}{7 \text{ jam}}$	45	Hari
II. Perhitungan Biaya			
	Harga sewa per jam (all in)	465.000,00	Rp
	Harga sewa total = (sewa per jam x 7) x 45 hari x jumlah alat	585.900.000,00	Rp

2. Perhitungan *Dump Truck*

Perhitungan biaya total *Dump Truck* alternatif 2 dapat dilihat pada tabel 5.49 sebagai berikut.

Tabel 5.48 Perhitungan *Dump Truck* Alternatif 2

	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan
I. Perhitungan Waktu pelaksanaa			
	Mengangkut material dari <i>quarry</i> ke lokasi Timbunan		
	Volume pekerjaan (v)	155.242,344	m ³
	Produktivitas <i>Dump Truck</i> Isuzu (Dt1) (Q)	8,348	m ³ /jam
	Produktivitas <i>Dump Truck</i> Mitsubhishi (Dt2) (Q)	8,198	m ³ /jam
	Produktivitas <i>Dump Truck</i> Toyota (Dt3) (Q)	7,916	m ³ /jam
	Produktivitas <i>Dump Truck</i> Toyota (Dt4) (Q)	8,348	m ³ /jam
	Produktivitas seluruh alat per jam (Qt)= (dt1+dt2+dt3+dt4)	32,810	m ³ /jam
	Rata – rata produktivitas dt	8,202	m ³ /jam
	Jumlah alat (n)	58	Unit
	Jumlah ritase	425	rit
	Volume produksi seluruh alat = (n x rata-rata produksi per rit)	3485,85	m ³ /hari
	Durasi kerja alat = $\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produksi dt seluruh alat/jam}}$	45	hari
II. Perhitungan Biaya			
	Harga sewa per jam (all in)	280.000,00	Rp
	Harga sewa total = (sewa per jam x 7) x 45 hari x jumlah alat	4.092.480.000,00	Rp

3. Perhitungan *Bulldozer*

Perhitungan biaya total *Bulldozer* alternatif 2 dapat dilihat pada tabel 5.50 sebagai berikut.

Tabel 5.49 Perhitungan *Bulldozer* Alternatif 2

	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan
I. Perhitungan Waktu pelaksanaa			
	Menggusur dan meratakan timbunan		
	<i>Bulldozer</i> Komatsu DZ 602		
	Volume pekerjaan (v)	168.060,509	m ³
	Kapasitas <i>blade</i> (q)	4,432	m ³
	Produktivitas (Q1)	200,667	m ³ /jam
	Jumlah alat (n)	3	Unit
	Produktivitas seluruh alat (Q2) = Q1 x n	602,001	m ³ /jam
	Produktivita/hari	4214,007	m ³ /hari
	Durasi kerja alat = $\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produksi exca seluruh alat}}$	279	jam
	Durasi kerja (hari) = $\frac{\text{durasi kerja (jam)}}{7 \text{ jam}}$	40	Hari
II. Perhitungan Biaya			
	Harga sewa per jam (all in)	315.714,00	Rp
	Harga sewa total = (sewa per jam x 7) x 40 hari x jumlah alat	265.199.760,00	Rp

4. Perhitungan *Vibrator roller*

Perhitungan biaya total *Vibrator roller* alternatif 2 dapat dilihat pada tabel 5.51 sebagai berikut

Tabel 5.50 Perhitungan Vibrator Roller Alternatif 2

	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan
I. Perhitungan Waktu pelaksanaa			
	Menggusur dan meratakan timbunan		
	<i>Bulldozer</i> Komatsu DZ 602		
	Volume pekerjaan (v)	168.060,509	m ³
	Produktivitas (Q1)	194,360	m ³ /jam
	Jumlah alat (n)	3	Unit
	Produktivitas seluruh alat (Q2) = Q1 x n	583,080	m ³ /jam
	Produktivitas/hari	4081,56	m ³ /hari
	Durasi kerja alat = $\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produksi exca seluruh alat}}$	258	jam
	Durasi kerja (hari) = $\frac{\text{durasi kerja (jam)}}{7 \text{ jam}}$	42	Hari
II. Perhitungan Biaya			
	Harga sewa per jam (all in)	285.714,00	Rp
	Harga sewa total = (sewa per jam x 7) x 42 hari x jumlah alat	251.999.748,00	Rp

Pada pekerjaan timbunan ini, *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller* bekerja secara Bersama – sama. Oleh karena itu, perhitungan durasi pekerjaan dapat terselesaikan 100% dengan anggapan bahwa alat bekerja terus menerus 7 jam/hari

Berdasarkan data dan analisis diperoleh hasil rekapitulasi waktu dan biaya pada alternatif 2 dapat dilihat pada tabel 5.52 berikut.

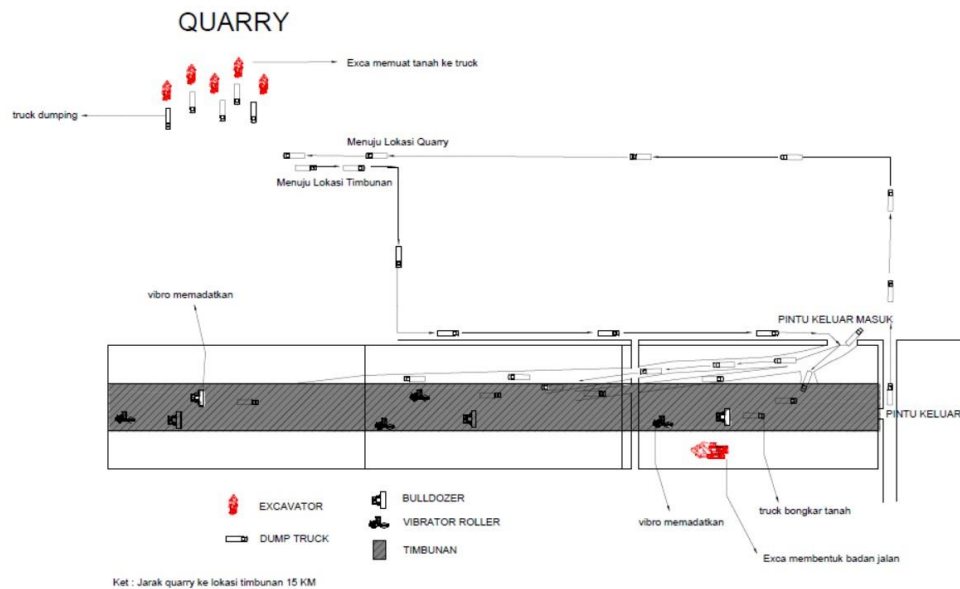
Dalam pekerjaan timbunan ini, *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller* bekerja bersama-sama. Karena itu, perhitungan durasi pekerjaan dapat diselesaikan sepenuhnya dengan mengasumsikan bahwa alat-alat tersebut beroperasi selama 7 jam setiap hari. Penyelesaian pekerjaan timbunan alternatif 1 dilakukan selama 1 bulan 3 minggu, dengan total durasi penyelesaian pekerjaan timbunan selama 48 hari, Pekerjaan alat berat *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller* dapat dilakukan secara bersamaan atau constrain (*start to start*) dimana Konstrain seperti ini dapat terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100%, maka kegiatan lain boleh mulai. Waktu pekerjaan alat berat *excavator* dan *dump truck* dilakukan secara bersamaan dengan durasi penyelesaian 45 hari, sedangkan *bulldozer* untuk menghamparkan material selama 46 hari dengan waktu *lag bulldozer* selama 4 jam dihari pertama ditambah 5 hari disebabkan oleh waktu persiapan material untuk dihamparkan, dan waktu kerja *vibrator roller* selama 42 hari, oleh karena itu waktu total constrain alat *vibrator roller* selama 6 hari mengikuti waktu constrain *bulldozer*, dihari pertama *vibrator roller* tidak bekerja disebabkan oleh volume pekerjaan tidak mencapai target harian sehingga dimulai pada hari kedua. Uraian pekerjaan timbunan tanah dapat dilihat ilustrasi pergerakan alat berat pada gambar 5.19.

Pada alternatif 2 pekerjaan timbunan dapat dikerjakan selama 48 hari dengan total biaya Rp6.218.699.508,00. Berikut merupakan rincian perbedaan dengan kondisi lapangan (*existing*).

Selisi durasi pekerjaan	= 75 hari – 48 hari
	= 27 hari
Perbandingan durasi	= $\frac{27 \text{ hari} - 75 \text{ hari}}{75 \text{ hari}} \times 100\%$
	= 64%
Selisi biaya alat	= Rp6.619.854.444,00 - Rp6.218.699.508,00
	= Rp401.154.936,00
Perbandingan biaya	= $\frac{\text{Rp6.218.699.508,00} - \text{Rp6.619.854.444,00}}{\text{Rp6.619.854.444,00}} \times 100\%$
	= 6,059%

5.3.4 Alternatif 3

Skema pergerakan alat berat untuk alternatif 3 dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 5. 20 Ilustrasi Pergerakan Alat Berat Paa Alternatif 3

Proses gali-muat-angkut di *quarry* melibatkan penggunaan alat berat berupa *excavator* dan *dump truck*. Pada alternatif 3, dipilih 5 unit *excavator* Hyundai HX 300SL, yang dipertimbangkan karena memiliki nilai produksi tertinggi berkat ukuran bucket yang besar, yaitu 1,27 m³. Selain itu, ditambahkan 22 *dump truck* dari tiga merek yang sama (Isuzu, Mitsubishi, dan Toyota), sehingga total *dump truck* yang digunakan mencapai 73 unit. Jarak antara *quarry* dan lokasi timbunan adalah sekitar 15 km. Untuk pekerjaan timbunan, alternatif 3 menggunakan 4 unit bulldozer Komatsu DZ 602, yang dipilih karena kapasitas *blade* dan produktivitasnya yang paling tinggi. Demikian pula, untuk *vibrator roller*, dipilih 4 unit model CAT CS533E karena juga menawarkan produktivitas tertinggi.

perhitungan kombinasi alternatif 3 yang akan dianalisis berdasarkan perhitungan produktivitas alat dan biaya sewa dapat dilihat sebagai berikut.

1. Perhitungan *Excavator*

Perhitungan biaya total alternatif 3 *Excavator* dapat dilihat pada tabel 5.54 sebagai berikut

Tabel 5.53 Perhitungan *Excavator* Alternatif 3

	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan
I. Perhitungan Waktu pelaksanaa			
	Menggali dan memuat material ke dump truck		
	<i>Excavator</i> Hyundai Hx 300lS		
	Volume pekerjaan (v)	155.242,344	m ³
	Kapasitas alat (q)	1.27	m ³
	Produktivitas (Q1)	124,758	m ³ /jam
	Jumlah alat (n)	5	Unit
	Produktivitas seluruh alat (Q2) = Q1 x n	623,790	m ³ /jam
	Produktivitas/hari	4366,53	m ³ /hari
	Durasi kerja alat = $\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produksi exca seluruh alat}}$	249	jam
	Durasi kerja (hari) = $\frac{\text{durasi kerja (jam)}}{7 \text{ jam}}$	36	Hari
II. Perhitungan Biaya			
	Harga sewa per jam (all in)	465.000,00	Rp
	Harga sewa total = (sewa per jam x 7) x 36 hari x jumlah alat	585.900.000,00	Rp

2. Perhitungan *Dump Truck*

Perhitungan biaya total alternatif 3 *Dump Truck* dapat dilihat pada tabel 5.55 sebagai berikut.

Tabel 5.54 Perhitungan *Dump Truck* Alternatif 3

	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan
I. Perhitungan Waktu pelaksanaa			
	Mengangkut material dari quarry ke lokasi Timbunan		
	Volume pekerjaan (v)	155.242,344	m ³
	Produktivitas <i>Dump Truck</i> Isuzu (Dt1) (Q)	8,348	m ³ /jam
	Produktivitas <i>Dump Truck</i> Mitsubhishi (Dt2) (Q)	8,198	m ³ /jam
	Produktivitas <i>Dump Truck</i> Toyota (Dt3) (Q)	7,916	m ³ /jam
	Produktivitas <i>Dump Truck</i> Toyota (Dt4) (Q)	8,348	m ³ /jam
	Produktivitas <i>Dump Truck</i> Toyota (Dt4) (Q)	8,348	m ³ /jam
	Produktivitas seluruh alat per jam (Qt)= (dt1+dt2+dt3+dt4+dt5)	41,158	m ³ /jam
	Rata – rata produksi per rit	8,231	m ³ /jam
	Jumlah alat (n)	73	Unit
	Jumlah ritase	523	rit
	Volume produksi seluruh alat = (jumlah rit x rata- rata produksi per rit)	4360,216	m ³ /hari
	Durasi kerja alat = $\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produksi dt seluruh alat}}$	36	hari
II. Perhitungan Biaya			
	Harga sewa per jam (all in)	280.000,00	Rp
	Harga sewa total = (sewa per jam x 7) x 36 hari x jumlah alat	5.150.880.000,00	Rp

3. Perhitungan *Bulldozer*

Perhitungan biaya total alternatif 3 *Bulldozer* dapat dilihat pada tabel 5.56 sebagai berikut.

Tabel 5.55 Perhitungan *Bulldozer* Alternatif 3

	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan
I. Perhitungan Waktu pelaksanaa			
	Menggusur dan meratakan timbunan		
	<i>Bulldozer</i> Komatsu DZ 602		
	Volume pekerjaan (v)	168.060,509	m ³
	Kapasitas <i>blade</i> (q)	4,432	m ³
	Produktivitas (Q1)	200,667	m ³ /jam
	Jumlah alat (n)	4	Unit
	Produktivitas seluruh alat (Q2) = Q1 x n	802,668	m ³ /jam
	Produktivitas /hari	5618,676	m ³ /hari
	Durasi kerja alat = $\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produksi exca seluruh alat}}$	193,408	jam
	Durasi kerja (hari) = $\frac{\text{durasi kerja (jam)}}{7 \text{ jam}}$	30	Hari
II. Perhitungan Biaya			
	Harga sewa per jam (all in)	315.714,00	Rp
	Harga sewa total = (sewa per jam x 7) x 30 hari x jumlah alat	265.199.760,00	Rp

4. Perhitungan *Vibrator roller*

Perhitungan biaya total alternatif 3 *Vibrator roller* dapat dilihat pada tabel 5.57 sebagai berikut.

Tabel 5.56 Perhitungan *Vibrator Roller* Alternatif 3

	Uraian Pekerjaan	Koefisien	Satuan
I. Perhitungan Waktu pelaksanaa			
	Menggusur dan meratakan timbunan		
	<i>Bulldozer</i> Komatsu DZ 602		
	Volume pekerjaan (v)	168.060,509	m ³
	Produktivitas (Q1)	194,360	m ³ /jam
	Jumlah alat (n)	4	Unit
	Produktivitas seluruh alat (Q2) = Q1 x n	777,440	m ³ /jam
	Produktivitas/hari	5442,08	m ³ /hari
	Durasi kerja alat = $\frac{\text{volume pekerjaan}}{\text{produksi exca seluruh alat}}$	200	jam
	Durasi kerja (hari) = $\frac{\text{durasi kerja (jam)}}{7 \text{ jam}}$	31	Hari
II. Perhitungan Biaya			
	Harga sewa per jam (all in)	285.714,00	Rp
	Harga sewa total = (sewa per jam x 7) x 31 hari x jumlah alat	247.999.752,00	Rp

Pada pekerjaan timbunan ini, *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller* bekerja secara Bersama – sama. Oleh karena itu, perhitungan durasi pekerjaan dapat terselesaikan 100% dengan anggapan bahwa alat bekerja terus menerus 7 jam/hari

Berdasarkan data dan analisis diperoleh hasil rekapitulasi waktu dan biaya pada alternatif 3 dapat dilihat pada tabel 5.58 sebagai berikut.

Dalam pekerjaan timbunan ini, *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller* bekerja bersama-sama. Karena itu, perhitungan durasi pekerjaan dapat diselesaikan sepenuhnya dengan mengasumsikan bahwa alat-alat tersebut beroperasi selama 7 jam setiap hari. Penyelesaian pekerjaan timbunan alternatif 1 dilakukan selama 1 bulan 2 minggu, dengan total durasi penyelesaian pekerjaan timbunan selama 38 hari, Pekerjaan alat berat *excavator*, *dump truck*, *bulldozer* dan *vibrator roller* dapat dilakukan secara bersamaan atau constrain (*start to start*) dimana Konstrain seperti ini dapat terjadi bila sebelum kegiatan terdahulu selesai 100%, maka kegiatan lain boleh mulai. Waktu pekerjaan alat berat *excavator* dan *dump truck* dilakukan secara bersamaan dengan durasi penyelesaian 36 hari, sedangkan *bulldozer* untuk menghamparkan material selama 30 hari dengan waktu *lag bulldozer* selama 4 jam dihari pertama ditambah 7 hari disebabkan oleh waktu persiapan material untuk dihamparkan, dan waktu kerja *vibrator roller* selama 31 hari, oleh karena itu waktu total constrain alat *vibrator roller* selama 7 hari mengikuti waktu constrain *bulldozer*, dihari pertama *vibrator roller* tidak bekerja disebabkan oleh volume pekerjaan tidak mencapai target harian sehingga dimulai pada hari kedua. Uraian pekerjaan timbunan tanah dapat dilihat ilustrasi pergerakan alat berat pada gambar 5.19.

Pada alternatif 3 pekerjaan timbunan dapat dikerjakan selama 38 hari dengan total biaya Rp6.320.539.512,00. Berikut merupakan rincian perbedaan dengan kondisi lapangan

Selisi durasi pekerjaan	= 75 hari – 38 hari
	= 37 hari
Perbandingan durasi	= $\frac{37 \text{ hari} - 75 \text{ hari}}{75 \text{ hari}} \times 100\%$
	= 50,667%
Selisi biaya alat	= Rp6.619.854.444,00 - Rp6.320.539.512,00
	= Rp299.314.932,00
Perbandingan biaya	= $\frac{\text{Rp6.320.539.512,00} - \text{Rp6.320.539.512,00}}{\text{Rp6.320.539.512,00}} \times 100\%$
	= 4,523%

5.4 Pembahasan

5.4.1 Produktivitas Alat Berat

Berdasarkan dari data pengamatan, dapat di peroleh nilai produktivitas masing – masing alat berat, dapat dilihat pada tabel 5.56 sebagai berikut.

Tabel 5.59 Rekapitulasi Produktivitas Alat Berat

Alat Berat	Uraian pekerjaan	Jenis	Rata- Rata Produktivitas (m^3/jam)
<i>Excavator</i>	Menggali dan mimindahkan	Hyunday Hx 300Sl	124,758
		Komatsu PC 200	107,931
		Doosan Hx 300Sl	120,126
<i>Dump truck</i>	Mengangkut material	Isuzu	8,348
		Mitsubhishi	8,198
		Toyota	7,916
<i>Bulldozer</i>	Meratakan material	komatsu DZ 602	200,667
		Caterphilar D6G	126,85
<i>Vibrator roller</i>	Pemadatan tanah	HAMM 311D	174,01
		CAT CS533E	194,36

Tabel 5.39 menunjukan *excavator* alat yang digunakan untuk menggali dan memindahkan material. Berdasarkan data, jenis *excavator* Hyundai HX 300SL memiliki produktivitas tertinggi di antara jenis *excavator* yang lain dengan 124,758 m^3/jam , diikuti oleh Doosan HX 300SL dengan nilai produktivitas sebesar 120,126 m^3/jam , dan Komatsu PC 200 dengan 107,931 m^3/jam . Ini menunjukkan bahwa Hyundai HX 300SL memiliki kapasitas *bucket* dan waktu produktif kerja yang sangat baik. *Dump truck* digunakan untuk mengangkut material. Isuzu *dump truck* menunjukkan produktivitas tertinggi di antara jenis *dump truck* yang lain dengan 8,348 m^3/jam , diikuti oleh Isuzu dengan 8,189 m^3/jam , dan Mitsubishi dengan 7,916 m^3/jam . Ini mengindikasikan bahwa Isuzu *dump truck* memiliki waktu siklus yang lebih baik. *Bulldozer* digunakan untuk meratakan hasil bongkaran mateial *dump ruck*. Komatsu DZ 602 memiliki produktivitas yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Caterpillar D6G, dengan nilai produktivitas sebesar 200,667 m^3/jam , Ini menunjukkan bahwa Komatsu DZ 602 lebih efisien dalam pekerjaan berat karena

memiliki kaasitas *blade* paling besar dibandingkan dengan Caterpillar D6G. *Vibrator roller* digunakan untuk pemadatan tanah. CAT CS533E memiliki produktivitas tertinggi dengan nilai produktivitas sebesar 194,36 m³/jam, dibandingkan dengan HAMM 311D yang memiliki produktivitas 174,01 m³/jam. Ini menunjukkan bahwa CAT CS533E mungkin lebih efektif dalam proses pemadatan dibandingkan dengan HAMM 311D.

5.4.2 Kombinasi Alternatif

Berdasarkan hasil perhitungan kondisi *existing*, alternatif 1, alternatif 2, dan alternatif 3, dapat dilihat pada hasil rekapitulasi perbandingan alat berat dari segi biaya dan waktu pada tabel 5.61 sebagai berikut

Tabel 5.60 Rekapitulasi Perbandingan Dengan Kondisi *Existing*

Keterangan		<i>Existing</i>	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Alat Berat	Gali Muat Angkut	<i>Excavator</i> Hyundai Hx 300Sl, Komatsu PC 200, Doosan dan <i>Dump truck</i> Isuzu, Mitsubishi, Toyota	3 <i>Excavator</i> Hyundai Hx 300Sl dan <i>Dump truck</i> Isuzu, Mitsubishi, Toyota	4 <i>Excavator</i> Hyundai Hx 300Sl dan <i>Dump truck</i> Isuzu, Mitsubishi, Toyota	5 <i>Excavator</i> Hyundai Hx 300Sl dan <i>Dump truck</i> Isuzu, Mitsubishi, Toyota
	Meratakan dan memadatkan	DZ 602 dan Chaterphilar Vibro HAMM D331 dan Vibro CAT CS533E	2 DZ 602 dan 2 Vibro CAT CS533E	3 DZ 602 dan 3 Vibro CAT CS533E	4 DZ 602 dan 3 Vibro CAT CS533E
Durasi pekerjaan	Hari	75	65	48	38
Selisih waktu	Hari	75	10	27	37
Biaya total	Rp	Rp6.619.854.444,00	Rp6.273.499.512,00	Rp6.218.699.508,00	Rp6.320.539.512,00
	%	100%	5,232%	6,059%	4,523%

Berdasarkan rekapitulasi hasil perbandingan yang ditunjukkan pada tabel 5.32. pada alternatif 1 menggunakan 3 unit *excavator* jenis Hyunday Hx 300Sl, 44 unit *dump truck*, 2 unit *bulldozer* jenis komatsu DZ 602, dan 2 unit *vibrator roller* dengan jenis CAT CS533E. Alternatif 2 menggunakan 4 unit *excavator*, 58 unit *dump truck*, 3 unit *bulldozer* jenis komatsu DZ 602, dan 3 unit *vibrator roller* jenis CT CS533E. Alternatif 3 menggunakan 5 unit *excavator*, 74 unit *dump truck*, 4 unit *bulldozer* jenis komatsu DZ 602, dan 4 unit *vibrator roller* jenis CAT CS533E. Dari ketiga alternatif tersebut, Alternatif 3 memang memberikan keunggulan dalam hal waktu penyelesaian yang lebih cepat dan biaya yang lebih rendah. Namun, opsi ini tidak sejalan dengan kondisi nyata di lapangan. Penggunaan alat berat yang terlalu banyak dalam alternatif ini berpotensi menyebabkan kemacetan dalam alur kerja timbunan, yang dapat menghambat efisiensi proyek secara keseluruhan. Sebaliknya, alternatif 2 menunjukkan kombinasi alat yang paling efektif dan efisien untuk kebutuhan pekerjaan tersebut, karena dirancang dengan mempertimbangkan kondisi lapangan dan kemampuan mobilisasi alat. Dengan demikian, meskipun alternatif 3 terlihat menarik dari segi waktu dan biaya, alternatif 2 lebih mampu menjamin kelancaran dan keberhasilan pelaksanaan proyek.

Meskipun selisih biaya alternatif 2 bukan termasuk alternatif yang memiliki penyelesaian pekerjaan paling cepat, tetapi alternatif 2 ini direkomendasikan untuk diterapkan pada pekerjaan timbunan di area antara Sta 37+00 hingga Sta 37+650. Rekomendasi ini didasarkan pada kenyataan bahwa kombinasi jumlah dan jenis alat berat yang termasuk dalam alternatif 2 lebih sesuai dengan kondisi lapangan. Dengan kata lain, pilihan ini mempertimbangkan faktor-faktor praktis dan logistik di lapangan seperti mobilisasi penggunaan alat berat sehingga dapat mengurangi resiko keterlambatan dan penambahan biaya. Alternatif 2 lebih realistis dan efektif dalam konteks pekerjaan yang akan dilakukan, dimana Alternatif 2 ini melibatkan penggunaan 4 unit *excavator*, yang memiliki produktivitas sebesar 497,096 m^3 /jam. Selain itu, terdapat 58 unit *dump truck* dengan rata-rata produktivitas 8,202 m^3 /jam. Selain itu, terdapat 3 unit *bulldozer* jenis Komatsu DZ 602 dengan produktivitas sebesar 602,001 m^3 /jam, serta 3 unit *vibrator roller* jenis CAT CS533E yang memiliki produktivitas per jam sebesar 583,08 m^3 /jam. Selisi

waktunya adalah 27 hari dan selisi biaya yang diperoleh adalah Rp401.154.936,00 (6,059%) dibanding kondisi *existing*. alternatif 2 menawarkan efisiensi yang signifikan, memastikan proyek dapat dilaksanakan dengan lancar dan sesuai anggaran. Rekomendasi ini menekankan pentingnya analisis mendalam dalam pengambilan keputusan dalam proyek konstruksi.

Hal ini juga dilakukan oleh penelitian lain, ayu (2023), yang meekomendasikan alternatif pekerjaan timbunan pada proyek penataan *Landfill* Zona B TPA Regional Piyungan Yogyakarta, dimana menggunakan 4 unit *excavator* komatsu PC200-8 dengan kapasitas $0,8\text{ m}^3$ dan 2 unit *bulldozer* D85-10 dengan kapasitas $3,4\text{ m}^3$, karena memiliki selisi waktu paling cepat yang dapat mempengaruhi pekerjaan meskipun biaya sedikit mahal dibanding alternatif lainnya. Berdasarkan analisis perbandingan, alternatif 2 terbukti paling efektif untuk Proyek Penataan Landfill Zona B TPA Piyungan. Dengan menggunakan 4 unit *excavator* Komatsu PC200-8 dan 2 unit *bulldozer* D85-10, proyek dapat selesai dalam 493 jam (71 hari) dengan biaya Rp1.186.628.000,00. Alternatif ini mengurangi waktu pengerjaan sebanyak 328 jam (39,951%) dan menghemat biaya sebesar Rp21.842.600,00 (1,807%) dibandingkan kondisi awal.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan melalui perbandingan antara kondisi *existing* dengan alternatif lainya diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Produktivitas alat berat rerata *excavator* adalah sebesar $353,815 \text{ m}^3/\text{jam}$, produktivitas alat berat rerata *dump truck* adalah sebesar $24,462 \text{ m}^3/\text{jam}$, produktivitas alat berat rerata *bulldozer* adalah sebesar $327,518 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan produktivitas alat berat rerata *vibrator roller* adalah sebesar $368,37 \text{ m}^3/\text{jam}$.
2. Berdasarkan analisa, Alternatif yang paling efektif dan efisien adalah alternatif 2. Kombinasi yang direkomendasi untuk proyek Jalan Tol Solo Jogja Seksi 1.2 Purwormartani – Klaten Sta 37+00 – Sta 37+650 yang efisien dalam aspek waktu dan biaya adalah penggunaan 4 unit *excavator* hyundai Hx 300Sl, dengan kapasitas $1,27 \text{ m}^3$, kemudian ritase *dump truck* sebanyak 399 siklus dengan rata – rata kapasitas *dump truck* $7,279 \text{ m}^3$, 3 unit *bulldozer* Komatsu DZ 602 dengan kapasitas *blade* $4,432 \text{ m}^3$ dan 3 unit *vibrator roller* dengan lebar efektif pemadatan 1,84 m. pekerjaan ini dapat diselesaikan 100% dalam waktu 48 hari dengan total biaya Rp6.218.699.508,00. Alternatif 2 ini, dapat mempercepat pekerjaan timbunan selama 27 hari dan menghemat biaya sebesar Rp401.154.936,00 (6,059%) terhadap kondisi asli.

6.2 Saran

Dalam penggunaan alat berat pada pelaksanaan pekerjaan tanah untuk pembuatan proyek Jalan Tol Solo Jogja Seksi 1.2 Purwormartani – Klaten Sta 37+00 – Sta 37+650, hal – hal yang perlu diperhatikan adalah

1. Dalam melakukan perhitungan produktivitas alat maka data – data alat harus betul – betul diperhaatika dari kapasitas, waktu siklus, dan efisiensi kerja alat, karena hal tersebut akan menentukan produksi alat yang digunakan.
2. Lokasi penelitian dan jarak *quarry* sebaiknya memilih lokasi yang lebih dekat

dengan lokasi timbunan untu mendapatkan produktivitas yang lebih efektif dan efisien.

3. Memilih alat berat dengan kapasitas yang lebih besar.
4. Untuk penelitian berikutnya, disarankan untuk menambah variasi kombinasi alat berat agar informasi tersebut dapat tersebar lebih luas di kalangan para profesional.

DAFTAR PUSTAKA

- Aliami, S. A. (2022). Pengaruh Waktu Siklus Terhadap Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Perkerasan Jalan Rigid Pavement Gudang Bulog Bunga Raya. *Tugas Akhir*. (Doctoral dissertation, Universitas Islam Riau).
- Arsyad, R. (2021). Analisa Produktivitas Alat Berat Dalam Pekerjaan Penghamparan Material Agregat Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Pekanbaru–Padang Seksi Vi Pekanbaru Bangkinang. 6. *Tugas Akhir*. Universitas Islam Riau
- Gunawan, A. P. (2019). Analisis Produktivitas Dan Efisiensi Alat Berat Pekerjaan Bore Pile Pada Pembangunan Overpass Proyek Jalan Tol Balikpapan–Samarinda Km. 13.
- Handayani, E. (2017). Efisiensi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Pembangunan TPA (Tempat Pemrosesan Akhir). *Jurnal Ilmiah*. Universitas Batanghari Jambi, 15(3), 90-95.
- Harjani, D. A. (2023). Analisis Pemilihan Kombinasi Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan Proyek Penataan Landfill Zona B Tpa Regional Piyungan. *Tugas Akhir*. (Tidak Diterbitkan). Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Lakho, T. H., Khan, M. A., Virk, S. I., Indher, A. A., & Khaskheli, S. A. (2021). Evaluation of Overall Equipment Effectiveness in a Heavy Engineering Industry: A Case Study. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. (pp. 363-372)
- Kalalo, B. G., Sibi, M., & Dundu, A. K. (2020). Manajemen Alat Berat Pada Pekerjaan Bendungan Lolak. *Jurnal Sipil Statik*, 8(5).
- Kurniawan, S. (2023). Produktivitas Alat Berat Pada Galian Dan Timbunan. *Jumatisi: Jurnal Mahasiswa Teknik Sipil*, 4(1), 266-271.
- Lestari, I. (2021). Analisis Produktivitas Batching Plant Menggunakan Metode Time Study. *Tugas Akhir*. Universitas Islm Riau. Pekanbaru
- Moleong, L. J. (2019). Metodologi penelitian kualitatif. PT Remaja Rosdakarya Bandung.

- Nugraha, S. A. (2020). Analisis Produktivitas *Excavator* Dan *Dump Truck* Studi Kasus Proyek Peningkatan Ruas Jalan Yogyakarta-Barongan (Imogiri), Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.
- Octavia, D. M., Mardhiyah, R., & Utami, C. (2021). Analisis Kombinasi *Excavator* dan *Dump Truck* pada Pekerjaan Galian Tanah (Studi Kasus: Proyek Pembangunan Kampus III UIN Imam Bonjol Padang). *Jurnal Teknik Sipil*. Institut Teknologi Padang, 8(2), 66-74.
- Prasetyo, B. (2022). Analisis Perbandingan Koefisien Tenaga Kerja Pekerjaan Pasangan Dinding Bata Ringan Antara Lapangan Dan Standar Nasional Indonesia (Sni) 2016. *Tugas Akhir*.
- Prasetyo, D., & Priyanto, B. (2023). Analisa Produktivitas *Excavator* dan *Dump Tuck* pada Pekerjaan Timbunan Random Proyek Bendungan Jragung. *Jurnal Sosial Teknologi*, 3(5), 437-443.
- Purwanto, T., Wiranto, P., & Lukman, H. (2016). Produktivitas Alat Berat Pada Pembangunan Jalan Ruas Laratlamdesar Provinsi Maluku. *Jurnal Online*. Mahasiswa Universitas Pakuan, 1(1).
- Safitri, R., & Purnama, A. (2021). Analisis Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Tanah Pelaksanaan Pembangunan Bendungan Beringin Sila Kecamatan Utan. *Jurnal saintek*, 2(1), 8-14.
- Simamora, W. V., Naufal, A., Herwindo, W., & Riyanto, D. P. (2024). Studi Evaluasi Manajemen Konstruksi Pekerjaan Galian Batu Dengan Peledakan Pada Bangunan Pelimpah Proyek Pembangunan Bendungan Budongbudong. *Jurnal Inovasi Konstruksi*, 3(1), 1-14.
- Ratna, N. K (2010) dalam Hakim, A. 2017. Metode Penelitian: Penelitian Kualitatif, Tindakan Kelas & Studi Kasus. CV Jejak. Sukabumi.
- Rostiyanti, S.F. 2008. Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi, Edisi 2. PT Rineka Cipta. Jakarta.
- Sandi, C. K., Cahyono, N., Husodo, I. T., & Suwandi, P. A. P. J. (2020). Analisis Produktivitas Pekerja Dengan Metode *Time Study* Pada Pekerjaan Kolom (Studi Kasus Proyek Rehabilitasi Pasar Johar Kota Semarang). *Jurnal Teknik Sipil Gyratory Upgris*, 1(1), 1-10.

- Sugiyono, P. D. (2017). Metode penelitian bisnis: pendekatan kuantitatif, kualitatif, kombinasi, dan R&D. Penerbit CV. Alfabeta: Bandung, 225, 87.
- Tambunan, S. P., Pratiwi, D., & Dewantoro, F. (2022). Perhitungan Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Jalan Sim pang Korpri Purwotani. *Jurnal Teknik Sipil*, 3(02), 67-73.
- Wardani, P. I. K., Ratih, S. Y., & Primantari, L. (2022). Analisis Produktivitas Alat Berat Excavator dan Dump Truck (Studi Kasus Proyek Pembangunan Gedung Indoor Manahan Kota Surakarta). *MoDuluS: Media Komunikasi Dunia Ilmu Sipil*, 4(2), 46. <https://doi.org/10.32585/modulus.v4i2.2472>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Waktu Siklus *Excavator* Hyundai Hx 300SI Hari Pertama

Data Pengamat Waktu Siklus *Excavator* Hyundai Hx 300SI Rabu

Nama Alat	: Excavator				
Merk Alat	: Hyundai Hs 300sl				
Kondisi Alat	: Sangat Baik				
Kapasitas Bucket	: 1,27				
Waktu Kerja	: 7 jam				
Material	: common borrow material				
Jam kerja	: 08.00 – 17.00				
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	18.82	4.34	6.56	4,22
	Ke – 2	18.42	4.28	5	4.56
	Ke – 3	17.95	4.56	5.84	3.89
Siang	Ke – 4	17.21	5.34	6.21	4.85
	Ke – 5	18.21	4.28	5.86	3.98
	Ke – 6	17.34	4.59	6.65	4.12
Sore	Ke – 7	17.21	4.34	5.21	3.85
	Ke – 8	16.34	4.28	6.21	4.56
	Ke – 9	17.62	4.56	6.65	3.12
Rata – Rata		17.680	4.508	6.021	4,128
Waktu Siklus		32,336			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
					
(Dhifa)					

Lampiran 2 Waktu Siklus *Excavator* Hyundai Hx 300SI Hari kedua

Data Pengamat Waktu Siklus *Excavator* Hyundai Hx 300SI Hari Kamis

Nama Alat	: Excavator				
Merk Alat	: Hyundai Hx 300sl				
Kondisi Alat	: Sangat Baik				
Kapasitas Bucket	: 1,27				
Waktu Kerja	: 7 jam				
Material	: common borrow material				
Jam kerja	: 08.00 – 17.00				
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	17,84	4,32	5,43	3,85
	Ke – 2	20,52	4,37	4,9	3,98
	Ke – 3	19,95	4,64	4,45	4,01
Siang	Ke – 4	17,21	4,12	4,65	3,85
	Ke – 5	16,72	5,32	5,01	3,56
	Ke – 6	18,95	4,54	4,32	3,2
Sore	Ke – 7	17,84	5,05	4,56	3,85
	Ke – 8	17,72	5,03	5	4,56
	Ke – 9	18,95	4,64	4,89	3,56
Rata – Rata		17,68	18,41111111	4,67	4,801
Waktu Siklus		31,707			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 3 Waktu Siklus *Excavator* Hyundai Hx 300SI Hari Ke-3

Data Pengamat Waktu Siklus *Excavator* Hyundai Hx 300SI Hari Jumat

Nama Alat	: Excavator				
Merk Alat	: Hyundai Hx 300sl				
Kondisi Alat	: Sangat Baik				
Kapasitas Bucket	: 1.27				
Waktu Kerja	: 7 jam				
Material	: common borrow material				
Jam kerja	: 08.00 – 17.00				
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	21,03	6,34	4,56	3,02
	Ke – 2	18,82	6,28	4,26	3,07
	Ke – 3	19,22	4,98	4,46	4
Siang	Ke – 4	16,34	4,56	3,98	3,98
	Ke – 5	17,67	5,43	4,24	4,02
	Ke – 6	19,65	6,55	3,99	4,45
Sore	Ke – 7	18,34	4,45	4,55	3,9
	Ke – 8	20,39	5,55	5,55	3,45
	Ke – 9	20,95	4,55	4,74	4,03
Rata – Rata		17,68	19,15666667	5,41	4,622857143
Waktu Siklus		32,958			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 4 Waktu Siklus *Excavator* Hyundai Hx 300SI Hari Sabtu

Data Pengamat Waktu Siklus *Excavator* Hyundai Hx 300SI Hari Sabtu

Nama Alat		: Excavator			
Merk Alat		: Hyundai Hx 300sl			
Kondisi Alat		: Sangat Baik			
Kapasitas Bucket		: 1,27			
Waktu Kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	19,84	3,34	5,55	3,98
	Ke – 2	18,82	4,29	5,07	4
	Ke – 3	20,02	6,02	4,98	3,33
Siang	Ke – 4	21,03	4,45	4,56	4,56
	Ke – 5	16,97	6,52	5,23	4,07
	Ke – 6	17,21	4,85	4,68	3,33
Sore	Ke – 7	19,07	3,49	3,98	4,5
	Ke – 8	19,02	6,28	4,98	3,65
	Ke – 9	16,54	6,06	5,55	3,42
Rata – Rata		17,68	17,21	4,85	4,68
Waktu Siklus		32,616			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 5 Waktu Siklus *Excavator* Hyundai Hx 300Sl Hari Hari Ke-5

Data Pengamat Waktu Siklus *Excavator* Hyundai Hx 300Sl Hari Minggu

Nama Alat	: Excavator				
Merk Alat	: Hyundai Hx 300sl				
Kondisi Alat	: Sangat Baik				
Kapasitas Bucket	: 1,27				
Waktu Kerja	: 7 Jam				
Material	: common borrow material				
Jam kerja	: 08.00 – 17.00				
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	18,34	5,22	4,32	3,05
	Ke – 2	20,43	5,05	4,37	4,05
	Ke – 3	19,98	5,26	4,74	3,98
Siang	Ke – 4	20,03	4,98	4,56	3,76
	Ke – 5	21,03	4,74	4,09	3,56
	Ke – 6	19,48	4,56	3,84	3,57
Sore	Ke – 7	18,4	5,59	3,79	3,87
	Ke – 8	20,05	5,73	4,76	4
	Ke – 9	19,54	5,95	4,84	4,02
Rata – Rata		19,6978	5,231	4,3678	3,762
Waktu Siklus		33,058			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 6 Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC 200 Hari Ke-1

Data Pengamat Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC 200 Hari Rabu

Nama Alat	: Excavator				
Merk Alat	: Komatsu PC 200				
Kondisi Alat	: Sangat Baik				
Kapasitas Bucket	: 1,1				
Waktu Kerja	: 7 jam				
Material	: common borrow material				
Jam kerja	: 08.00 – 17.00				
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	17,7	4,34	6,56	4,22
	Ke – 2	18,72	5,34	6,21	4,1
	Ke – 3	17,95	5,28	5	4,4
Siang	Ke – 4	17,21	5,56	5,84	3,9
	Ke – 5	18,21	5,34	5,42	4
	Ke – 6	18,54	5,28	5,5	3,56
Sore	Ke – 7	19,52	5,34	6,32	4,12
	Ke – 8	19,42	6,24	5,28	3,85
	Ke – 9	18,26	5,56	4,21	3,56
Rata – Rata		18,38	5,29	5,49	3,94
Waktu Siklus		33,13			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 7 Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC 200 Hari Ke-2

Data Pengamat Waktu Siklus <i>Excavator</i> Komatsu PC 200 Hari Kamis					
Nama Alat		: <i>Excavator</i>			
Merk Alat		: Komatsu PC 200			
Kondisi Alat		: Sangat Baik			
Kapasitas Bucket		: 1,1			
Waktu Kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	18,84	4,34	4,23	3,65
	Ke – 2	19,72	3,28	5,02	3,42
	Ke – 3	20	4,45	4,56	3,49
Siang	Ke – 4	17,56	5,03	5,86	3,45
	Ke – 5	18,72	3,48	6,07	3,24
	Ke – 6	18,95	4,03	5,74	3,33
Sore	Ke – 7	17,84	4,68	6,02	3,94
	Ke – 8	18,72	4,72	4,87	3,54
	Ke – 9	17,95	3,67	5,49	3,49
Rata – Rata		18,7	4,275	5,318	3,506
Waktu Siklus		31,798			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 8 Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC 200 Hari Jumat

Data Pengamat Waktu Siklus <i>Excavator</i> Komatsu PC 200 Hari Jumat					
Nama Alat		: <i>Excavator</i>			
Merk Alat		: Komatsu PC 200			
Kondisi Alat		: Sangat Baik			
Kapasitas Bucket		: 1,1			
Waktu Kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	22,84	4,33	4,54	3,02
	Ke – 2	19,72	4,23	4,08	3,35
	Ke – 3	20,22	4,45	4,07	3
Siang	Ke – 4	19,04	5,22	4,22	3,04
	Ke – 5	18,23	4,42	4,02	3,22
	Ke – 6	19,56	4,29	4	4
Sore	Ke – 7	18,54	5,02	6	3,05
	Ke – 8	19,24	3,78	5,23	3,21
	Ke – 9	21,02	4,05	4,09	3,23
Rata – Rata		19,983	4,421	4,472	4,472
Waktu Siklus		32,113			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 9 Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC 200 Hari Sabtu

Data Pengamat Waktu Siklus <i>Excavator</i> Komatsu PC 200 Hari Sabtu					
Nama Alat	: <i>Excavator</i>				
Merk Alat	: Komatsu PC 200				
Kondisi Alat	: Sangat Baik				
Kapasitas Bucket	: 1,1				
Waktu Kerja	: 7 jam				
Material	: common borrow material				
Jam kerja	: 08.00 – 17.00				
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	23,84	4	5,54	3
	Ke – 2	19,23	5,05	5	3,04
	Ke – 3	18,72	4,98	5,03	3,22
Siang	Ke – 4	17,01	4,54	5	3,21
	Ke – 5	18,23	5	4,89	4
	Ke – 6	22,02	4,43	4,72	3,56
Sore	Ke – 7	19,24	4,45	4,65	3,7
	Ke – 8	16,24	4	5,02	3,04
	Ke – 9	17,21	4,22	4,5	3,55
Rata – Rata		19,082	4,519	4,928	3,369
Waktu Siklus		31,898			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 10 Waktu Siklus *Excavator* Komatsu PC 200 Hari Minggu

Data Pengamat Waktu Siklus <i>Excavator</i> Komatsu PC 200 Hari Minggu					
Nama Alat		: <i>Excavator</i>			
Merk Alat		: Komatsu PC 200			
Kondisi Alat		: Sangat Baik			
Kapasitas Bucket		: 1,1			
Waktu Kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	24,02	5,34	4,53	3,85
	Ke – 2	18,54	6,28	5,21	3,56
	Ke – 3	17,85	5,56	4,84	4,12
Siang	Ke – 4	22,23	5,34	4,53	3,85
	Ke – 5	16,45	6,28	5,21	3,56
	Ke – 6	16,98	5,56	4,84	4,12
Sore	Ke – 7	16,2	5,34	4,53	3,85
	Ke – 8	17,23	6,28	5,21	3,56
	Ke – 9	17,22	5,56	4,84	4,12
Rata – Rata		18,524	5,727	4,86	3,843
Waktu Siklus		32,954			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 11 Waktu Siklus *Excavator* Doosan DX 300CA Hari Rabu

Data Pengamatan Waktu Siklus <i>Excavator</i> Doosan DX 300CA Hari Rabu					
Nama Alat		: <i>Excavator</i>			
Merk Alat		: Doosan DX 300CA			
Kondisi Alat		: Sangat Baik			
Kapasitas Bucket		: 1,2			
Waktu Kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam Kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	23,217	5,06	4,5	3,6
	Ke – 2	16,23	4,8	4,28	3,24
	Ke – 3	19,42	4,32	4,82	3,33
Siang	Ke – 4	17,23	4,07	4,52	3,5
	Ke – 5	22,21	3,87	4,67	4
	Ke – 6	18,4	5	4,82	3,76
Sore	Ke – 7	17,54	4,32	4,52	3,21
	Ke – 8	17,54	4,24	5,22	3,42
	Ke – 9	19,87	4,65	3,97	4
Rata – Rata		18,555	4,481	4,591	3,562
Waktu Siklus		31,189			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 12 Waktu Siklus *Excavator* Doosan DX 300CA Hari Kamis

Data Pengamat Waktu Siklus <i>Excavator</i> Doosan DX 300CA Hari Kamis					
Nama Alat		: <i>Excavator</i>			
Merk Alat		: Doosan DX 300CA			
Kondisi Alat		: Sangat Baik			
Kapasitas Bucket		: 1.22			
Waktu Kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam Kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	18,84	3,34	6,55	3,98
	Ke – 2	19,72	4,29	5,07	4
	Ke – 3	23,32	5,02	4,98	3,33
Siang	Ke – 4	17,56	4,45	4,56	3,56
	Ke – 5	18,72	4,52	4,23	3,07
	Ke – 6	18,95	4,85	4.68	3,33
Sore	Ke – 7	17,84	3,49	3,98	4,5
	Ke – 8	18,72	4,28	4,98	3,65
	Ke – 9	17,95	4,43	5,55	3,42
Rata – Rata		19,069	4,297	4,987	3,649
Waktu Siklus		32,738			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 13 Waktu Siklus *Excavator* Doosan DX 300CA

Data Pengamat Waktu Siklus *Excavator* Doosan DX 300CA Hari Jumat

Nama Alat	: Excavator				
Merk Alat	: Doosan DX 300CA				
Kondisi Alat	: Sangat Baik				
Kapasitas Bucket	: 1,2				
Waktu Kerja	: 7 jam				
Material	: common borrow material				
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke - 1	26,41	4,21	5,53	3,85
	Ke - 2	19,21	4,28	5,21	3,56
	Ke - 3	16,21	3,56	4,84	4,12
Siang	Ke - 4	18,43	5,34	4,53	3,85
	Ke - 5	18,43	4,28	5,21	3,56
	Ke - 6	16,76	3,56	4,84	4,12
Sore	Ke - 7	16,42	5,34	4,53	3,85
	Ke - 8	22,41	4,28	5,21	3,56
	Ke - 9	18,67	4,56	4,84	4,31
Rata - Rata		19,52375	4,378888889	4,971111111	3,864444444
Waktu Siklus		32,738			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 14 Waktu Siklus *Excavator* Doosan DX 300CA Hari Sabtu

Data Pengamat Waktu Siklus *Excavator* Doosan DX 300CA Hari Sabtu

Nama Alat	: Excavator				
Merk Alat	: Doosan DX 300CA				
Kondisi Alat	: Sangat Baik				
Kapasitas Bucket	: 1,2				
Waktu Kerja	: 7 jam				
Material	: common borrow material				
Jam Kerja	: 08.00 – 17.00				
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	18,84	5,21	5,53	3,55
	Ke – 2	19,72	3,65	6,12	3,7
	Ke – 3	20	4,32	5,32	3,89
Siang	Ke – 4	17,56	4,84	4,32	3,56
	Ke – 5	18,72	4,65	5,65	3,42
	Ke – 6	18,95	4,12	4,76	3,24
Sore	Ke – 7	17,84	6,85	6,211	3,54
	Ke – 8	18,72	4,56	4,54	3,21
	Ke – 9	17,95	3,74	4,89	3,15
Rata – Rata		18,7	4,66	5,306375	3,421
Waktu Siklus		32,087			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
					
(Dhifa)					

Lampiran 15 Waktu Siklus *Excavator* Doosan DX 300CA Hari Jumat

Data Pengamatan Waktu Siklus <i>Excavator</i> Doosan DX 300CA Hari Minggu					
Nama Alat		: <i>Excavator</i>			
Merk Alat		: Doosan DX 300CA			
Kondisi Alat		: Sangat Baik			
Kapasitas Bucket		: 1,2			
Waktu Kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam Kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Gali T1 (Detik)	Waktu Putar Isi T2 (Detik)	Waktu Buang T3 (Detik)	Waktu Putar Kosong T4 (Detik)
Pagi	Ke – 1	16,84	4,29	4,54	3,33
	Ke – 2	19,72	3,98	4,67	3,34
	Ke – 3	19,87	4,07	5,03	3,65
Siang	Ke – 4	18,56	4,07	6,01	3,21
	Ke – 5	18,72	5	4,89	3,49
	Ke – 6	17,95	4,43	4,72	3,56
Sore	Ke – 7	22,84	4,54	4,65	3,34
	Ke – 8	18,72	4,21	4,32	3,04
	Ke – 9	18,95	4,73	4,5	3,66
Rata – Rata		19,13	4,369	4,814	3,402
Waktu Siklus		31,716			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Pengawas lapangan					
<div> (Dhifa)</div>					

Lampiran 16 Waktu Siklus *Dump Truck* Isuzu Elf HD Hari Rabu

Pengamatan Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Isuzu Hari Rabu					
Nama alat	: <i>Dump truck</i>				
Merk alat	: Isuzu Elf HD				
Kondisi alat	: sangat baik				
Kapasitas dump truck	: 9,918 m ³				
Waktu kerja	: 7 jam				
Material	: common borrow material				
Jam kerja	: 08.00 – 17.00				
Sesi	Siklus	Waktu Muat <i>Excavator</i> (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,5	26	32	20
	Ke – 2	1,24	27	30	21
	Ke – 3	1,11	26	29	22
sian g	Ke – 1	1,3	26	30	20
	Ke – 2	1,15	27	29,5	21
	Ke – 3	1,22	27	31	22
sore	Ke – 1	1,18	28	32	22
	Ke – 2	1,21	28	30	20
	Ke – 3	1,3	27	32	20
Rat -rata		1,2456	26,8889	30,611	20,889
Waktu siklus		52,533			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 17 Waktu Siklus *Dump Truck* Isuzu Elf HD Hari Kamis

Pengamatan Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Isuzu Hari Kamis					
Nama alat		: <i>Dump truck</i>			
Merk alat		: Isuzu Elf HD			
Kondisi alat		: sangat baik			
Kapasitas dump truck		: 9,918 m ³			
Waktu kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Muat Excavator (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,04	28	27	20
	Ke – 2	1,23	27	29	21
	Ke – 3	1,07	27	30	21
siang	Ke – 1	0,98	26	32	22
	Ke – 2	1,21	26	28	19
	Ke – 3	1,33	26	29	20
sore	Ke – 1	1,24	28	27	20
	Ke – 2	1,22	28	32	22
	Ke – 3	1,42	27	28	20
Rat - rata		1,193	27	29,111	20,556
Waktu siklus		52,5339			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 18 Waktu Siklus *Dump Truck* Isuzu Elf HD Hari Jumat

Pengamatan Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Isuzu Hari Jumat					
Nama alat		: <i>Dump truck</i>			
Merk alat		: Isuzu Elf HD			
Kondisi alat		: sangat baik			
Kapasitas dump truck		: 9,918 m ³			
Waktu kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Muat <i>Excavator</i> (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,21	26	28	20
	Ke – 2	1,05	27	27	19
	Ke – 3	0,59	27	29	19
siang	Ke – 1	1,24	28	30	21
	Ke – 2	1,32	28	30	21
	Ke – 3	1,22	28	29	21
sore	Ke – 1	1,33	29	28	20
	Ke – 2	1,22	28	31	22
	Ke – 3	1,24	28	27	22
Rat - rata		1,22875	27,66666667	28,77777778	20,55555556
Waktu siklus		53,429			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 19 Waktu Siklus *Dump Truck* Isuzu Elf HD Hari Sabtu

Pengamatan Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Isuzu Hari Sabtu					
Nama alat		: <i>Dump truck</i>			
Merk alat		: Isuzu Elf HD			
Kondisi alat		: sangat baik			
Kapasitas dump truck		: 9,918 m ³			
Waktu kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Muat Excavator (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke - 1	0,59	27	34	21
	Ke - 2	1,01	27	29	22
	Ke - 3	1,22	27	30	20
siang	Ke - 1	1,27	27,5	32	20
	Ke - 2	1,05	27,5	32	20
	Ke - 3	1,24	28	29	21
sore	Ke - 1	1,22	29	28	21
	Ke - 2	1,41	29	28	19
	Ke - 3	1,42	29	28	19
Rat - rata		1,159	27,889	30	20,333333
Waktu siklus		53,281			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 20 Waktu Siklus *Dump Truck* Isuzu Elf HD Hari Minggu

Pengamatan Waktu Siklus Dump Truck Isuzu Hari Minggu					
Nama alat		: Dump truck			
Merk alat		: Isuzu Elf HD			
Kondisi alat		: sangat baik			
Kapasitas dump truck		: 9,918 m ³			
Waktu kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Muat Excavator (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,42	26	32	20
	Ke – 2	1,22	27	30	21
	Ke – 3	1	26	29	22
siang	Ke – 1	1,09	26	30	20
	Ke – 2	1,21	27	29,5	21
	Ke – 3	1,43	27	31	22
sore	Ke – 1	1,25	28	32	22
	Ke – 2	1,27	28	30	20
	Ke – 3	1,08	27	32	20
Rat -rata		1,231428571	26,71428571	30,5	21,14285714
Waktu siklus		52,89657143			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Pengawas lapangan					
<div> (Dhifa)</div>					

Lampiran 21 Waktu Siklus Dump Truck Mitshubishi Hari Rabu

Lampiran 21 Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Mitshubishi Hari Rabu

Nama alat		: <i>Dump truck</i>			
Merk alat		: Mitshubishi			
Kondisi alat		: sangat baik			
Kapasitas dump truck		: 10,26 m ³			
Waktu kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Muat Excavator (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,6	28	29	20
	Ke – 2	1,45	27	30	21
	Ke – 3	1,65	27	27	21
siang	Ke – 1	1,54	26	27	21
	Ke – 2	1,56	27	29	20
	Ke – 3	1,67	26	28,5	22
sore	Ke – 1	1,76	28	28,5	21
	Ke – 2	1,53	28	27	21
	Ke – 3	1,71	29	26	20
Rat - rata		1,608	27,333	28	20,778
Waktu siklus		53,186			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 22 Waktu Siklus *Dump Truck* Mitshubishi Hari Kamis

Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Mitshubishi Hari Kamis

Nama alat		: <i>Dump truck</i>			
Merk alat		: Mitshubishi			
Kondisi alat		: sangat baik			
Kapasitas dump truck		: 10,26 m ³			
Waktu kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Muat Excavator (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,54	28	29,5	19
	Ke – 2	1,66	28	30	19
	Ke – 3	1,76	27	29	20
sian g	Ke – 1	1,62	27	28	21
	Ke – 2	1,68	27	29,5	22
	Ke – 3	1,72	29	28	21
sore	Ke – 1	1,62	29	28	21
	Ke – 2	1,64	27	29	22
	Ke – 3	1,74	27	29	22
Rat - rata		1,664	27,667	28,889	20,778
Waktu siklus		52,644			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
<div> (Dhifa)</div>					

Lampiran 23 Waktu Siklus *Dump Truck* Mitshubishi Hari Jumat

Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Mitshubishi Hari Jumat

Nama alat	: <i>Dump truck</i>				
Merk alat	: Mitshubishi				
Kondisi alat	: sangat baik				
Kapasitas dump truck	: 10,26 m ³				
Waktu kerja	: 7 jam				
Material	: common borrow material				
Jam kerja	: 08.00 – 17.00				
Sesi	Siklus	Waktu Muat Excavator (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,63	26	32	19
	Ke – 2	1,57	26	30	19
	Ke – 3	1,77	27	29	20
sian g	Ke – 1	1,72	27	30	21
	Ke – 2	1,64	27,5	29,5	22
	Ke – 3	1,8	28	31	21
sore	Ke – 1	1,63	28	32	21
	Ke – 2	1,52	28	30	22
	Ke – 3	1,54	28,5	32	22
Rat - rata		1,647	27,333	30,611	20,778
Waktu siklus		53,568			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhiifa)					

Lampiran 24 Waktu Siklus *Dump Truck* Mitshubishi Hari Sabtu

Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Mitshubishi Hari Sabtu

Nama alat	: <i>Dump truck</i>				
Merk alat	: Mitshubishi				
Kondisi alat	: sangat baik				
Kapasitas dump truck	: 10,26 m ³				
Waktu kerja	: 7 jam				
Material	: common borrow material				
Jam kerja	: 08.00 – 17.00				
Sesi	Siklus	Waktu Muat Excavator (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,54	28	30	20
	Ke – 2	1,66	28	29	20
	Ke – 3	1,76	27	29	21
siang	Ke – 1	1,62	27	28,5	21
	Ke – 2	1,68	27	28,8	22
	Ke – 3	1,72	29	29	21
sore	Ke – 1	1,62	29	29	20
	Ke – 2	1,64	27	29	20
	Ke – 3	1,74	28	30	20
Rat - rata		1,664	27,778	29,144	20,556
Waktu siklus		49,998			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
<div> (Dhiifa)</div>					

Lampiran 25 Waktu Siklus *Dump Truck* Mitshubishi Hari Minggu

Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Mitshubishi Hari Minggu

Nama alat	: Dump truck				
Merk alat	: Mitshubishi				
Kondisi alat	: sangat baik				
Kapasitas dump truck	: 10,26 m ³				
Waktu kerja	: 7 jam				
Material	: common borrow material				
Jam kerja	: 08.00 – 17.00				
Sesi	Siklus	Waktu Muat Excavator (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,54	27	31	19
	Ke – 2	1,66	28	29	19
	Ke – 3	1,76	27	28	20
sian g	Ke – 1	1,62	27	29	21
	Ke – 2	1,68	27	28	22
	Ke – 3	1,72	28	28	21
sore	Ke – 1	1,62	29	28	21
	Ke – 2	1,64	27	28	21
	Ke – 3	1,49	27	28	22
Rat - rata		1,637	27,444	28,556	20,667
Waktu siklus	53,728				
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 26 Waktu Siklus *Dump Truck* Toyota Hino Hari Rabu

Pengamatan Waktu Siklus *Dump Truck* Toyota Hino Hari Rabu

Nama alat		: <i>Dump truck</i>			
Merk alat		: Toyota Hino			
Kondisi alat		: sangat baik			
Kapasitas dump truck		: 9,396 m ³			
Waktu kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Muat Excavator (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,3	29	34	20
	Ke – 2	1,22	27	31	20
	Ke – 3	1,45	27	28,5	21
sian g	Ke – 1	1,09	26	30	22
	Ke – 2	1,53	27	29,5	21
	Ke – 3	1,22	28	30	21
sore	Ke – 1	1,44	28	31,5	20
	Ke – 2	1,21	27	29	22
	Ke – 3	1,46	27	30,5	19
Rat -rata		1,324	27,333	30,444	20
Waktu siklus		52,165			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
<div> (Dhifa)</div>					

Lampiran 27 Waktu Siklus *Dump Truck* Toyota Hino Hari Kamis

Pengamatan Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Toyota Hino Hari Kamis					
Nama alat		: <i>Dump truck</i>			
Merk alat		: <i>Toyota Hino</i>			
Kondisi alat		: sangat baik			
Kapasitas dump truck		: $9,396\text{ m}^3$			
Waktu kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Muat Excavator (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,24	28	29,5	19
	Ke – 2	1,34	28	30	19
	Ke – 3	1,83	27	29	20
sian g	Ke – 1	1,28	27	28	21
	Ke – 2	1,24	27	29,5	22
	Ke – 3	1,62	29	28	21
sore	Ke – 1	1,27	29	28	21
	Ke – 2	1,32	27	29,5	22
	Ke – 3	1,19	27	29	22
Rat - rata		1,37	27,667	28,944	20,778
Waktu siklus		52,644			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 28 Waktu Siklus *Dump Truck* Toyota Hino Hari Sabtu

Pengamatan Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Toyota Hino Hari Jumat					
Nama alat		: <i>Dump truck</i>			
Merk alat		: <i>Toyota Hino</i>			
Kondisi alat		: sangat baik			
Kapasitas dump truck		: 9,396 m ³			
Waktu kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Muat Excavator (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,53	28,5	29,5	21
	Ke – 2	1,29	27	30	20
	Ke – 3	1,32	28	29,5	20
sian g	Ke – 1	1,28	27	28	21
	Ke – 2	1,24	27	29,5	21
	Ke – 3	1,67	30	28	20,5
sore	Ke – 1	1,39	29	28	21
	Ke – 2	1,32	27	29,5	22
	Ke – 3	1,41	28,5	29	19
Rat - rata		1,383	28	29	20,611
Waktu siklus		52,811			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 29 Waktu Siklus *Dump Truck* Toyota Hino Hari Sabtu

Pengamatan Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Toyota Hino Hari Sabtu					
Nama alat		: <i>Dump truck</i>			
Merk alat		: Toyota Hino			
Kondisi alat		: sangat baik			
Kapasitas dump truck		: 9,396 m ³			
Waktu kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	Siklus	Waktu Muat Excavator (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,21	27,5	32	22,5
	Ke – 2	1,66	28	30	21,5
	Ke – 3	1,27	27	29	20
siang	Ke – 1	1,62	27	31	21
	Ke – 2	1,51	27,5	30	22
	Ke – 3	1,45	29	28	21
sore	Ke – 1	1,62	28,5	28,5	22
	Ke – 2	1,23	27	29	22
	Ke – 3	1,39	27	29,5	22
Rat - rata		1,44	27,611	29,667	21,556
Waktu siklus		53,367			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 30 Waktu Siklus *Dump Truck* Toyota Hino Hari Minggu

Pengamatan Waktu Siklus <i>Dump Truck</i> Toyota Hino Hari Minggu					
Nama alat		: <i>Dump truck</i>			
Merk alat		: Toyota Hino			
Kondisi alat		: sangat baik			
Kapasitas dump truck		: 9,396 m ³			
Waktu kerja		: 7 jam			
Material		: common borrow material			
Jam kerja		: 08.00 – 17.00			
Sesi	siklus	Waktu Muat <i>Excavator</i> (menit)	Waktu Angkut (Menit)	Waktu Buang (Detik)	Waktu Kembali (Menit)
pagi	Ke – 1	1,42	26	32	20
	Ke – 2	1,22	27	30	21
	Ke – 3	1	26	29	22
siang	Ke – 1	1,09	26	30	20
	Ke – 2	1,21	27	29,5	21
	Ke – 3	1,43	27	31	22
sore	Ke – 1	1,25	28	32	22
	Ke – 2	1,27	28	30	20
	Ke – 3	1,08	27	32	20
Rat -rata		1,231	26,714	30,5	21,142
Waktu siklus		52,896			
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK					
Pengawas lapangan					
 (Dhifa)					

Lampiran 33 Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu DZ 602 Hari Jumat

Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu DZ 602 Hari Jumat

Nama Alat			: Bulldozer					
Merk Alat			: Komatsu DZ 602					
Kapasitas Blade			: 4,432 m ³					
Waktu Kerja			: 7 jam					
Kondisi Alat			: sangat baik					
Jam Kerja			: 08.00 – 17.00					
Sesi	Siklus	Maju (Detik)	Jarak Angkut (m)	Kecepatan Maju (m/detik)	Jarak Mundur (detik)	Waktu mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persnelling (detik)
Pagi	Ke – 1	36,22	23	0,635	22	28,45	0,773	0,4
	Ke – 2	36,17	23	0,636	22	29,34	0,750	0,4
	Ke – 3	37,22	23	0,618	22	30,45	0,722	0,5
Siang	Ke – 1	39,32	26	0,661	26	34,45	0,755	0,3
	Ke – 2	39,02	26	0,666	25	35,33	0,708	0,3
	Ke – 3	41,29	26	0,630	25	36,32	0,688	0,2
Sore	Ke – 1	30,76	20	0,650	20	26,43	0,757	0,2
	Ke – 2	31,98	20	0,625	20	26,65	0,750	0,2
	Ke – 3	30,67	20	0,652	20	27,43	0,729	0,2
Rata - rata		35,850	23,000	0,642	22,444	30,539	0,737	0,300
Waktu siklus (ctm) (deik0)		66,607						
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Pengawas lapangan								
<div> (Dhifa)</div>								

Lampiran 34 Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu DZ 602 Hari Sabtu

Data Pengamatan Waktu Siklus *Bulldozer* Komatsu DZ 602 Hari Sabtu

Nama Alat			: <i>Bulldozer</i>					
Merk Alat			: Komatsu DZ 602					
Kapasitas <i>Blade</i>			: 4,432 m ³					
Waktu Kerja			: 7 jam					
Kondisi Alat			: sangat baik					
Jam Kerja			: 08.00 – 17.00					
Sesi	Siklus	Maju (Detik)	Jarak Angkut (m)	Kecepatan Maju (m/detik)	Jarak Mundur (detik)	Waktu mundur (detik)	Kecepatan Mundur (m/detik)	Ganti Persnelling (detik)
Pagi	Ke – 1	34,56	24	0,694	23	29,32	0,784	0,4
	Ke – 2	33,23	24	0,722	23	31,22	0,737	0,4
	Ke – 3	33,22	24	0,722	23	31,03	0,741	0,5
Siang	Ke – 1	39,32	25	0,636	24	32,33	0,742	0,3
	Ke – 2	39,43	25	0,634	24	32,87	0,730	0,3
	Ke – 3	39,89	25	0,627	24	32,34	0,742	0,2
Sore	Ke – 1	33,32	23	0,690	22	30,23	0,728	0,2
	Ke – 2	32,34	23	0,711	22	29,98	0,734	0,2
	Ke – 3	32,45	23	0,709	22	30,65	0,718	0,2
Rata - rata		35,307	24,000	0,683	23,000	31,108	0,740	0,300
Waktu siklus (ctm) (deik0)		66,543						
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK Pengawas lapangan								
<div> (Dhifa)</div>								

Lampiran 41 Vibrator Roller HAMM 311D Hari Rabu sampai Minggu

Data Pengamatan *Vibrator Roller* HAMM 311D Hari Rabu sampai Minggu

Nama alat	: <i>Vibrator Roller</i>
Merk alat	: HAMM 311D
Lebar roller	: 2,14 m
Lebar overlapping (bo)	: 0,3 m
Diameter drum penggilas (B)	: 1,41 m
Waktu kerja	: 7 jam
Berat drum penggilas	: 11,22 ton
Kecepatan operasional alat (Rabu)	: 1,917 km/jam
Kecepatan operasional alat (Kamis)	: 2,05 km/jam
Kecepatan operasional alat (Jumat)	: 1,704 km/jam
Kecepatan operasional alat (Sabtu)	: 1,714 km/jam
Kecepatan operasional alat (Minggu)	: 1,862 km/jam
Jumlah lintasan (n)	: 5
Jam kerja	: 08.00 – 17.00
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	
Pengawas lapangan	
 (dhifa)	

Lampiran 42 Vibrator Roller HAMM 311D Hari Rabu sampai Minggu

Data Pengamatan *Vibrator Roller* Cat Cs533e Hari Rabu sampai Minggu

Nama alat	: <i>Vibrator Roller</i>
Merk alat	: Cat Cs533e
Lebar roller	: 2,14 m
Lebar overlapping (bo)	: 0,3 m
Diameter drum penggilas (B)	: 1,41 m
Waktu kerja	: 7 jam
Berat drum penggilas	: 11,22 ton
Kecepatan operasional alat (Rabu)	: 2,093 km/jam
Kecepatan operasional alat (Kamis)	: 2,074 km/jam
Kecepatan operasional alat (Jumat)	: 1,864 km/jam
Kecepatan operasional alat (Sabtu)	: 2,109 km/jam
Kecepatan operasional alat (Minggu)	: 2,127 km/jam
Jumlah lintasan (n)	: 5
Jam kerja	: 08.00 – 17.00
MENGETAHUI STAFF LAPANGAN/PROYEK	
Pengawas lapangan	
 (dhifa)	

Lampiran 43 Data Volume Tanah Padat

			
REKAPITULASI DATA QUANTITY			
MC - 10			
Proyek	:	PEMBANGUNAN JALAN TOL SOLO-YOGYAKARTA-NYIA KULONPROGO	
	:	SEKSI I PAKET 1.2 SOLO-KLATEN	
Lokasi	:	STA 22+300 - STA 22+600, STA 36+650 - STA 37+600	
MC	:	10	
BULAN	:	5-May-2024	
ITEM PEMBAYARAN	:	Common Borrow Material	
JUMLAH VOLUME BULAN INI		:	11,829.08 m3
JUMLAH VOLUME BULAN LALU		:	130,595.08 m3
TOTAL VOLUME S/D BULAN INI		:	142,424.16 m3

Lampiran 44 *Bulldozer* Dan Vibrator Bekerja Bersama – Sama



Lampiran 45 *Bulldozer* Meratakan Tanah Hasil Bongkaran *Dump Truck*



Lampiran 46 Gali Muat Angkut Oleh *Excavator* dan *Dump Truck*



Lampiran 47 Hasil Pemdatan Sta 37**Lampiran 48 Pengukuran Lebar Drum Prnggilas *Vibrator Roller***

Lampiran 49 Data Teknis Proyek

DATA TEKNIS JALAN TOL SOLO - YOGYAKARTA - NYIA KULON PROGO

Marga Makmur

DATA TEKNIS

<u>Kecepatan Rencana</u>	: Seksi 1 & 3 100 km / jam, : Seksi 2 80 Km/Jam
<u>Jumlah Lajur</u>	: Awal 2 x 2, Akhir 2 x 3
<u>Arah Pelebaran</u>	: Pelebaran ke luar
<u>Lebar Lajur</u>	: Seksi 1 & 3 3.6 m, Seksi 2 3.5 m
<u>Lebar Bahu</u>	: Bahu luar 3 m, bahu dalam 1.5 m
<u>Lebar Median</u>	: Seksi 1 & 3 5.5 m, Seksi 2 3.8 m
<u>Tipe Perkerasan</u>	: Rigid Pavement
<u>Guardrail</u>	: Sepanjang jalan tol at grade, ramp, akses SS
<u>Lampu PJU</u>	: Sepanjang Seksi 2, ramp, akses SS
<u>Gardu</u>	: 82 unit
<u>Rest Area</u>	: 1 pasang tipe A, 1 pasang tipe B



Lampiran 50 Lokasi timbunn Sta 37+00 – Sta 37+600

