

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PEMILIHAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN DAN
TIMBUNAN PROYEK PEMBANGUNAN FAKULTAS HUKUM UII
(HEAVY EQUIPMENT CHOICE ANALYSIS ON CUT AND FILL WORK OF UII LAW
CONSTRUCTION)**

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



**M.Irfan Hari Putra
11511259**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2018**

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PEMILIHAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN GALIAN DAN TIMBUNAN
PROYEK PEMBANGUNAN FAKULTAS HUKUM UII
(HEAVY EQUIPMENT CHOICE ANALYSIS ON CUT AND FILL WORK OF UII LAW
CONSTRUCTION)**

Disusun oleh

M.Irfan Hari Putra

11511259

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



Di uji pada tanggal 3 Oktober 2018

oleh Dewan Penguji

Pembimbing

Penguji I

Penguji II

Fitri Nugraheni, S.T., M.T., Ph.d. Tuti Sumarningsih, Dr., Ir., M.T. Albani Musyafa, S.T., M.T., Ph.d

NIK: 005110101

NIK: 875110101

NIK: 955110102

Mengesahkan,



Ketua Program Studi Teknik Sipil

Sri Amini Yuni Astuti, Dr., Ir., M.T

NIK: 885110101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

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

Yogyakarta, 10 Oktober 2018

Yang membuat pernyataan



M.Irfan Hari Putra

11511259

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, taufik serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sesuai dengan apa yang diharapkan. Solawat beriring salam tetap tcurahkan kepada junjungan Rasulullah Muhammad SAW, keluarga, sahabat, serta pengikutnya hingga akhir zaman.

Sesuai dengan kurikulum dan persyaratan akademis, untuk menempuh derajat Sarjana Teknik Sipil program Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta, setiap mahasiswa diwajibkan untuk melaksanakan Tugas Akhir. Oleh karena itu, Tugas Akhir ini disusun sebagai syarat memperoleh derajat Sarjana Strata Satu (S1) Teknik Sipil. Atas kelancaran dalam penyusunan hingga sampai pada penyelesaian Tugas Akhir, penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Sri Amini Yuni Astuti, ST.,M.T.,Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. Ibu Fitri Nugraheni, ST.,M.T.,Ph.D., selaku dosen pembimbing yang telah sabar membimbing saya sehingga saya bisa menyelesaikan tugas akhir saya.
3. Bapak Albani Musyafa S.T.,M.T.,Ph.D. selaku dosen penguji 1
4. Ibu Dr Tuti Sumarningsih Ir.,M.T selaku dosen penguji 2
5. Pihak Proyek Pembangunan Fakultas Hukum UII yang bersedia membantu untuk memberikan data yang dibutuhkan untuk penyusunan Tugas Akhir.

Semoga tugas akhir ini dapat memberikan banyak manfaat baik penulis maupun pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, 26 September 2018

M.Irfan Hari Putra

11511259

DAFTAR ISI

Judul	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 RUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	2
1.4 MANFAAT PENELITIAN	2
1.5 BATASAN PENELITIAN	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 PENELITIAN TERDAHULU	3
2.2 KEASLIAN PENELITIAN YANG DILAKUKAN	5
BAB III LANDASAN TEORI	6
3.1 TINJAUAN UMUM	6
3.2 KETERLAMBATAN PROYEK KONSTRUKSI	6
3.3 SIFAT SIFAT TANAH	6
3.4 PENGERTIAN ALAT BERAT	9
3.5 MANAJEMEN ALAT BERAT	10
3.6 JENIS JENIS ALAT BERAT DAN FUNGSINYA	10
3.6.1 <i>Excavator</i>	10
3.6.2 <i>Dump Truck</i>	11
3.6.3 <i>Wheel Loader</i>	12
3.7 METODE PERHITUNGAN PRODUKSI ALAT BERAT	12

3.7.1	Kapasitas Produksi Alat	12
3.7.2	Efisiensi Kerja	13
3.8	PEMILIHAN PERALATAN PEKERJAAN TANAH	15
3.8.1	<i>Excavator</i>	15
3.8.2	<i>Dump Truck</i>	18
3.8.3	<i>Wheel Loader</i>	21
3.9	KOMPONEN BIAYA ALAT BERAT	24
3.9.1	Biaya Kepemilikan (Owner Ship) atau Biaya Pasti	24
3.9.2	Biaya Penyewaan Alat	24
3.9.3	Jam Operrasi atau Waktu Kerja	24
BAB IV	METODE PENELITIAN	26
4.1	TINJAUAN UMUM	26
4.2	METODE PENELITIAN	26
4.2.1	Data Penelitian	26
4.2.2	Pengolahan Data	27
4.2.3	Rencana Penelitian	27
4.3	FLOW CHART PENELITIAN	28
BAB V	ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN	30
5.1	TINJAUAN UMUM	30
5.2	ANALISIS DATA	31
5.2.1	Perhitungan Produktivitas Alat	31
5.2.2	Perhitungan Biaya Sewa Alat	36
5.2.3	Perhitungan Analisis Alternatif	37
5.3	PEMBAHASAN	47
5.3.1	Jumlah Alat, Waktu dan Biaya Sewa Alat Berat	47
5.3.2	Hasil Rekapitulasi Perbandingan Alternatif Alat Berat	50
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	51
6.1	KESIMPULAN	51
6.2	SARAN	51

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu	5
Tabel 3.1 Sifat-sifat Beberapa Macam Tanah	7
Tabel 3.2 Konversi Tanah	8
Tabel 3.3 Spesifikasi Excavator Komatsu PC200-8	13
Tabel 3.4 Spesifikasi Excavator Komatsu PC210-LC10	15
Tabel 3.5 Spesifikasi Excavator Komatsu PC300-LC8	17
Tabel 3.6 Spesifikasi <i>Excavator</i> Komatsu PC400-LC8	17
Tabel 3.7 Spesifikasi Excavator Komatsu PC800LC10	19
Tabel 3.8 Spesifikasi Dump Truck Hino Dutro130 HD 5 m3	19
Tabel 3.9 Spesifikasi Dump Truck Hino Dutro 130 HD 7 M3	21
Tabel 3.10 Spesifikasi Dump Truck Hino Dutro 260 jd 20 M3	23
Tabel 3.11 Spesifikasi Wheel Loader Komatsu WA200PT-5	24
Tabel 3.12 Spesifikasi Wheel Loader Komatsu WA320PT-5	25
Tabel 3.13 Spesifikasi Wheel Loader Komatsu WA380-3	26
Tabel 3.14 Efisiensi Kerja	26
Tabel 3.15 Faktor Bucket Excavator	26
Tabel 3.16 Waktu Gali Excavator	26
Tabel 3.17 Waktu Putar Excavator	27
Tabel 3.18 Waktu Bongkar Muat t1	28
Tabel 3.19 Waktu Tunggu Dan Tunda t2	29
Tabel 3.20 Faktor Bucket Wheel Loader	30
Tabel 3.21 Waktu Tetap Wheel Loader	30

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 <i>Excavator</i> Komatsu tipe PC200-8	10
Gambar 3.2 <i>Excavator</i> Komatsu tipe PC210LC10	12
Gambar 3.3 <i>Excavator</i> Komatsu PC 300LC-8	13
Gambar 3.4 Excavator Komatsu PC400LC-8	15
Gambar 3.5 Excavator Komatsu PC800LC10	16
Gambar 3.6 Dump Truck Hino Dutro 130HD 5 m2	18

Gambar 3.7	Dump Truck Hino Dutro 130HD 7 m ²	19
Gambar 3.8	Dump Truck Hino Dutro JD260 20 m ²	20
Gambar 3.9	Wheel Loader Komatsu Wa200PT-5	21
Gambar 3.10	Wheel Loader Komatsu WA320-5	21
Gambar 3.11	Wheel Loader Komatsu WA380-3	21
Gambar 4.1	Bagan Alir Penelitian	29

DAFTAR NOTASI

Q	: Produksi per jam (m ³ /jam)
q	: Produksi per siklus (m ³)
N	: Jumlah siklus per jam, $N = 60/C_m$
E	: Efisiensi kerja
C _m	: Waktu siklus dalam menit
q'	: Kapasitas munjung (penuh) yang tercantum dalam spesifikasi alat
K	: Faktor <i>bucket</i> yang besarnya tergantung tipe dan keadaan tanah
C	: Kapasitas rata-rata <i>dump truck</i> (m ³)
n	: jumlah siklus yang dibutuhkan pemuat untuk memuat truck
C _{ms}	: waktu siklus pemuat (<i>loader/excavator</i> , menit)
D	: jarak angkat <i>dump truck</i> (m)
V ₁	: kecepatan rata-rata <i>dump truck</i> bermuatan (m/menit)
V ₂	: kecepatan rata-rata <i>dump truck</i> kosong (m/menit)
t ₁	: waktu buang, standby sampai pembuangan mulai (menit)
t ₂	: waktu untuk posisi pengisian dan pemuatan mulai mengisi (menit)
D	: Jarak angkut (m)
F	: Kecepatan maju (m/menit)
R	: Kecepatan mundur (m/menit)
Z	: Waktu tetap (menit)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pekerjaan proyek konstruksi yang cukup besar, kadang-kadang dituntut untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut dengan waktu yang terbatas. Hal ini tidak dapat dihindari lagi setelah pemanfaatan tenaga manusia dengan alat konvensional sudah tidak efisien. Penggunaan alat berat merupakan solusi yang tepat untuk menyelesaikan pekerjaan pada proyek yang sedang berlangsung. Sehingga Alat berat merupakan alat bantu bagi manusia untuk menyelesaikan suatu proyek pembangunan seperti gedung, jembatan, bendungan, jalan dan lain-lain.

Pekerjaan galian dan timbunan merupakan kegiatan yang harus dilaksanakan pada setiap proyek konstruksi. Proyek pembangunan Fakultas Hukum Universitas Islam Indonesia (FH UII) akan melaksanakan pekerjaan galian dan timbunan dengan volume yang cukup besar, sehingga sangat mustahil dilakukan secara manual. Sehingga pembangunan Fakultas Hukum UII ini sudah seharusnya menggunakan bantuan alat berat untuk pekerjaan galian dan timbunan. Alat berat yang akan dipakai pada pekerjaan galian dan timbunan yaitu *excavator*, *crawler tractor* dan *dump truck*. Alat-alat berat tersebut dipilih karena bisa menyelesaikan pekerjaan galian dan timbunan dengan mengkombinasi alat-alat tersebut, sehingga pekerjaan galian dan timbunan akan selesai sesuai waktu dan biaya yang optimal.

Kombinasi alat berat merupakan salah satu cara untuk menentukan alat berat yang akan dipakai, jumlah alat berat yang akan dipakai dan menghitung waktu dan biaya yang dibutuhkan oleh setiap kombinasi alat berat yang akan dipakai. Pekerjaan galian dan timbunan pada proyek pembangunan Fakultas Hukum UII membutuhkan beberapa kombinasi alat berat untuk menyelesaikannya. Maka dari itu dibutuhkan beberapa kombinasi alat berat untuk mengetahui produktivitas alat-alat tersebut, sehingga dapat menentukan alat mana saja yang memiliki produktivitas yang optimum dari segi waktu dan biaya. Sehingga kerugian dan keterlambatan pengerjaan proyek dapat diminimalisir atau bahkan dihindari.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah yang diuraikan, pokok permasalahan yang akan dibahas adalah : Bagaimana mendapatkan kombinasi alat berat yang optimum dari segi biaya dan waktu pada pekerjaan tanah pada proyek pembangunan Fakultas Hukum UII.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada berbagai masalah yang dihadapi, penulis melakukan penelitian ini dengan tujuan: Untuk mendapatkan kombinasi alat berat yang optimum dari segi biaya dan waktu pada pekerjaan tanah pada proyek pembangunan Fakultas Hukum UII.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menambah pengetahuan bagi peneliti mengenai kombinasi alat berat yang digunakan untuk pekerjaan galian dan timbunan serta optimalisasi pengelolaan dan pemanfaatannya.
2. Memberikan berbagai opsi kepada para kontraktor dalam pemilihan kombinasi alat berat sesuai dengan medan.
3. Menambah wawasan bagi pembaca tentang kombinasi alat berat yang digunakan pada pekerjaan teknik sipil khususnya galian dan timbunan serta pengelolaan dan pemanfaatannya.

1.5 Batasan Masalah

Peneliti mempunyai pembatasan masalah agar tidak menjadi luas yaitu :

1. Penelitian dilakukan pada proyek pembangunan Fakultas Hukum UII.
2. Penelitian pada pekerjaan galian dan timbunan.
3. Alat berat yang digunakan dalam kombinasi ialah *excavator, wheel loader & dump truck*.
4. Hasil galian diasumsikan dipindahkan ke *quary* yang jaraknya dua kilometer dari lokasi proyek.
5. Data yang digunakan berupa jenis alat berat yang digunakan, jam kerja alat dan biaya peminjaman alat.
6. Jam kerja alat berat yang ditinjau adalah jam kerja normal dengan waktu 7 jam/hari.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan pustaka adalah salah satu dari kerangka teoritis yang memuat penelitian terkait yang digunakan untuk menyusun konsep dan langkah-langkah dalam penelitian. Tinjauan pustaka dalam penelitian ini menggunakan pustaka dari referensi dan penelitian-penelitian sebelumnya dengan topik yang sesuai.

2.1 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian ini juga menggunakan pustaka penelitian-penelitian yang pernah dilaksanakan sebelumnya antara lain:

1. Analisis Manajemen Alat Berat Pada Pekerjaan Persiapan Proyek Stadion Sleman

Berdasarkan hasil penelitian yang dilaksanakan oleh Indratman dan Prasetyo (2005) tentang Analisis Manajemen Alat Berat Pada Pekerjaan Persiapan Proyek Stadion Sleman memiliki tujuan yaitu menentukan dan menyusun komposisi alat berat yang akan digunakan agar seluruh alat berat dapat bekerja secara optimal. Studi kasus dari penelitian ini di Stadion Sleman Yogyakarta. Penelitian ini membicarakan hubungan antara waktu pengerjaan jenis alat berat dan biaya. Optimasi alat berat pada suatu pekerjaan dapat menentukan jenis alat berat yang akan digunakan dalam pekerjaan tersebut. Sehingga didapat suatu kelompok alat berat yang dapat bekerja dengan optimum. Metoda yang digunakan untuk menentukan jumlah alat berat adalah dengan cara coba-coba.

Kesimpulan yang diperoleh setelah penelitian ini adalah dalam menentukan jumlah alat berat, waktu dan biaya untuk dapat menyelesaikan pekerjaan perlu diadakan analisis alat berat terlebih dahulu. Dari analisis alternatif alat yang digunakan didapat alternatif menguntungkan yaitu alternatif alat yang menggunakan 1 unit *excavator* Pc 200-6, 3 unit *wheel loader* Lx 100, 4 unit *dump truck* 5 m³. Waktu yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan adalah 2,5 bulan (410 jam), dengan biaya Rp. 205.670.846,00

2. Analisis Manajemen Alat Berat Berdasarkan Nilai Biaya dan Waktu Optimal Produktivitas

Penelitian Bayu (2013) yang mengambil topik tentang manajemen alat ditinjau dari nilai biaya dan waktu optimal produktivitas mempunyai tujuan yaitu menentukan kombinasi alat berat yang akan digunakan dalam proyek agar seluruh alat berat bekerja secara optimum. Studi kasus dari penelitian ini pada Proyek Pembangunan Jembatan KA BH. 1063 antara Larangan – Prupuk, Jawa Tengah. Pada suatu pekerjaan yang membutuhkan alat berat harus mencari kombinasi alat berat yang sesuai dengan pekerjaan, agar tidak terjadinya keterlambatan dan jumlah biaya yang terlalu besar dikeluarkan. Metode yang digunakan adalah dengan cara mencari alternatif kombinasi.

Kesimpulan yang diperoleh setelah penelitian ini adalah dalam menentukan jumlah alat berat yang akan dipakai pada suatu proyek, waktu pekerjaan dan biaya yang akan dikeluarkan perlu diadakan analisis alat berat terlebih dahulu. Dari analisis alternatif alat yang digunakan pada pekerjaan galian timbunan proyek Peningkatan Pembangunan Jembatan KA BH. 1063, antara Larangan – Prupuk, Brebes, Jawa Tengah yaitu terdiri dari 3 unit *excavator* Komatsu PC 200-6, 1 unit bulldozer tipe D7D dan 8 unit *dump truck* dengan kapasitas 5 m³. Pekerjaan ini dapat diselesaikan 100 % dengan waktu 170 jam atau 25 hari kalender, dengan total biaya yang dibutuhkan Rp 84.087.400,00.

3. Analisis Produktivitas Alat-Alat Berat Proyek Studi Kasus Proyek Pengembangan Bandar Udara Hasanudin Makassar

Menurut Rasyid (2008) tugas akhir ini membahas tentang produktivitas alat-alat berat proyek pada Bandar Udara Hasanuddin. Metoda yang digunakan pada penelitian tersebut yaitu pemilihan alat berat sehingga produktivitas mencapai optimal dan menentukan seberapa besar biaya dan waktu pengembangan proyek tersebut. Metode yang digunakan pada penelitian tersebut adalah menentukan produktivitas alat berat dan waktu siklus sesuai dengan keadaan medan atau lokasi sesungguhnya. Hasil yang didapat adalah untuk pekerjaan galian dan timbunan tanah dipilih kombinasi alat berat dengan memanfaatkan waktu lembur.

Hasil dari penelitian tersebut adalah mendapatkan tiga alternatif kombinasi alat yang dapat digunakan dengan volume pekerjaan galian tanah sebesar 616.803,81 m³, volume pekerjaan timbunan tanah sebesar 437.278,73 m³ dan volume pembuangan tanah sebesar 179.525,08 m³. Dari analisis alternatif yang digunakan pada pekerjaan galian dan timbunan Proyek Pengembangan Bandar Udara Hasanuddin Makassar yaitu 4 unit *excavator* PC 200, 5 unit *wheel loader* 926 E dan 11 unit *dump truck* kapasitas 10 m³.

Pekerjaan ini dapat diselesaikan 100 % dengan waktu 2.324 jam atau 12,1 bulan dengan total biaya Rp. 3.676.757.800,00.

2.2 KEASLIAN PENELITIAN YANG DILAKUKAN

Permasalahan pada penelitian yang dilakukan sebelumnya dapat diambil beberapa kategori yang dapat membedakan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu yaitu kombinasi alternatif alat yang digunakan akan lebih banyak yaitu agar dapat menyempurnakan penelitian yang sebelumnya.

Perbandingan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut ini.

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Sekarang dengan Penelitian Terdahulu

Peneliti	Indriatman dan Prasetyo	Bayu	Rasyid
Tahun	2005	2013	2008
Alat Berat	<i>Excavator, Wheel loader dan Dump truck</i>	<i>Excavator, Bulldozer dan Dump truck</i>	<i>Excavator, Wheel loader dan Dump truck</i>
Lokasi Penelitian	Stadion Sleman	Jembatan KA BH 1063 Brebes	Bandar Udara Hasanuddin, Makassar

BAB III LANDASAN TEORI

3.1 Tinjauan Umum

Pekerjaan suatu proyek biasanya terjadi beberapa kendala, baik kendala yang sudah diperhitungkan maupun kendala yang diluar dari perhitungan perencanaan. Kendala tersebut dapat menjadi penyebab keterlambatan pelaksanaan pekerjaan proyek, sehingga proyek tersebut tidak berlangsung sesuai perencanaan. Perencanaan proyek yang menggunakan alat berat mempunyai hal yang harus diperhatikan adalah cara menghitung kapasitas produksi suatu alat, oleh karena itu perlu diketahui perhitungan alat secara teoritis serta efisiensi kerja sesuai dengan job site yang bersangkutan, sehingga dapat diperkirakan dengan tepat waktu penyelesaian volume pekerjaan.

3.2 Keterlambatan Proyek Konstruksi

Menurut Kusjadmikahadi (1999), keterlambatan proyek konstruksi berarti bertambahnya waktu pelaksanaan penyelesaian proyek yang telah direncanakan dan tercantum dalam dokumen kontrak. Penyelesaian pekerjaan tidak tepat waktu merupakan kekurangan dari tingkat produktivitas dan sudah barang tentu kesemuanya ini akan mengakibatkan pemborosan dalam pembiayaan, baik berupa pembiayaan langsung yang dibelanjakan untuk proyek-proyek pemerintah, Maupin berwujud pembekalan investasi dan kerugian-kerugian pada proyek swasta.

3.3 Sifat-Sifat Tanah

Sebelum pekerjaan tanah dilaksanakan, terlebih dahulu harus diketahui sifat dari tanah tersebut. Sifat-sifat tanah sehubungan dengan pekerjaan pemindahan, penggusuran dan pemampatan perlu diketahui, karena tanah yang sudah dikerjakan akan mengalami perubahan volume antara lain :

1. Keadaan asli (*insitu*), yaitu keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan teknologi (dilintasi peralatan, digali, dipindahkan, diangkut dan dipadatkan
2. Keadaan gembur (*loose*), yaitu material tanah yang telah digali dari tempat asalnya (kondisi asli). Tanah akan mengalami perubahan volume yaitu mengembang dikarenakan adanya penambahan rongga udara di antara butiran-butiran material

Keadaan padat (*compact*), keadaan ini akan dialami oleh material yang mengalami proses pemadatan (pemampatan), dimana volume akan menyusut. Perubahan volume terjadi dikarenakan adanya pemadatan rongga udara diantara butiran-butiran material tersebut

Tabel 3.1 Sifat-Sifat Beberapa Macam Tanah

No	Jenis Tanah	<i>Swell (%)</i>	<i>Load Faktor</i>
1	Lempung alami	38	0,72
2	Lempung berkerikil kering	36	0,73
3	Lempung berkerikil basah	33	0,73
4	Tanah biasa baik kering	24	0,81
5	Tanah biasa baik basah	26	0,79
6	Kerikil	14	0,88
7	Pasir kering	11	0,90
8	Pasir basah	12	0,89
9	Batu	62	0,61

Sumber: Suryadharna dan Wigroho (1998)

Sifat-sifat tanah yang disebutkan di atas dipengaruhi oleh keadaan tanah asli tersebut, karena apabila tanah dipindahkan dari tempat aslinya selalu akan menjadi perubahan isi dan kepadatannya dari keadaan tanah asli. Oleh sebab itu dari data-data tanah di atas dikonversikan sebagai berikut :

Tabel 3.2 Konversi Tanah

Jenis Tanah	Kondisi Tanah Semula	Kondisi Tanah yang Akan Dikerjakan		
		Asli	Lepas	Padat
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	0,72
	(C)	1,11	1,39	1,00
Tanah liat	(A)	1,00	1,25	0,90
	(B)	0,70	1,00	0,63
	(C)	1,11	1,59	1,00
Tanah campur kerikil	(A)	1,00	1,18	1,08
	(B)	0,85	1,00	0,91
	(C)	0,93	1,09	1,00
Kerikil	(A)	1,00	1,13	1,03
	(B)	0,88	1,00	0,91
	(C)	0,97	1,10	1,00
Kerikil kasar	(A)	1,00	1,42	1,29
	(B)	0,70	1,00	0,91
	(C)	0,77	1,10	1,00
Pecahan cadas/ Batuan keras	(A)	1,00	1,65	1,22
	(B)	0,61	1,00	0,74
	(C)	0,82	1,10	1,00
Pecahan granit	(A)	1,00	1,70	1,31
	(B)	0,59	1,00	0,77
	(C)	0,76	1,30	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: Rochmanhadi (1986)

Keterangan:

- (A) Tanah asli
- (B) Tanah lepas
- (C) Tanah padat

3.4 Pengertian Alat Berat

Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan, dan pertambangan. Keberadaan alat berat dalam setiap proyek sangatlah penting guna menunjang pembangunan infrastruktur maupun dalam mengeksplorasi hasil tambang. Banyak keuntungan yang didapat dalam menggunakan alat berat yaitu waktu yang sangat cepat, tenaga yang besar, nilai-nilai ekonomis dan lainnya.

Alat berat dalam ilmu teknik sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu infrastruktur di bidang konstruksi. Menurut Rostiyanti (2002) Alat berat merupakan faktor penting dalam pelaksanaan proyek terutama proyek besar yang tujuannya untuk memudahkan manusia dalam menyelesaikan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relative lebih singkat dan diharapkan hasilnya lebih baik.

Menurut Wilopo (2009) keuntungan-keuntungan yang diperoleh dalam menggunakan alat berat antara lain:

1. Waktu pekerjaan lebih cepat, mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikejar target penyelesaiannya.
2. Tenaga besar, melaksanakan pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh manusia.
3. Ekonomis, karena efisien, keterbatasan tenaga kerja, keamanan dan faktor-faktor ekonomis lainnya.
4. Mutu hasil kerja yang lebih baik, dengan memakai peralatan berat.

3.5 Manajemen Alat Berat

Manajemen pemilihan dan pengendalian alat berat adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan alat berat untuk mencapai tujuan pekerjaan yang telah ditentukan. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat, sehingga kesalahan dalam pemilihan alat berat dapat dihindari, antara lain adalah sebagai berikut ini.

1. Fungsi yang harus dilaksanakan. Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti menggali, mengangkut, meratakan permukaan
2. Kapasitas peralatan. Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus diangkut atau dikerjakan. Kapasitas alat yang dipilih harus sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan
3. Cara operasi. Alat berat yang dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan
4. Pembatasan dari metode yang dipakai. Pembatasan 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 biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting dalam pemilihan alat berat
6. Jenis proyek. Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat yaitu proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, pembukaan hutan dan dam
7. Lokasi proyek. Lokasi proyek merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek berada di dataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah
8. Jenis dan daya dukung tanah. Jenis tanah di lokasi proyek merupakan hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat yang akan dipakai. Tanah terbagi dalam kondisi padat, lepas, atau lembek
9. Kondisi lapangan. Kondisi dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat.

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

1. Volume pekerjaan yang harus diselesaikan dalam batas waktu tertentu.
2. Dengan volume pekerjaan yang ada tersebut dan waktu yang telah ditentukan harus ditetapkan jenis dan jumlah alat berat yang diperlukan untuk menyelesaikan pekerjaan tersebut.
3. Dengan jenis dan jumlah alat berat yang tersedia, dapat ditentukan berapa volume yang dapat diselesaikan, serta waktu yang diperlukan.

3.5 Jenis-Jenis Alat Berat,Fungsi dan Cara Kerjanya

3.5.1 Excavator

Excavator (ekskavator) adalah alat berat yang terdiri dari lengan (arm), boom (bahu) serta bucket (alat keruk) dan digerakkan oleh tenaga hidrolis yang dimotori dengan mesin diesel dan berada di atas roda rantai (trackshoe)

Backhoe atau Pull Shovel menggunakan prime mover excavator, Bagian Bagian Utama dari Excavator:

1. Bagian atas, revolving unit (bisa berputar)
2. Bagian bawah, travel unit (untuk berjalan)
3. Bagian attachment yang dapat diganti.

Backhoe dikhususkan untuk penggalian yang letaknya dibawah kedudukan backhoe itu sendiri. Keuntungan backhoe jika dibandingkan terhadap dragline dan clamshell yang fungsinya hampir sama adalah dapat menggali dengan kedalaman yang jauh lebih teliti, juga backhoe bisa digunakan sebagai alat pemuat bagi truck truck.

Gerakan-Gerakan Backhoe dalam beroperasi terdiri dari :

1. Mengisi Bucket (land bucket)
2. Mengayun (Swing loaded)
3. Membongkar beban (dump loaded)
4. Mengayun balik (Swing Empty)

Empat gerakan dasar tadi akan menentukan lama waktu siklus, tetapi waktu siklus ini juga dipengaruhi oleh ukuran backhoe, backhoe yang berukuran kecil waktu siklus nya akan cepat daripada backhoe yang berukuran besar.

Dalam perhitungan cut-fill sebagai engineer kita harus mampu menentukan spesifikasi alat berat yang digunakan, dalam konteks ini adalah spesifikasi excavator. agar excavator yang kita pilih pada pekerjaan nanti mampu menyelesaikan pekerjaan secara optimum, baik dari segi biaya dan waktu. Berikut Jenis Excavator dan spesifikasinya :

1. Pc200-8 dan spesifikasinya

Boom size (m) & type	5700 Heavy Duty
Arm size (m) & type	2900 Heavy Duty
Bucket size – KGA standard GP (m3)	0.97
Arm crowd force – ISO (kgf)	11,000
Bucket crowd force – ISO (kgf)	15,200
Digging depth – maximum (mm)	6,620
Digging reach – maximum (mm)	9,875
Maximum reach @ ground level (mm)	9,700
Swing radius (mm)	2,750
Related information	Komatsu Genuine Attachments available include a dynamic cast quick hitch and selection of bucket solutions.

Tabel 3.3 Spesifikasi Excavator Komatsu Pc200-8



Gambar 3.1 Excavator Komatsu PC200-8

2.Pc210LC-10

Model		Komatsu SAA6D107E-2*
Type		Water-cooled, 4-cycle, direct injection
Aspiration		Turbocharged, aftercooled, cooled EGR
Number of cylinders		6
Bore	4.21"	107 mm
Stroke	4.88"	124 mm
Piston displacement	408 in ³	6.69 ltr
Horsepower		
SAE J1995 – Gross	165 HP	123 Kw
ISO 9249 / SAE J1349 – Net	158 HP	118 Kw
Rated rpm		2000 rpm
Fan drive method for radiator cooling		Mechanical
Governor		All-speed control, electronic
*EPA Tier 4 Interim and EU stage 3B emissions certified		

Tabel 3.4 Spesifikasi Excavator Komatsu PC210LC



Gambar 3.2 Excavator Komatsu PC210LC

3. Excavator PC300LC-8

Boom size (m) & type	6500
Arm size (m) & type	3200
Bucket size – KGA standard GP (m ³)	1.61
Arm crowd force – ISO (kgf)	17400
Bucket crowd force – ISO (kgf)	23100
Digging depth – maximum (mm)	7380
Digging reach – maximum (mm)	11100
Maximum reach @ ground level (mm)	10920
Swing radius (mm)	3450
Related information	Komatsu Genuine Attachments available include a dynamic cast quick hitch and selection of bucket solutions.

Tabel 3.5 Spesifikasi Excavator Komatsu PC300LC-8



Gambar 3.3 Excavator PC300LC-8

4. Excavator Komatsu PC400LC-8

Make	2238	
Model	SAA6D125E-5	
Gross Power	362.1 hp	270 kw
Net Power	344.6 hp	257 kw
Power Measured @	1900 rpm	
Displacement	673.7 cu in	11 L
Aspiration	Turbocharged, aftercooled	
Operational		
Operating Weight	100636.6 lb	45648 kg
Fuel Capacity	171.7 gal	650 L
Cooling System Fluid Capacity	9.7 gal	36.8 L
Hydraulic System Fluid Capacity	65.5 gal	248 L
Engine Oil Capacity	10 gal	38 L
Swing Drive Fluid Capacity	4.3 gal	16.2 L
Operating Voltage	24 V	
Alternator Supplied Amperage	50 amps	
Hydraulic System Relief Valve Pressure	5400 psi	37231.7 kPa
Hydraulic Pump Flow Capacity	182.3 gal/min	690 L/min
Swing Mechanism		
Swing Speed	9 rpm	
Swing Torque	111059 lb ft	150575.8 Nm
Undercarriage		
Number of Shoes per Side	49	
Shoe Size	35.4 in	900 mm
Number of Carrier Rollers per Side	2	
Number of Track Rollers per Side	8	
Ground Pressure	9.7 psi	67 kPa
Max Travel Speed	3.4 mph	5.5 km/h
Drawbar Pull	73962.1 lb	329 kN
Track Gauge	9 ft in	2740 mm
Buckets		
Reference Bucket Capacity	2.5 yd ³	1.9 m ³
Minimum Bucket Capacity	1.5 yd ³	1.1 m ³
Maximum Bucket Capacity	3.8 yd ³	2.9 m ³

Tabel 3.6 Spesifikasi Excavator PC400LC-8



Gambar 3.4 Excavator Komatsu PC400LC-8

5. Excavator PC800LC-10

Engine		
NUMBER OF CYLINDERS	6	
MAKE	2238	
MODEL	SAA6D140E	
GROSS POWER	443.9 hp	331 kw
POWER MEASURED @	1800 rpm	
DISPLACEMENT	930 cu in	15.2 L
Operational		
OPERATING WEIGHT	166184.5 lb	75380 kg
FUEL CAPACITY	232.5 gal	880 L
HYDRAULIC SYSTEM FLUID CAPACITY	116.2 gal	440 L
HYDRAULIC SYSTEM RELIEF VALVE PRESSURE	4550 psi	31371.1 kPa
HYDRAULIC PUMP FLOW CAPACITY	261 gal/min	988 L/min
Swing Mechanism		
SWING SPEED	5.7 rpm	
Undercarriage		
SHOE SIZE	24 in	610 mm
GROUND PRESSURE	17.6 psi	121.3 kPa
MAX TRAVEL SPEED	2.6 mph	4.2 km/h
TRACK GAUGE	11.5 ft in	3500 mm
Buckets		
REFERENCE BUCKET CAPACITY	4.4 yd ³	3.4 m ³

Tabel 3.7 Spesifikasi Excavator PC800LC-10

3.5.2 *Dump Truck*

Operator atau sopir sangat berperan penting dalam menempatkan *dump truck* pada waktu muat, karena produksi dari organisasi alat angkut dan gali ditentukan pada saat muat ini. Menempatkan *dump truck* dengan cepat pada posisi untuk dimuati agar *swing* dari alat sekecil-kecilnya. Operator alat gali biasanya akan mengatur penempatan *dump truck* yang akan dimuati, khusus untuk *dump truck* yang besar, pembantu sopir sangat diperlukan dalam mengatur penempatan *dump truck* pada posisi muat yang baik. *Dump truck* sebaiknya ditempatkan membelakangi alat gali, atau searah dengan *swing* alat gali agar memudahkan pemuatan. Khusus pada pemuatan batu-batu yang besar dengan menggunakan alat gali yang besar sebaiknya *dump truck* menghadap ke alat gali, agar batu-batu tidak menimpa kabin *dump truck*.

Dump truck adalah alat angkut jarak jauh, sehingga jalan angkut yang dilalui dapat berupa jalan datar, tanjakan dan turunan. Untuk mengendarai *dump truck* pada medan yang berbukit diperlukan keterampilan operator atau sopir. Operator harus segera mengambil tindakan gigi ke gigi rendah apabila mesin mulai tidak mampu bekerja pada gigi yang tinggi. Hal itu perlu dilakukan agar *dump truck* tidak berjalan mundur karena tidak mampu menanjak pada saat terlambat memindah pada gigi yang rendah. Pada jalan yang menurun perlu juga dipertimbangkan menggunakan gigi yang rendah, karena kebiasaan berjalan pada gigi yang tinggi dengan hanya mengandalkan rem (*brakes*) sangat berbahaya dan dapat berakibat kurang baik.

Pada waktu mengangkut ataupun kosong, perlu dihindari selip. Selip adalah keadaan keadaan mendatar ke samping dan kendaraan tidak dapat dikuasai oleh operator. Selip ini biasanya terjadi jika roda berputar lebih cepat dari pada yang diperlukan untuk gerakan kendaraan, atau apabila putaran roda lebih lambat dari pada gerakan kendaraan, misalnya pada saat posisi kendaraan melakukan rem, atau dapat terjadi pada tikungan tajam tetapi posisi kendaraan dalam kecepatan tinggi. Membuang muatan (*dumping*) operator harus hati-hati dan cermat. Operator harus yakin bahwa roda-roda berada di atas permukaan tanah yang cukup kuat dan keras untuk menghindari supaya ban-ban tidak terperosok ke dalam tanah yang kurang baik, misalnya pada permukaan tanah hasil buangan sebelumnya.

Dump Truck adalah kendaraan yang berfungsi membawa material dari atau lokasi, biasanya bekerja dengan alat berat lain sebagai pemuat seperti loader, backhoe dan lain lain. Syarat yang penting agar Dump Truck dapat bekerja secara efektif adalah jalan kerja yang keras dan rata, tetapi ada kalanya dump truck didesain agar mempunyai cross country ability yaitu suatu kemampuan berjalan di luar jalan biasa. kemampuan dump truck di dalam

menerima material juga tergantung besaran kapasitas pengangkut nya.berikut ini adalah contoh spesifikasi dump truck:

1.Hino Dutro 130 HD Dump Truck 5 M Kubik.

Kapasitas	5m ²
Panjang Luar	3,8 m
Lebar Luar	1,95 m
Tinggi Luar	80 cm
Tebal Lantai	4 mm
Tebal Plat Dinding	3 mm
Crossmember	Steel UNP 65 dan 80
Jarak antar member	40 cm
Hydraulic	12 ton

Tabel 3.8 Spesifikasi Dump Truck Hino Dutro 130 HD 5 m kubik



Gambar 3.5 Dump Truck Hino Dutro 130 HD 5 m²

2. Hino Dutro 130 HD Dump Truck 7 M kubik

Kapasitas	7m ²
Panjang Luar	3,8 m
Lebar Luar	2,0 m
Tinggi Luar	1,0 m
Tebal Lantai	5 mm
Tebal Plat Dinding	4 mm
Crossmember	Steel UNP 65 dan 80
Jarak antar member	40 cm
Hydraulic	14 ton

Tabel 3.8 Spesifikasi Dump Truck Hino Dutro 130 HD 7 m² kubik



Gambar 3.6 Hino Dutro 130 Hd Dump Truck kapasitas 7m²

3. Hino Dutro FM 260 JD Dump Truck 20 M kubik

Kapasitas	20m ²
Panjang Luar	6,0 m
Lebar Luar	2,5 m
Tinggi Luar	1,5 m
Tebal Lantai	6 mm
Tebal Plat Dinding	5 mm
Crossmember	Steel UNP 200 dan 120
Jarak antar member	60 cm
Hydraulic	30 ton

Tabel 3.9 Spesifikasi Dump Truck Hino Dutro FM 260 JD 20 M kubik



Gambar 3.8 Dump Truck Hino Dutro FM 260 JD 20 M kubik

3.5.3 Wheel Loader

Wheel loader bekerja dengan gerakan dasar pada *bucket* dan cara membawa muatan untuk dimuatkan ke alat angkut atau alat yang lain. Gerakan *bucket* yang penting ialah menurunkan *bucket* di atas permukaan tanah, mendorong ke depan (memuat/menggusur), mengangkat *bucket*, membawa dan membuang muatan. Apabila material harus dimuatkan ke alat angkut, misalnya *dump truck*, ada beberapa cara pemuatan ialah :

1. *V loading*, ialah cara pemuatan dengan lintasan seperti bentuk huruf V,
2. \perp *loading*, *dump truck* di belakang *loader*, kemudian lintasan seperti membuat garis tegak lurus,
3. *Cross loading*, cara pemuatan *dump truck* juga ikut aktif,
4. *Overhead loading*, dengan *loader* khusus, *bucket* dapat digerakkan melintasi di atas kabin operator.

Pada dasarnya Wheel Loader di dalam pekerjaan konstruksi memiliki fungsi sebagai berikut:

- Pembersihan lapangan atau lokasi pekerjaan (*land clearing*).
- Penggusuran tanah dalam jarak dekat.
- Meratakan timbunan tanah dan mengisi kembali galian-galian tanah.
- Menyiapkan bahan-bahan dari tempat pengambilan material.
- Mengupas tanah bagian yang jelek (*stripping*)
- Meratakan permukaan atau menghaluskan permukaan bidang rata disebut *finishing*.

Berikut ini adalah contoh spesifikasi Wheel Loader :

1. Wheel Loader Komatsu WA200PT-5

Spesifikasi Alat

Number Of Cylinder	6
Net Power	89.5 kw
Gross Power	94.7 kw
Max Speed Forward	38 km/h
Max Speed Reverse	38 km/h
Full Capacity	156 L/min
Bucket Capacity Heaped	1.9 m ³

Tabel 3.9 Spesifikasi Wheel Loader Komatsu WA200PT-5



Gambar 3.10. Wheel Loader Komatsu Wa200PT-5

2. Wheel Loader Komatsu WA320PT-5

Spesifikasi Alat

Number Of Cylinder	6
Net Power	124 kw
Gross Power	130.5 kw
Max Speed Forward	38 km/h
Max Speed Reverse	38 km/h
Full Capacity	228 L
Bucket Capacity Heaped	2.6 m ³

Tabel 3.10 Spesifikasi Wheel Loader Komatsu WA320PT-5



Gambar 3.11 Wheel Loader KomatsuWA320-5

3. Wheel Loader KomatsuWA380-3

Spesifikasi Alat

Number Of Cylinder	6
Net Power	134 kw
Gross Power	140 kw
Max Speed Forward	31.5 km/h
Max Speed Reverse	32.5 km/h
Fuel Capacity	287 L
Bucket Capacity Heaped	3.2 m ³

Tabel 3.10 Spesifikasi Wheel Loader KomatsuWA380-3



Gambar 3.3 *Wheel Loader Komatsu WA380*

3.4 METODE PERHITUNGAN PRODUKSI ALAT BERAT

3.6.1 Kapasitas Produksi Alat

Kapasitas produksi alat berat pada umumnya dinyatakan dalam m³ per jam. Produksi didasarkan pada pelaksanaan volume yang dikerjakan tiap siklus waktu dan jumlah siklus satu jam.

$$Q = q \times N \times E = q \times \frac{60}{Cm} \times E \quad (3.1)$$

Dimana :

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

q = Produksi per siklus (m^3)

N = Jumlah siklus per jam, $N = 60/Cm$

E = Efisiensi kerja

Cm = Waktu siklus dalam menit

3.6.2 Efisiensi Kerja

Produktivitas alat pada kenyataan di lapangan tidak sama jika dibandingkan dengan kondisi ideal alat dikarenakan hal-hal tertentu seperti topografi, keahlian operator, pengoperasian dan pemeliharaan alat. Produktivitas per jam alat harus diperhitungkan dalam perencanaan adalah produktivitas standar alat pada kondisi ideal dikalikan faktor yang disebut efisiensi kerja. Besarnya nilai efisiensi kerja ini sulit ditentukan secara tepat tetapi berdasarkan pengalaman-pengalaman dapat ditentukan efisiensi kerja yang mendekati kenyataan. Sebagai pendekatan dapat dipergunakan tabel sebagai berikut:

Tabel 3.3 Efisiensi Kerja

KONDISI OPERASI ALAT BERAT	PEMELIHARAAN 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	0,71	0,65	0,60
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk Sekali	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

Sumber : Rochmanhadi (1986)

Faktor-faktor yang mempengaruhi hasil produksi peralatan, ditetapkan sebagai berikut:

1. Faktor peralatan
 - a. Untuk peralatan yang masih baru = 1,00
 - b. Untuk peralatan yang baik (lama) = 0,90
 - c. Untuk peralatan yang rusak ringan = 0,80
2. Faktor operator
 - a. Untuk operator kelas I = 1,00
 - b. Untuk operator kelas II = 0,80
 - c. Untuk operator kelas III = 0,70

3. Faktor material
 - a. Faktor kohesif = 0,75 – 1,00
 - b. Faktor non kohesif = 0,60 – 1,00
4. Faktor manajemen dan sifat manusia
 - a. Sempurna = 1,00
 - b. Baik = 0,92
 - c. Sedang = 0,82
 - d. Buruk = 0,75
5. Faktor cuaca
 - a. Baik = 1,00
 - b. Sedang = 0,80
6. Faktor kondisi lapangan
 - a. Berat = 0,70
 - b. Sedang = 0,80
 - c. Ringan = 1,00

3.5 PEMILIHAN PERALATAN PEKERJAAN TANAH

Pemeliharaan alternatif yang baik merupakan faktor yang sangat penting dan sangat mempengaruhi berhasil tidaknya pelaksanaan suatu proyek. Pemeliharaan alat dipengaruhi oleh hal-hal berikut:

1. Kondisi medan dan keadaan tanah
2. Kualitas pekerjaan yang disyaraktkan
3. Volume pekerjaan
4. Prosedur operasi dan pemeliharaan alat
5. Umur alat
6. Undang-undang perburuhan dan keselamatan kerja

3.7.1 *Excavator*

Excavator adalah alat untuk menggali daerah yang letaknya di bawah kedudukan alat, dapat menggali dengan kedalaman yang teliti serta dapat digunakan sebagai alat pemuat bagi *dump truck*. Gerakan *excavator* dalam beroperasi terdiri dari:

1. Mengisi *bucket* (land *bucket*)
2. Mengayun (swing loaded)
3. Membongkar beban (dump *bucket*)
4. Mengayun balik (swing empty)

Produksi *excavator* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini (Rochmanhadi, 1987):

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

Dimana:

- Q = Produksi per jam (m³/jam)
 q = Produksi per siklus (m³)
 E = Efisiensi kerja
 Cm = Waktu siklus dalam menit

Sedangkan kapasitas *bucket excavator* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1987):

Rumus kapasitas *bucket*

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

Dimana:

- q' = Kapasitas munjung (penuh) yang tercantum dalam spesifikasi alat
 K = Faktor *bucket* yang besarnya tergantung tipe dan keadaan tanah

Untuk menentukan faktor *bucket* diperlukan data yang sesuai dengan apa yang dikerjakan *excavator* di lapangan.

Tabel 3.4 Faktor *Bucket Excavator*

KONDISI PEMUATAN		FAKTOR
Ringan	Menggali dan memuat dari <i>stockpile</i> atau material yang dikeruk oleh <i>excavator</i> lain, yang tidak membutuhkan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam <i>bucket</i> . Pasir, tanag berpasir, tanah kolidial dengan kadar air sedang.	1,0 : 0,8

Lanjutan Tabel 3.4 Faktor *Bucket*

KONDISI PEMUATAN		FAKTOR
Sedang	Menggali dan memuat <i>stockpile</i> lepas dari tanah yang lebih sulit untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hampir munjung. Pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran tanah liat, tanah liat, gravel yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat gravel langsung dari bukit gravel asli	0,8 : 0,6
Agak sulit	Menggali dan memuat batu-batu pecah, tanah liat yang keras, pasir campur kerikil, tanah berpasir, tanah koloidal liat, tanah liat dengan kadar air tinggi, yang telah di <i>stockpile</i> oleh <i>excavator</i> lain. Sulit untuk mengisi <i>bucket</i> dengan material tersebut	0,6 : 0,5
Sulit	Bongkahan, batuan besar dengan bentuk tak teratur dengan ruangan di antaranya batuan hasil ledakan, batu bundar, pasir campur batu bundar, tanah berpasir tanah campur tanah liat, tanah liat yang sulit untuk dikeruk <i>bucket</i> .	0,5 : 0,4

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Waktu siklus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1987):

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

Tabel 3.5 Waktu Gali *Excavator*

KEDALAMAN	KONDISI GALIAN			
	Ringan	Rata-rata	Agak sulit	Sulit
0-2 m	6 dtk	9 dtk	15 dtk	26 dtk
2-4 m	7 dtk	11 dtk	17 dtk	28 dtk
4 m	5 dtk	13 dtk	19 dtk	30 dtk

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Waktu putar dipengaruhi sudut dan kecepatan putar, menggunakan tabel dibawah ini:

Tabel 3.6 Waktu Putar *Excavator*

SUDUT PUTAR	WAKTU PUTAR
45° - 90 °	4 – 7 dtk
90° - 180 °	5 – 8 dtk

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Waktu buang tergantung kondisi pembuangan,

- a) Dalam *dump truck* = 5 – 8 detik
- b) Ketempat pembuangan = 3 – 6 detik

3.7.2 *Dump Truck*

Merupakan peralatan/kendaraan yang dibuat khusus untuk alat angkut karena kelebihanannya dalam kecepatan, kapasitas dan fleksibilitasnya. Sebagai alat angkut, *dump truck* luwes dan mudah dikoordinasi dengan alat-alat lain (alat-alat gali dan pemuat).

Pemilihan *dump truck* harus mempertimbangkan kemampuan produksi alat gali maupun pemuatnya agar tidak terdapat alat yang menganggur dan mempertimbangkan kerugiannya.

Dump truck mempunyai 3 fungsi :

1. *Side dump truck* (penumpahan kesamping)
2. *Rear dump truck* (penumpahan kebelakang)
3. *Rear dan side dump truck* (penumpahan kebelakang dan kesamping)

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan *dump truck* :

1. *Dump truck* kecil

Keuntungan :

- a. Lebih lincah dalam beroperasi
- b. Lebih mudah dalam beroperasi
- c. Lebih *flexible* dalam pengangkutan jarak dekat
- d. Pertimbangan terhadap jalan kerja lebih sederhana
- e. Jika salah satu *dump truck* dalam satu unit angkutan tidak dapat bekerja, tidak akan terasa terhadap produksi
- f. Pemeliharaan lebih mudah dilaksanakan

Kerugian :

- a. Waktu hilang lebih banyak, akibat banyaknya *dump truck* beroperasi terutama waktu muat
- b. *Excavator* lebih sukar memuat karena kecil baknya
- c. Lebih banyak supir yang dibutuhkan

- d. Biaya pemeliharaan lebih besar, karena lebih banyak *dump truck* begitu pula tenaga pemeliharaannya.

2. *Dump truck* besar

Keuntungan :

- Untuk kapasitas yang sama dengan *dump truck* kecil, jumlah unit *dump truck* besar lebih sedikit
- Sopir/crew yang digunakan lebih sedikit
- Cocok untuk angkutan jarak jauh

Kerugian :

- Jalan kerja harus diperitungkan, karena berat *dump truck* kerusakan jalan relatif lebih cepat
- Pengoperasian lebih sulit karena ukurannya lebih besar
- Produksi akan sangat berkurang, jika salah satu *dump truck* tidak bekerja
- Pemeliharaan lebih sulit dilaksanakan

Untuk menghitung produksi *dump truck* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1987) :

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{C_m} \quad (3.5)$$

Dimana:

- Q = Produksi per jam (m³/jam)
 C = Kapasitas rata-rata *dump truck* (m³)
 E = Efisiensi kerja
 C_m = Waktu siklus dalam menit

Waktu siklus dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1987) :

$$C_m = n \times C_{ms} + \frac{D}{V} + \frac{D}{V} + t_1 + t_2 \quad (3.6)$$

$$n = \frac{c}{q' \times k} \quad (3.7)$$

Dimana:

- n = jumlah siklus yang dibutuhkan pemuat untuk memuat truck
 c = kapasitas rata-rata *dump truck* (m³)
 q' = kapasitas *bucket* pemuat (loader/*excavator*, menit) (m³)
 k = faktor *bucket* pemuat
 C_{ms} = waktu siklus pemuat (loader/*excavator*, menit)
 D = jarak angkat *dump truck* (m)
 V₁ = kecepatan rata-rata *dump truck* bermuatan (m/menit)
 V₂ = kecepatan rata-rata *dump truck* kosong (m/menit)

- t1 = waktu buang, standby sampai pembuangan mulai (menit)
 t2 = waktu untuk posisi pengisian dan pemuatan mulai mengisi (menit)

Tabel 3.7 Waktu Bongkar Muat t₁

KONDISI OPERASI KERJA	BAIK	SEDANG	KURANG
Waktu buang (menit)	0,5 – 0,7	1,0 – 1,3	1,5 – 2,0

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Tabel 3.8 Waktu Tunggu dan Tunda t₂

KONDISI OPERASI KERJA	BAIK	SEDANG	KURANG
Waktu buang (menit)	0,1 – 0,2	0,25 – 0,35	0,4 – 0,5

Sumber: Rochmanhadi (1986)

Dalam hal ini harus diatur jenis dan jumlah alat yang dipakai sedemikian sehingga diperoleh efisiensi dan efektifitas tinggi. Hal pokok yang harus dipertimbangkan dan diketahui adalah:

1. Kapasitas alat sesuai volume pekerjaan
2. Kapasitas alat sesuai dengan alat lain (karena merupakan tim)
3. Sedapat mungkin dihindari ada satu atau lebih alat yang menganggur karena harus menunggu
4. Jika terpaksa suatu alat harus menganggur, diusahakan alat yang paling murah biayanya atau alat yang multi fungsi sehingga dapat mengerjakan pekerjaan lain
5. Alat yang paling berpengaruh terhadap alat lain dalam tim
6. Produksi/kapasitas tiap jenis alat

Secara umum jumlah alat dapat dihitung dengan formula:

$$\frac{\text{Produksi alat berat yang paling berpengaruh}}{\text{Produksi dicari}} \quad (3.8)$$

3.7.3 Wheel Loader

Wheel loader adalah traktor beroda ban, serba guna dan memiliki kemampuan traksi yang berasal dari *wheel loader* digunakan untuk bermacam-macam pekerjaan tanah seperti menggali, mendorong, mengurug dan mengangkat. Pada kondisi tanah yang sangat lunak (liat berlumpur), jarak pemindahan yang efektif adalah sampai sejauh 100 meter dan tinggi angkat bucket setinggi 2,5 – 5 meter. Pada pekerjaan ini, *wheel loader* bersifat serba guna dapat melakukan tugas-tugas antara lain sebagai berikut :

1. Pembersihan lapangan atau lokasi pekerjaan (land clearing)
2. Penggusuran tanah dalam jarak dekat
3. Meratakan timbunan tanah dan mengisi kembali galian-galian tanah

4. Menyiapkan bahan-bahan dari tempat pengambilan material
5. Mengupas tanah bagian atas yang jelek (stripping)
6. Meratakan permukaan atau menghaluskan permukaan bidang rata disebut finishing.

Produksi *wheel loader* dapat dihitung menggunakan persamaan dibawah ini:

$$Q = q \times \frac{60}{Cm} \times E \quad (3.9)$$

Dimana :

Q = Produksi per jam (m³/jam)

q = Produksi per siklus (m³)

E = Efisiensi kerja

Cm = Waktu siklus dalam menit

Sedangkan kapasitas *bucket wheel loader* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (Rochmanhadi, 1987):

Rumus kapasitas *bucket*

$$q = q' \times K \quad (3.10)$$

Dimana:

q' = Kapasitas munjung (penuh) yang tercantum dalam spesifikasi

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

Tabel 3.9 Faktor *Bucket Wheel Loader*

	Kondisi Pemuatan	Faktor
Pemuatan ringan	Pemuatan material dari <i>stockpile</i> atau material yang telah dikeruk oleh <i>excavator</i> lain dengan tidak memerlukan lagi daya gali dan bahan yang dimuat ke dalam <i>bucket</i> . Contoh : pasir, tanah berpasir, tanah kolodial dengan kadar air sedang	1,0 : 0,8
Pemuatan sedang	Pemuatan dari <i>stockpile</i> tanah lepas yang lebih sukar dikeruk dan dimasukkan ke dalam <i>bucket</i> tetapi dapat dimuat sampai hampir munjung (antara peres dan munjung). Contoh: pasir kering, tanah berpasir, tanah campur tanah liat, tanah liat, gravel yang belum disaring, atau menggali dan memuat gravel lunak langsung dari bukit asli	0,8 : 0,6

Pemuatan yang agak sulit	Pemuatan batu belah atau batu cadas belah, tanah liat yang keras, pasir campur gravel, tanah berpasir, tanah koloidal yang liat, tanah liat dengan kadar air yang tinggi, bahan-bahan tersebut telah ada pada stockpile atau persediaan sulit untuk mengisi <i>bucket</i> dengan material-material tersebut
Pemuatan yang sulit	Batu bongkah besar-besar dengan bentuk yang tidak beraturan dengan banyak ruangan diantara tumpukannya, batu hasil ledakan, batu-batu bundar yang besar-besar, pasir campuran batu-batu bundar tersebut, tanah pasir, tanah campur lempung, tanah liat yang tidak bias dimuat gusur ke dalam <i>bucket</i>

Sumber : Rochmanhadi (1986)

Kapasitas *bucket* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (Rochmanhadi, 1987)

- Kapasitas peres

$$V_s = A \times W \frac{2}{3} \times a \times b \quad (3.11)$$

- Kapasitas munjung

$$V_r = V_s \times \frac{b \times W}{8} - \frac{b}{6} \times (a + b) \quad (3.12)$$

Keterangan:

A = Penampang melintang ditengah-tengah *bucket* (mm²)

W = Lebar dalam rata-rata dari *bucket* (mm)

a = Tinggi penahan tumpahan ditengah-tengah *bucket* tegak lurus pada garis operasi (mm)

b = Panjang bukaan pada tengah-tengah *bucket* (mm)

c = panjang garis normal ke garis operasi (mm)

Faktor blade dalam pekerjaan penggusuran tanah perlu diperhitungkan karena dapat mempengaruhi produksi alat, besarnya dipengaruhi oleh jenis tanah.

Waktu siklus wheel loader untuk menggusur, ganti persenelling dan mundur, diperhitungkan dengan rumus berikut:

- Pada permukaan melintang

$$C_m = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \quad (3.13)$$

- Pada permukaan bentuk V

$$C_m = 2 \times \frac{D}{F} + 2 \times \frac{D}{R} + Z \quad (3.14)$$

- Pada muat-angkut

$$C_m = 2 \times \frac{D}{F} + Z \quad (3.15)$$

Keterangan:

D = Jarak angkut (m)

F = Kecepatan maju (m/menit)

R = Kecepatan mundur (m/menit)

Z = Waktu tetap (menit)

Faktor waktu tetap juga mempengaruhi pada saat perhitungan waktu siklus. Sehingga diperlukan data mengenai waktu tetap.

Tabel 3.10 Waktu Tetap *Wheel Loader*

	Pemuatan bentuk V	Pemuatan Melintang	Muat dan angkut
Mesin gerak langsung	0,25	0,35	-
Mesin gerak hidrolis	0,20	0,30	-
Mesin gerak <i>lordflow</i>	0,20	0,30	0,35

Sumber : Rochmanhadi (1986)

3.8 KOMPONEN BIAYA ALAT BERAT

Cara untuk menganalisa harga satuan pekerjaan harus ditinjau semua biaya yang menyangkut atau biaya yang mempengaruhi pekerjaan tersebut yaitu:

3.8.1 Biaya Kepemilikan (Owner Ship) atau Biaya Pasti

Biaya kepemilikan adalah biaya kepemilikan alat yang harus diperhatikan selama alat yang bersangkutan dioperasikan, apabila alat tersebut milik sendiri. Biaya ini harus diperhitungkan karena alat semakin lama akan berkurang hasil produksinya, bahkan pada waktu tertentu alat sudah tidak dapat berproduksi lagi, hal ini tersebut sebagai depresiasi.

3.8.2 Biaya Penyewaan Alat

Dalam suatu proyek konstruksi penggunaan alat berat selain menggunakan alat milik pribadi dapat juga dengan penyewaan, yang dalam proses penetapan biaya penyewaan peralatan tersebut terdapat ketentuan-ketentuan yang telah dikeluarkan Departemen Pekerjaan Umum.

3.8.3 Jam Operasi atau Waktu Kerja

Efisiensi waktu dibutuhkan guna tercapainya hasil kerja yang tepat sesuai dengan rencana. Untuk mewujudkan disiplin khususnya waktu, maka dibutuhkan adanya loyalitas tinggi dari semua pihak yang terlibat. Dalam penentuan tenaga kerja, perlu diperhatikan beberapa faktor antara lain jam operasional normal dan lembur.

1. Jam operasional normal

Lama waktu kerja pada setiap hari kerja (senin-sabtu) ditetapkan selama 7 jam/hari dengan upah kerja sebesar upah kerja normal.

2. Jam operasional lembur

Waktu lembur dihitung dari lama waktu kerja yang melebihi batas waktu kerja normal (7 jam/hari). Waktu kerja lembur dilaksanakan diluar jam operasi normal untuk hari kerja atau penambahan jumlah hari kerja perminggu (hari minggu).

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 TINJAUAN UMUM

Proses penelitian dimulai dengan tinjauan pustaka yang bertujuan untuk mengetahui informasi dan data mengenai teori-teori yang berkaitan dengan pokok permasalahan yang diperoleh dari literatur, bahan kuliah, media internet dan media cetak lainnya. Penelitian sebelumnya juga dapat menjadi acuan dalam penelitian ini sebagai analisis perbandingan antara perhitungan dilapangan dan penelitian ini. Proses selanjutnya adalah pengumpulan data-data proyek yang didapat langsung dari dokumen proyek. Proses selanjutnya setelah semua data terkumpul adalah pengolahan data yang didapat dari dokumen proyek tersebut. Setelah mendapatkan hasil analisis data proyek kemudian dapat diambil kesimpulan.

4.2 METODE PENELITIAN

Metode penelitian adalah tata cara bagaimana suatu penelitian akan dilakukan dalam rangka mencari jawaban atas permasalahan.

1. Subjek penelitian

Subjek dalam penelitian adalah optimalisasi alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan

2. Objek penelitian

Objek dalam penelitian ini adalah proyek Pembangunan Fakultas Hukum UII.

4.2.1 Data Penelitian

Pengumpulan data dapat dilakukan melalui beberapa ketentuan yang disusun secara sistematis. Peneliti memastikan semua data yang dibutuhkan tersusun rapi untuk bisa melakukan proses pengambilan data. Sumber data yang digunakan dalam penelitian mengenai optimalisasi alat berat pembangunan Fakultas Hukum UII yaitu:

1. Data primer

Sumber data primer bisa langsung didapatkan dengan melakukan wawancara langsung di lapangan dan pengambilan data yang diperoleh dari proyek untuk kepentingan penelitian.

Data yang diperlukan untuk penelitian adalah sebagai berikut :

- a. Jenis alat yang digunakan,
- b. Jam kerja alat,
- c. Spesifikasi alat,
- d. Biaya peminjaman.

2. Data sekunder

Sumber sekunder, yaitu data yang diperoleh dari instansi terkait, studi-studi yang pernah dilakukan. Data sekunder berfungsi sebagai pendukung data primer. Data yang diambil meliputi :

- a. Data proyek yang diambil dari dokumen kontrak
- b. Data proyek yang diambil dari laporan-laporan harga satuan alat berat

4.2.2 Pengolahan Data

Setelah mendapatkan semua data yang diperlukan, proses selanjutnya yaitu pengolahan data dengan cara perhitungan manual. Sebelum pengolahan data dilakukan terlebih dahulu melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Melakukan studi pustaka yang didapat dari berbagai buku-buku literatur,
2. Merangkum teori yang berhubungan antara manajemen konstruksi dan hal-hal lain yang saling terkait,
3. Mengumpulkan data dari penjelasan yang didapat langsung dari kontraktor pelaksana proyek,
4. Melakukan penyusunan konsep pemilihan alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan tanah.

Hal-hal yang akan dihitung dengan cara perhitungan manual adalah sebagai berikut :

1. Produksi masing-masing alat,
2. Jumlah alat,
3. Biaya alat sewa,
4. Kuantitas/koefisien alat,
5. Harga satuan alat,
6. Biaya total pekerjaan.

4.2.3 Rencana Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian tugas akhir ini direncanakan beberapa program kerja sebagai berikut :

1. Persiapan penelitian

Pada proses persiapan ini hal-hal yang harus dilakukan meliputi pengumpulan data untuk tugas akhir, penyusunan tugas akhir dan seminar tugas akhir

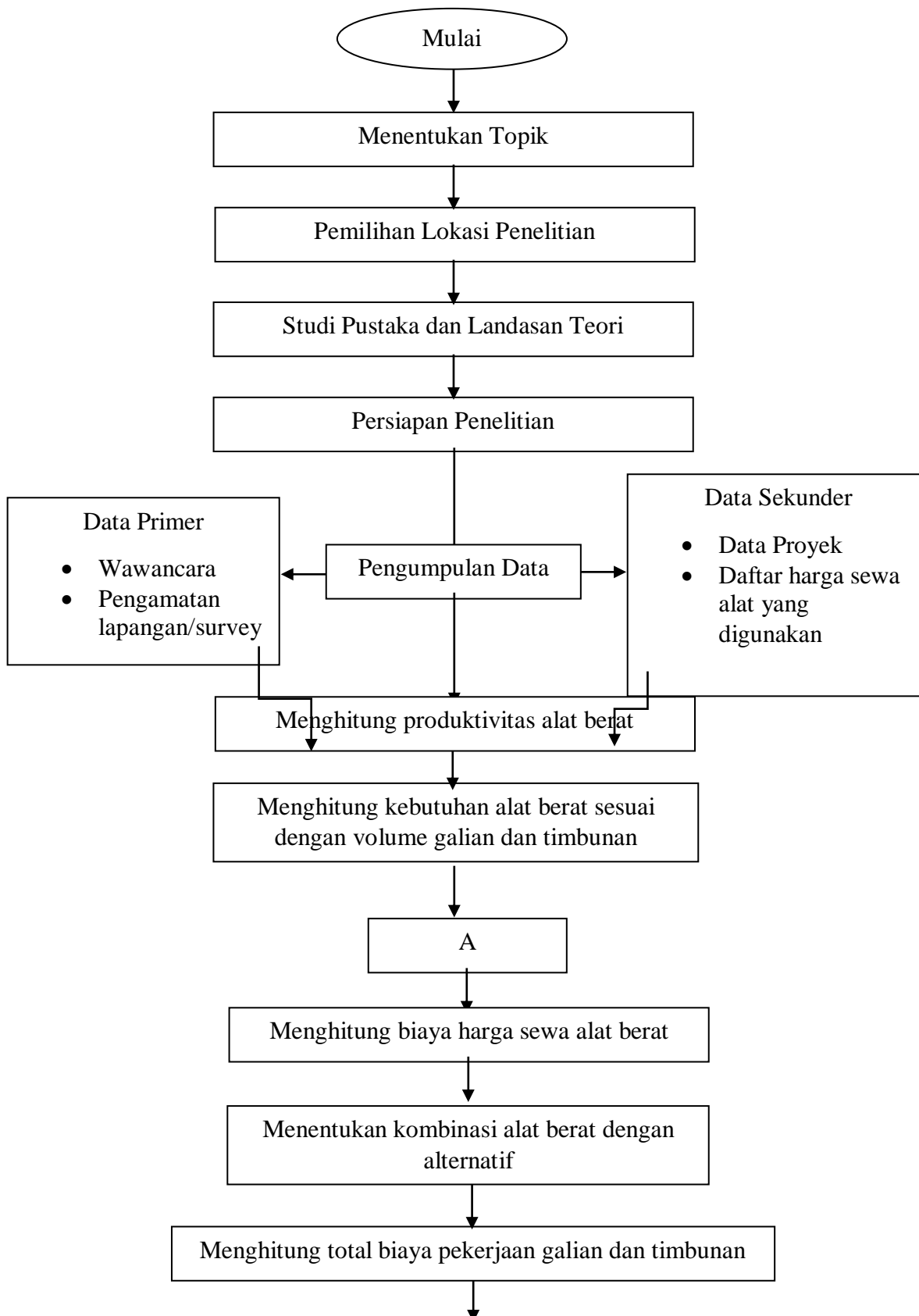
2. Pelaksanaan penelitian

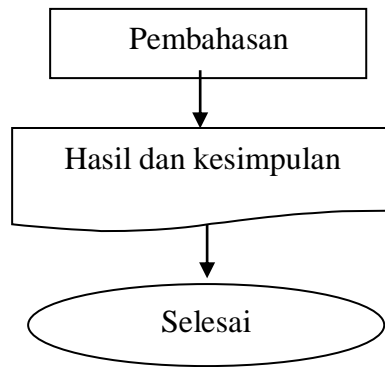
Pelaksanaan penelitian memiliki beberapa tahap, dimulai dengan pengumpulan literatur sampai dengan pengambilan data yang dilakukan langsung di lapangan untuk keperluan penyusunan laporan tugas akhir

3. Penyusunan laporan tugas akhir

Setelah semua data didapatkan kemudian dianalisis untuk melaksanakan penyusunan laporan tugas akhir dengan dosen pembimbing

4.3 FLOW CHART PENELITIAN





BAB V ANALISIS DATA DAN PEMBAHASAN

5.1 TINJAUAN UMUM

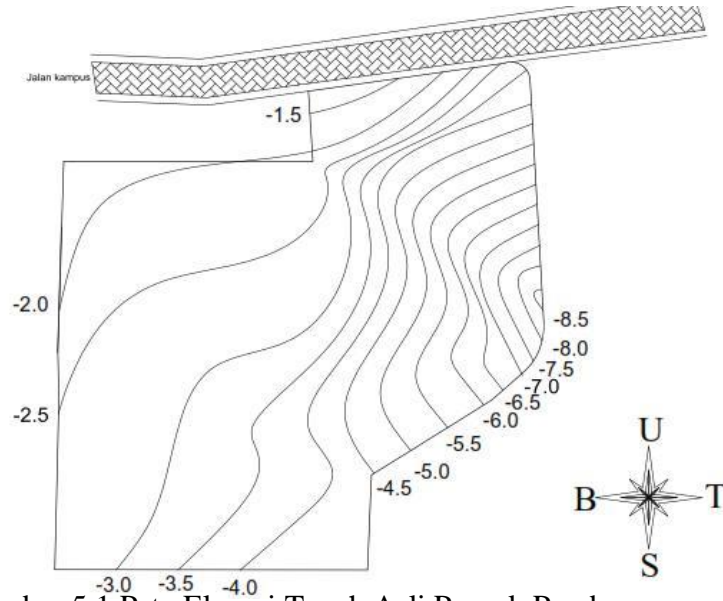
Studi kasus pada penelitian ini adalah Proyek Pembangunan Fakultas Hukum UII Sleman,DIY. Data proyek yang diperoleh antara lain :

Lokasi proyek	: Kampus Terpadu UII Jalan kaliurang km 14,5,Kecamatan Ngaklik,Sleman,Yogyakarta
Luas Tapak	: 14.445,68 m ²
Luas Bangunan	: 7.411,95 m ²
Volume galian	: 38.947,21 m ³
Volume timbunan	: 17.027,49 m ³

Data Volume galian dan timbunan ini didapatkan dari hasil peninjauan pada lapangan proyek. Data Volume Galian dan Timbunan didapatkan dari izin Pengambilan data kepada Fasilitas Pengelola Kampus yang mengerjakan Proyek Pembangunan Fakultas Hukum UII. Volume galian adalah total pekerjaan galian poer ditambah dengan pekerjaan galian abutment.

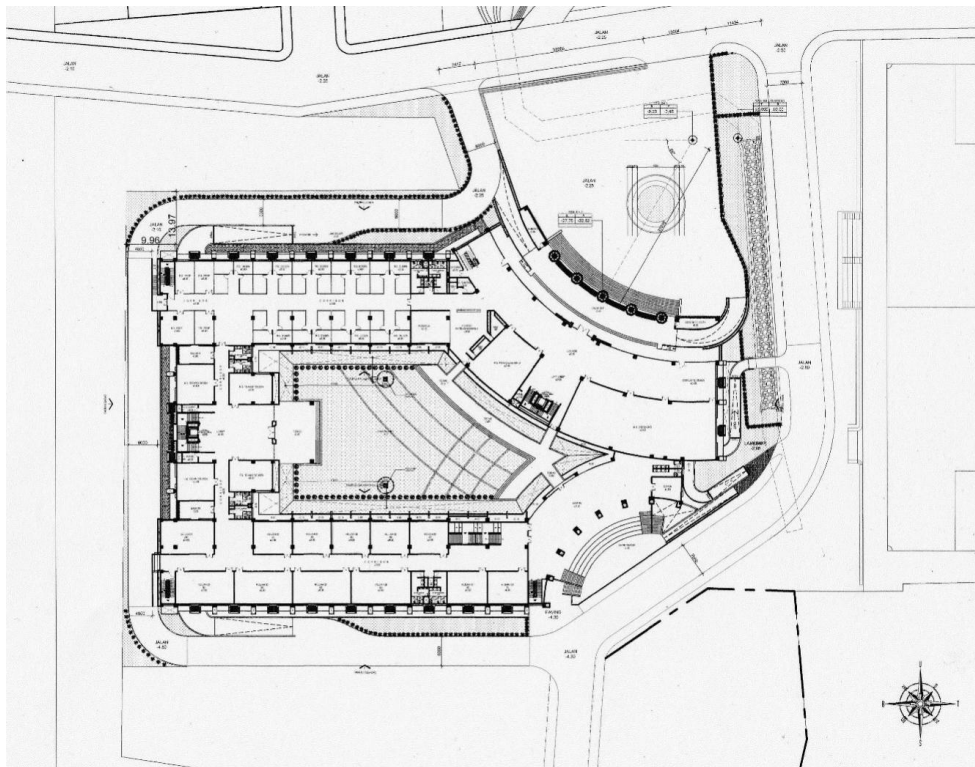
Pelaksanaan pekerjaan tanah pada proyek pembangunan Fakultas Hukum UII ini dilakukan secara mekanis menggunakan alat berat. Wilayah yang akan digunakan untuk pondasi bangunan digali menggunakan *excavator*. Tanah hasil galian tersebut dikumpulkan di *stockpile* yang berada tidak terlalu jauh dari daerah penggalian. Kemudian tanah hasil galian yang tidak terpakai akan diangkut menuju *quarry* atau tempat pembuangan akhir menggunakan *dump truck*. Dalam pengangkutan tanah ke *dump truck* memerlukan bantuan alat berat berupa *excavator* dan *wheel loader*, jarak untuk memindahkan tanah dari *stockpile* menuju *quarry* sekitar 3 kilometer. Setelah sampai *quarry*, tanah dihamparkan.Kemudian tanah hasil galian yang tidak terpakai diletakkan pada sebagian dipakai campuran cor-coran(pasir yang bagus).sebagian ditimbunan ke samping Lab Kedokteran yang lama untuk proyek pembangunan water treatment,sebagian lagi ditimbun di samping lapangan bola UII,dan sebagian lagi ditimbunan ke dusun sumbunan.

Pondasi bangunan diletakkan di daerah yang telah digali oleh *excavator*, setelah pemasangan pondasi selesai dilaksanakan, celah-celah dalam galian pondasi tersebut ditimbun kembali. Tanah timbunan diambil dari tanah yang telah digali oleh *excavator* yang dikumpulkan di *stockpile* menggunakan bantuan *wheel loader* untuk menimbun.



Gambar 5.1 Peta Elevasi Tanah Asli Proyek Pembangunan

Gedung Fakultas Hukum UII



Gambar 5.2 Denah Lokasi Rencana Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Hukum UII

Jumlah alat berat pada kondisi asli dilapangan (*existing*) yang digunakan dalam pekerjaan galian, timbunan dan pemindahan tanah tidak sama setiap harinya, maka akan diambil jumlah rata-rata per hari. Jumlah rata-rata *excavator* yang digunakan adalah 2,44

unit dengan total jam kerja 699 jam, untuk jumlah rata-rata *wheel loader* yang digunakan adalah 1,26 unit dengan total jam kerja 203 jam, sedangkan untuk jumlah rata-rata *dump truck* yang digunakan adalah 10,26 unit dengan total jam kerja 1642,5 jam.

5.2 ANALISIS DATA

5.2.1 Jenis Alat Berat yang Digunakan

Berikut ini merupakan jenis alat berat yang akan digunakan pada tugas akhir ini sebagai perhitungan kombinasi pada Proyek Pembangunan Gedung Fakultas Hukum UII, Kampus Terpadu UII Jalan Kaliurang km 14,5, Kecamatan Ngaglik, Sleman, Yogyakarta. Alat alat yang digunakan dalam tugas akhir ini diharapkan mampu mengoptimalkan pekerjaan dari segi biaya dan waktu. alat yang digunakan antara lain.

1. Jenis alat : *Excavator*
Merk/Jenis : *Komatsu PC300-8*
Kapasitas : 2,6 m³
Tahun pembuatan : 2013
Kondisi : Baik
Fungsi alat : Penggali dan pemuat tanah ke dalam bak *dump truck*.
2. Jenis alat : *Wheel Loader*
Merk/Jenis : *Komatsu WA380-3*
Kapasitas : 3 m³
Tahun pembuatan : 2012
Kondisi : Baik
Fungsi alat : Menimbun dan pemuat tanah ke dalam bak *dump truck*.
3. Jenis alat : *Dump truck*
Merk/Jenis : *Toyota Dyna Rino*
Kapasitas : 7 m³
Tahun pembuatan : 2013
Kondisi : Baik
Fungsi alat : Pemuat tanah sisa dari lokasi proyek ke *quarry*.

5.2.2 Perhitungan Produktivitas Alat Berat

1. *Excavator*

Pada Tugas Akhir ini *Excavator* mempunyai 2 fungsi yaitu untuk menggali tanah dan untuk memindahkan tanah dari *stockpile* ke *dump truck*, sehingga terdapat perbedaan waktu pada waktu gali dan waktu buang.

Tipe	: Komatsu PC300-8
Kapasitas bucket (q')	: 2,6 m ³
Efisiensi kerja (E)	: 0,81
Faktor bucket (K)	: 0,89
Waktu gali	: 11 detik
Waktu putar	: 6 detik
Waktu buang	: 6 detik

a. Produktivitas *excavator* untuk menggali

- Waktu siklus (C_m) = waktu gali + (2 x waktu putar) + waktu buang
 = 11 + (2 x 6) + 6
 = 29 detik
- Produksi per siklus (q) = $q' \times K$
 = 2,6 x 0,89
 = 2,314 m³
- Produktivitas *excavator* per jam (m³/jam)

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{q \times 3600 \times E}{C_m} \\
 &= \frac{2,314 \times 3600 \times 0,81}{29} \\
 &= 232,67 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

b. Produktivitas *excavator* untuk memindahkan tanah ke *dump truck*

Untuk perhitungan produktivitas *excavator* yang digunakan untuk memindahkan tanah ke *dump truck* terdapat perbedaan dalam waktu gali sebelumnya yaitu 11 detik menjadi 6 detik karena tanah yang digali lebih mudah yaitu tanah hasil galian di *stockpile* hasil dari *excavator* yang bertugas untuk menggali tanah asli.

- Waktu siklus (C_m) = waktu gali + (2 x waktu putar) + waktu buang
 = 6 + (2 x 6) + 6
 = 24 detik

- Produksi per siklus (q) = $q' \times K$
= $2,6 \times 0,89$
= $2,314 \text{ m}^3$
- Produktivitas *excavator* per jam (m^3/jam)

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \\
 &= \frac{2,314 \times 3600 \times 0,81}{24} \\
 &= 281,151 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

2. *Wheel loader*

Tipe	: Komatsu WA380-3
Kapasitas bucket (q')	: 3 m^3
Metode angkut	: Muat-Angkut
Jarak Angkut (D)	: 100 m
Tipe tanah	: Lempung berpasir
Faktor bucket (K)	: 0,8
Efisiensi kerja (E)	: 0,78
Kecepatan maju (F)	: 10 km/jam
Kecepatan mundur (R)	: 10 km/jam

a. Produktivitas *wheel loader* untuk pekerjaan timbunan

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi per siklus (q)} &= q' \times K \\
 &= 3 \times 0,8 \\
 &= 2,4 \text{ m}^3 \\
 \text{Kecepatan maju (F)} &= 10 \times 0,8 \\
 &= 8 \text{ km/jam} = 133,33 \text{ m/menit} \\
 \text{Waktu tetap (Z)} &= 0,35 \text{ menit} \\
 \text{Waktu siklus (Cm)} &= 2 \times \frac{D}{F} + Z \\
 &= 2 \times \frac{100}{133,3} + 0,35
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,48 \text{ menit} \\
 &\quad \frac{60}{\text{---}} \\
 &= \frac{1,48^{60} \times 2,4 \times 0,78}{\text{---}} \\
 &= 76,15 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

b. Produktivitas *wheel loader* untuk memindahkan tanah ke *dump truck*

$$\begin{aligned}
 \text{Produksi per siklus (q)} &= q' \times K \\
 &= 3 \times 0,8 && = 2,4 \text{ m}^3 \\
 \text{Kecepatan maju (F)} &= 10 \times 0,8 \\
 &= 8 \text{ km/jam} && = 133,33 \text{ m/menit} \\
 \text{Kecepatan mundur (R)} &= 10 \times 0,8 \\
 &= 8 \text{ km/jam} && = 133,33 \text{ m/menit} \\
 \text{Waktu tetap (Z)} &= 0,25 \text{ menit} \\
 \text{Waktu siklus (Cm)} &= 2 \times \left(\frac{D}{F} + \frac{D}{R} \right) + Z \\
 &= 2 \times \left(\frac{133,33^{25}}{133,33} + \frac{133,33^{25}}{133,33} \right) + 0,25 \\
 &= 1 \text{ menit} \\
 \text{Produktivitas per jam (Q)} &= \frac{60}{\text{---}} \times q \times E \\
 &= \frac{60}{1} \times 2,4 \times 0,78 \\
 &= 112,32 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

3. *Dump truck*

Pada perhitungan produktivitas alat berat *dump truck* penulis melakukan peninjauan langsung terhadap waktu angkut bermuatan dan waktu angkut kosong. Hal ini dilakukan karena jalur yang dilewati oleh *dump truck* adalah kawasan kampus sehingga kecepatan *dump truck* tidak stabil, sehingga diperlukan peninjauan langsung agar perhitungan sesuai kondisi lapangan. Berikut adalah perhitungan produktivitas untuk alat berat *dump truck*.

Kapasitas bak <i>dump truck</i> (c)	: 7 m ³
Kapasitas pemuat (q1')	: 3 m ³
Factor bucket pemuat (K)	: 0,8
Efisiensi kerja (E)	: 0,78
Waktu angkut bermuatan (ta1)	: 10,5 menit
Waktu angkut kosong (ta2)	: 6,8 menit
Waktu buang (t1)	: 0,5 menit
Waktu tunggu (t2)	: 0,2 menit
Waktu siklus pemuat (Cms)	: 1 menit

a. Produktivitas *dump truck* yang dimuat oleh *excavator*

Untuk produktivitas *dump truck* yang dimuat oleh *excavator* pada pekerjaan ini menggunakan *excavator* kapasitas bucket 2,6 m³ dengan waktu siklus pemuat menjadi 0,38 menit.

- Jumlah siklus *excavator* untuk mengisi *dump truck* (n)

$$\begin{aligned}
 (n) &= \frac{c}{q' \times k} \\
 &= \frac{7}{2,6 \times 0,8} \\
 &= 3,36 \text{ dijadikan } 4 \text{ kali siklus}
 \end{aligned}$$

- Produksi per siklus (C) = $n \times q' \times K$

$$\begin{aligned}
 &= 4 \times 2,6 \times 0,8 \\
 &= 8,32 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$
- Waktu siklus (Cm) = $n \times Cms + ta1 + ta2 + t1 + t2$

$$\begin{aligned}
 &= 4 \times 0,38 + 10,5 + 6,8 + 0,5 + 0,2 \\
 &= 9,7 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

- Produktivitas per jam (m³/jam)

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{C \times 60 \times E}{Cm} \\
 &= \frac{8,32 \times 60 \times 0,81}{9,7} \\
 &= 41,68 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

b. Produktivitas *dump truck* yang dimuat oleh *wheel loader*

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah siklus } wheel \text{ loader (n)} &= \frac{C}{q \times k} \\
 &= \frac{3}{3 \times 0,8} \\
 &= 2,92 \text{ dijadikan 3 kali siklus} \\
 \text{Produksi per siklus (C)} &= n \times q' \times K \\
 &= 3 \times 3 \times 0,8 \\
 &= 7,2 \text{ m}^3 \\
 \text{Waktu siklus (Cm)} &= n \times Cms + ta1 + ta1 + t1 + t2 \\
 &= 3 \times 1 + 10,5 + 6,8 + 0,5 + 0,2 \\
 &= 21 \text{ menit} \\
 \text{Produktivitas per jam (Q)} &= \frac{C \times 60 \times E}{Cm} \\
 &= \frac{7,2 \times 60 \times 0,78}{21} \\
 &= 16,05 \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

5.2.2 Perhitungan Biaya Sewa Alat

Dari hasil survei beberapa perusahaan yang menyediakan penyewaan alat berat di wilayah jogja didapatkan beberapa perbandingan harga. Sehingga memutuskan untuk mengambil salah satu perusahaan yang tidak disebutkan nama perusahaannya demi menjaga persaingan antar perusahaan lain. Daftar harga yang didapat hanyalah harga sewa alat per jam untuk *excavator* dan *wheel loader*, berbeda dengan *dump truck* dengan harga sewa per hari. Kebutuhan yang lain yaitu bahan bakar berupa solar ditanggung oleh penyewa, untuk kebutuhan operator akan disediakan oleh perusahaan penyewaan. Dan untuk harga solar diambil harga bahan bakar solar tahun 2018.

Berikut rincian harga sewa untuk masing-masing alat :

1. *Excavator*

Merek : Komatsu

Tipe/jenis : PC300-8

- Harga sewa alat : 320.000,00 /jam
- Bahan bakar : 20 liter /jam x 8.300,00 = 166.000,00 /jam
- Operator : 150.000,00 /hari / 7 jam = 21.000,00 /jam
- Harga sewa : 320.000,00 + 166.000,00 + 21.000,00
= 507.000,00 /jam

2. *Wheel loader*

Merek : Komatsu

Tipe/jenis : WA380-3

- Harga sewa alat : 200.000,00 /jam
- Bahan bakar : 25 liter /jam x 8.300,00 = 207.500,00 /jam
- Operator : 150.000,00 /hari / 7 jam = 21.500,00 /jam
- Harga sewa : 200.000,00 + 207.500,00 + 21.500,00
= 429.000,00 /jam

3. *Dump truck*

Merek : Toyota Dyna Rino

Tipe/jenis : Kapasitas bak 7 m³

- Harga sewa alat : 420.000,00 /hari / 7 jam = 60.000,00 /jam
- Bahan bakar : 16 liter /jam x 8.300,00 = 132.000,00 /jam
- Operator : 100.000,00 /hari / 7 jam = 14.500,00 /jam
- Harga sewa : 60.000,00 + 132.000,00 + 14.500,00
= 207.300,00 /jam

5.2.3 Perhitungan Analisis Alternatif Kombinasi Alat Berat

Berikut ini adalah beberapa perhitungan alternatif yang akan dianalisis berdasarkan perhitungan produksi alat dan biaya sewa serta dengan penjelasan secara teknis pengerjaan.

1. Kondisi Asli Dilapangan (*existing*)

Pada pelaksanaan pekerjaan pemindahan tanah, jumlah alat berat yang

digunakan pada kondisi asli dilapangan (*existing*) pada proyek pembangunan gedung Fakultas Hukum UII tidak selalu sama disetiap harinya, maka akan diambil jumlah rata-rata selama pekerjaan galian, timbunan dan pemindahan tanah dilakukan. Biaya sewa alat berat per jam menggunakan biaya sewa alat yang sudah dihitung pada tugas akhir ini. Berikut adalah perhitungan waktu dan biaya untuk kondisi asli dilapangan (*existing*).

a. *Excavator*

Jumlah rata-rata alat berat : 2,44 unit

Total waktu kerja : 699 jam

Biaya sewa alat : Rp 352.500,00 /jam

$$\begin{aligned} \text{Waktu kerja tiap alat} &= \frac{\text{Total waktu kerja}}{\text{Jumlah rata-rata alat}} \\ &= \frac{699}{2,44} \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$= 286,59 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total sewa alat} &= \text{Rp } 352.500,00 \times 286,59 \text{ jam} \times 2,44 \text{ unit} \\ &= \text{Rp } 246.397.500,00 \end{aligned}$$

b. *Wheel Loader*

Jumlah rata-rata alat berat : 1,26 unit

Total waktu kerja : 203 jam

Biaya sewa alat : Rp 416.500,00 /jam

$$\begin{aligned} \text{Waktu kerja tiap alat} &= \frac{\text{Total waktu kerja}}{\text{Jumlah rata-rata alat}} \\ &= \frac{203}{1,26} \text{ Jam} \end{aligned}$$

$$= 161 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total sewa alat} &= \text{Rp } 416.500,00 \times 161 \text{ jam} \times 1,26 \text{ unit} \\ &= \text{Rp } 84.549.500,00 \end{aligned}$$

c. *Dump Truck*

$$\begin{aligned} \text{Jumlah rata-rata alat berat} &: 10,26 \text{ unit} \\ \text{Total waktu kerja} &: 1642,5 \text{ jam} \\ \text{Biaya sewa alat} &: \text{Rp } 203.400,00 / \text{jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Waktu kerja tiap alat} &= \frac{\text{Total waktu kerja}}{\text{Jumlah rata-rata alat}} \\ &= \frac{1642,5}{10,26} \text{ Jam} \\ &= 160,04 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya total sewa alat} &= \text{Rp } 203.400,00 \times 160,04 \text{ jam} \times 10,26 \text{ unit} \\ &= \text{Rp } 334.084.500,00 \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil dari perhitungan alat berat pada kondisi asli dilapangan (*existing*) yang dapat dilihat pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 Hasil Perhitungan Alat Berat pada Kondisi Asli (*Existing*)

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya
<i>Excavator</i>	2,44	286,59	Rp. 246.397.500,00
<i>Wheel loader</i>	1,26	161	Rp. 84.549.500,00
<i>Dump truck</i>	10,26	160,04	Rp. 334.084.500,00
	Total	607,63	Rp.665.031.500,00

1. Analisis Alternatif 1

a. *Excavator*

Jumlah alat (n) : 1 unit

Volume galian : 38.947,21 m³

Produksi *Excavator* per jam (Q) : 232,67 m³/jam

- Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n
 = 232,67 m³/jam x 1 unit
 = 232,67 m³/jam

- Waktu kerja *excavator* = $\frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi excavator seluruh alat}}$
 = $\frac{38.947,21}{232,67}$
 = 167,39 jam = 168 jam

Setelah pekerjaan galian tanah oleh *excavator* selesai, kemudian tanah sisa yang dikumpulkan di *stockpile* akan dipindahkan ke *quarry* menggunakan *dump truck* dengan bantuan *excavator* untuk memuat tanah sisa tersebut. Berikut adalah perhitungan pemindahan tanah ke *dump truck* dengan bantuan *excavator*.

Jumlah alat (n) : 1 unit

Produksi *excavator* per jam (Q) : 281,151 m³/jam

Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n
 = 281,151 m³/jam x 1 unit
 = 281,151 m³/jam

Volume tanah sisa = volume galian - timbunan
 = 38.947,21 - 17.027,49m³
 = 21.919,72 m³

Volume tanah sisa

Waktu kerja *excavator* = $\frac{\text{Produksi wheel loader seluruh alat}}{\text{Volume tanah sisa}}$
 = $\frac{21.919,72}{281,15}$ = 77,96 jam = 78Jam

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

$$\begin{aligned}
 \text{Waktu penggunaan } excavator &= \text{Waktu timbunan} + \text{Waktu} \\
 &\quad \text{memuat ke } dump\ truck \\
 &= 168 \text{ jam} + 78 \text{ jam} \\
 &= 246 \text{ jam} \\
 \\
 \text{Biaya alat sewa per jam} &= \text{Rp } 507.000,00 / \text{jam} \\
 \\
 \text{Biaya total sewa alat} &= \text{Rp } 507.000,00 \times 246 \text{ jam} \times 1 \text{ unit} \\
 &= \text{Rp } 124.722.000,00
 \end{aligned}$$

b. *Wheel loader*

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah alat (n)} &: 1 \text{ unit} \\
 \text{Volume timbunan} &: 17.027,49 \text{ m}^3 \\
 \text{Produksi } wheel\ loader \text{ per jam (Q)} &: 76,15 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \bullet \text{ Produksi } wheel\ loader \text{ seluruh alat} &= Q \times n \\
 &= 76,15 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ unit} \\
 &= 76,15 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \\
 \bullet \text{ Waktu kerja } wheel\ loader &= \frac{\text{Volume Timbunan}}{\text{Produksi } wheel\ loader \text{ seluruh alat}} \\
 &= \frac{17.027,49}{76,15} \\
 &= 223,60 \text{ jam} = 224 \text{ jam} \\
 \\
 \text{Biaya alat sewa perjam} &= \text{Rp.}429.000/\text{jam} \\
 \text{Biaya total sewa alat} &= \text{Rp.}429.000 \times 224 \text{ jam} \times 1 \text{ unit} \\
 &= \text{Rp.}96.096.000
 \end{aligned}$$

Pada alternatif ini jumlah *wheel loader* yang digunakan yaitu menggunakan 1 unit. Tugas dari *wheel loader* pada alternatif 1 ini adalah untuk pekerjaan timbunan, karena untuk memuat tanah sisa ke bak *dump truck* akan dikerjakan oleh *excavator*.

c. *Dump truck*

Volume yang akan diangkut : 21.919,72 m³

Produksi *dump truck* per jam : 41,68 m³/jam

Produksi *excavator* : 281,151 m³/jam

Produksi *excavator* disini adalah produksi *excavator* dalam pekerjaan pengangkutan tanah ke dalam bak *dump truck*. Jumlah *dump truck* disesuaikan dengan jumlah *dump truck*. Maka jumlah *dump truck* didapat:

$$\begin{aligned}
 \bullet \text{ Jumlah } \textit{dump truck} (n) &= \frac{\textit{Produksi excavator}}{\textit{produksi dump truck}} \\
 &= \frac{281,151}{15,71} \\
 &= 6,74 \text{ unit diambil } 7 \text{ unit}
 \end{aligned}$$

Waktu kerja *dump truck* sama dengan waktu *excavator* dalam pengangkutan ke *dump truck*. Maka didapat perhitungan pekerjaan pengangkutan tanah oleh *dump truck*:

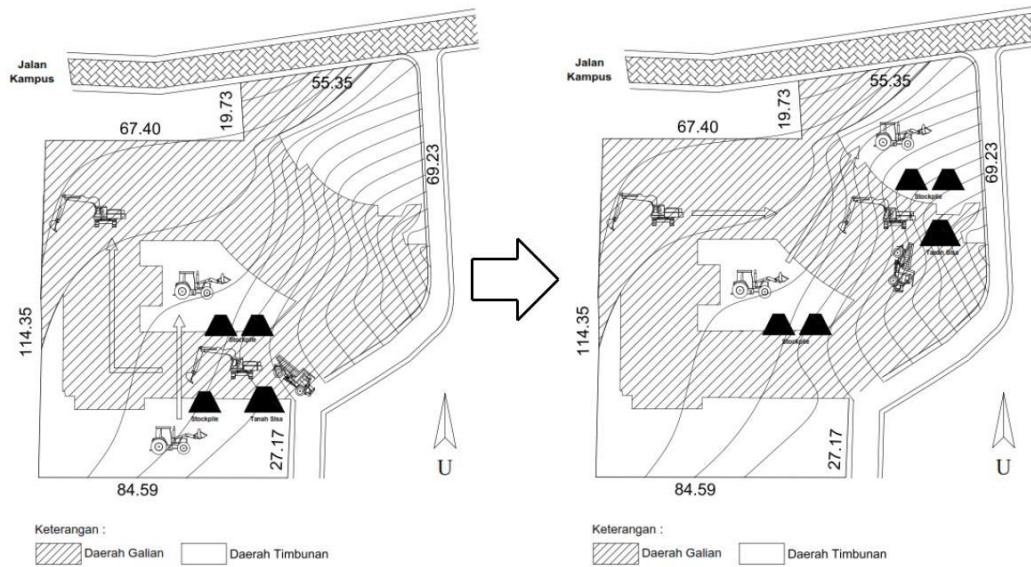
- Waktu kerja *dump truck* = 78 jam
- Biaya sewa alat per jam = Rp 207.300,00 /jam
- Biaya total sewa *dump truck* = Rp 207.300,00 x 78 jam x 7 unit
= Rp 113.185.800,00

Dari data dan analisis didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Analisis Alternatif 1

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya	Keterangan
<i>Excavator</i>	1	246	124,722,000.00	Gali
<i>Wheel loader</i>	1	224	96,096,000.00	Timbun dan memuat <i>dump truck</i>
<i>Dump truck</i>	7	78	113,185,800.00	
Total		548	334,003,800.00	

Skema pekerjaan alat berat untuk alternatif 1 dapat dilihat pada Gambar 5.6 dan 5.7.



Gambar 5.6 Skema Alat Berat Pada Alternatif 1

Berikut adalah jumlah tanah yang dapat dipindah dalam satu hari pekerjaan dengan total jam kerja optimal yaitu 7 jam/hari.

a. Galian

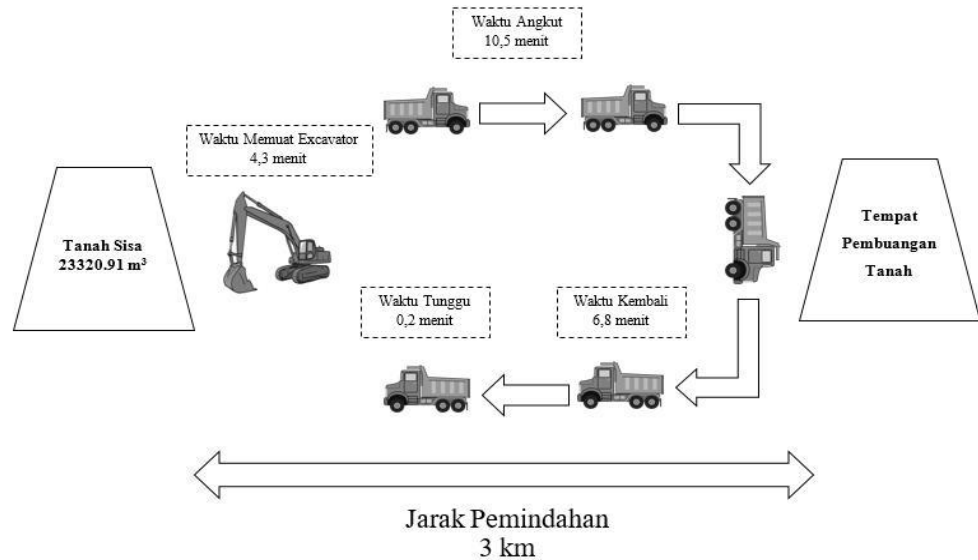
$$\begin{aligned} \text{Jumlah excavator per hari} &= 1 \text{ unit} \\ \text{Produktivitas excavator per jam} &= 232,67 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Produktivitas excavator per hari} &= 232,67 \times 7 \text{ jam} \times 1 \text{ unit} \\ &= 1628,69 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Sehingga tanah yang dipindahkan oleh satu unit *excavator* dalam satu hari kerja adalah 1628,60 m³/hari.

b. Timbunan

$$\begin{aligned} \text{Jumlah wheel loader per hari} &= 1 \text{ unit} \\ \text{Produktivitas wheel loader per jam} &= 76,15 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Produktivitas wheel loader per hari} &= 76,15 \times 7 \text{ jam} \times 1 \text{ unit} \\ &= 533,05 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Sehingga tanah yang dipindahkan oleh satu unit *wheel loader* dalam satu hari kerja adalah 533,05 m³/hari.



Gambar 5.7 Circle Time Dump Truck dan Excavator Alternatif 1

Pada Gambar 5.7 menjelaskan tentang *circle time* antara satu unit *excavator* sebagai pengisi dan empat unit *dump truck* untuk memindahkan tanah sisa ke *quarry* dengan jarak 3 kilometer. Berikut adalah perhitungan tanah yang dipindahkan dalam satu hari kerja.

c. Pемindahan tanah ke *quarry*

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah } \textit{dump truck} \text{ per hari} &= 7 \text{ unit} \\
 \text{Produktivitas } \textit{dump truck} \text{ per jam} &= 41,68 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \text{Produktivitas } \textit{dump truck} \text{ per hari} &= 41,68 \times 7 \times 7 \text{ unit} \\
 &= 2042,32 \text{ m}^3/\text{hari}
 \end{aligned}$$

2. Analisis Alternatif 2

a. Excavator

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah alat (n)} &: 1 \text{ unit} \\
 \text{Volume galian} &: 38.947,21 \text{ m}^3 \\
 \text{Produksi } \textit{Excavator} \text{ per jam (Q)} &: 232,67 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \bullet \text{ Produksi } \textit{excavator} \text{ seluruh alat} &= Q \times n \\
 &= 232,67 \text{ m}^3/\text{jam} \times 1 \text{ unit} \\
 &= 232,67 \text{ m}^3/\text{jam} \\
 \bullet \text{ Waktu kerja } \textit{excavator} &= \frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi } \textit{excavator} \text{ seluruh alat}}
 \end{aligned}$$

$$= \frac{38.947,21}{232,67}$$

$$= 167,39 \text{ jam} = 168 \text{ jam}$$

- Biaya alat sewa per jam = Rp 507.000,00 /jam
- Biaya total sewa alat = Rp 507.000,00 x 168 jam x 1 unit
= Rp 85.176.000,00

Tugas dari *excavator* pada alternatif 2 ini hanya untuk menggali tanah asli dan kemudian dikumpulkan di *stockpile* yang berada di dekat lokasi galian. Pekerjaan selanjutnya adalah pekerjaan timbunan yang akan dikerjakan oleh alat berat lainnya yaitu *wheel loader*.

b. *Wheel loader*

- Jumlah alat (n) : 1 unit
- Volume timbunan : 17.027,49 m³
- Produksi *wheel loader* per jam (Q) : 76,15 m³/jam
- Produksi *wheel loader* seluruh alat = Q x n
= 76,15 m³/jam x 2 unit
= 126,1 m³/jam
- Waktu kerja *wheel loader* = $\frac{\text{Volume Timbunan}}{\text{Produksi wheel loader seluruh alat}}$
= $\frac{17.027,49}{126,1}$
= 135.03 jam = 136 jam

Setelah pekerjaan pemindahan tanah untuk timbunan selesai, tanah sisa yang dikumpulkan di *stockpile* akan dipindahkan ke *quarry* menggunakan *dump truck* dengan bantuan *wheel loader*. Berikut adalah perhitungan pengangkutan tanah ke *dump truck* dengan bantuan *wheel loader*.

- Jumlah alat (n) : 1 unit
- Produksi *wheel loader* per jam (Q) : 112,32 m³/jam
- Produksi *wheel loader* seluruh alat = Q x n
= 112,32 m³/jam x 1 unit
= 112,32 m³/jam

Volume tanah sisa = volume galian – timbunan

$$= 38.947,21 - 17.027,49\text{m}^3$$

$$= 21.919,72 \text{ m}^3$$

Volume tanah sisa

	Produksi wheel loader
Waktu kerja <i>wheel loader</i>	= seluruh alat
	21.919,7
	=
	112,32
	= 195,15 jam \approx 196 jam
Waktu penggunaan <i>wheel loader</i>	= Waktu timbunan + Waktu memuat ke <i>dump truck</i>
	= 136 jam + 196 jam
	= 332 jam
Biaya Sewa Alat Per Jam	= Rp.429.000/Jam
Biaya Total Sewa Alat	= Rp.429.000 x 332 jam x 1 unit
	= Rp.142.428.000

c. Dump truck

Volume yang akan diangkut : 21.919,72 m³

Produksi *dump truck* per jam : 41,68 m³/jam

Produksi *wheel loader* : 112,32 m³/jam

Produksi *wheel loader* disini adalah produksi *wheel loader* dalam pekerjaan pengangkutan tanah ke dalam bak *dump truck*. Jumlah *dump truck* disesuaikan dengan jumlah *wheel loader*. Maka jumlah *dump truck* didapat:

- Jumlah *dump truck* (n) $= \frac{\text{Produksi wheel loader}}{\text{produksi dump truck}}$
- $= \frac{112,32}{41,68}$
- = 2,69 unit diambil 3 unit

Waktu kerja *dump truck* sama dengan waktu *wheel loader* dalam pengangkutan ke *dump truck*. Maka didapat:

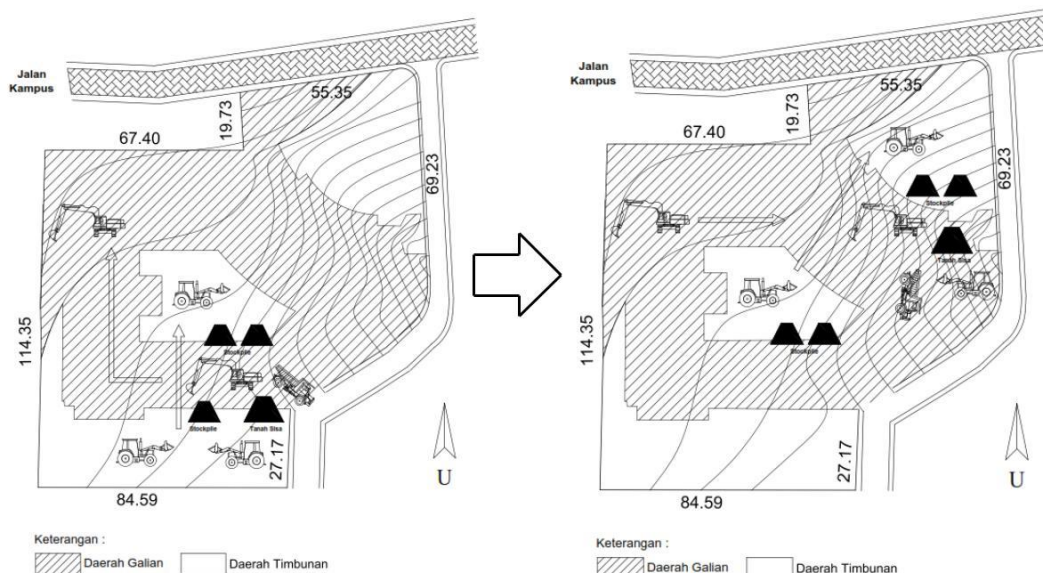
- Waktu kerja *dump truck* = 196 jam
- Biaya sewa alat per jam = Rp 207.300,00 /jam
- Biaya total sewa alat = Rp 207.300,00 x 196 jam x 3 unit
- = Rp 121.892.400,00

Dari data dan analisis didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Analisis Alternatif 2

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya	Keterangan
<i>Excavator</i>	1	168	85,176,000.00	Gali
<i>Wheel loader</i>	1	332	142,428,000.00	Timbun, Memuat <i>dump truck</i>
<i>Dump truck</i>	3	196	121,892,400.00	
Total		696	349,496,400.00	

Skema pekerjaan alat berat untuk alternatif 2 dapat dilihat pada Gambar 5.8 dan 5.9.



Gambar 5.8 Skema Alat Berat Pada Alternatif 2

Berikut adalah jumlah tanah yang dapat dipindah dalam satu hari pekerjaan dengan total jam kerja optimal yaitu 7 jam/hari.

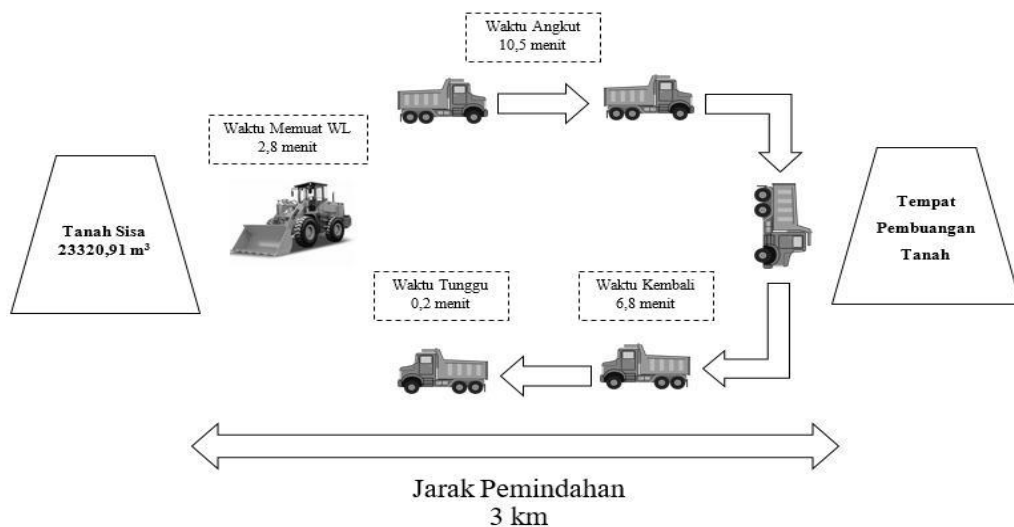
- a. Galian
 Produktivitas *excavator* per jam = 232,67 m³/jam
 Produktivitas *excavator* per hari = 232,67 x 7 jam x 1 unit =
 1628,69 m³/hari

Sehingga tanah yang dipindahkan oleh satu unit *excavator* dalam satu hari kerja adalah 1628,69 m³/hari.

b. Timbunan

Jumlah <i>wheel loader</i> per hari	= 1 unit
Produktivitas <i>wheel loader</i> per jam	= 76,15 m ³ /jam
Produktivitas <i>wheel loader</i> per hari	= 76,15 x 7 jam x 1 unit
	= 533,04 m ³ /hari

Sehingga tanah yang dipindahkan oleh satu unit *wheel loader* dalam satu hari kerja adalah 533,04 m³/hari.



Gambar 5.9 Circle Time Dump Truck dan Wheel Loader Alternatif 2

Pada Gambar 5.9 menjelaskan tentang *circle time* antara satu unit *wheel loader* sebagai pengisi dan empat unit *dump truck* untuk memindahkan tanah sisa ke *quarry* dengan jarak 3 kilometer. Berikut adalah perhitungan tanah yang dipindahkan dalam satu hari kerja.

c. Pemindahan tanah ke quarry

Jumlah Dump Truck per hari	= 3 unit
Produktivitas dump truck per jam	= 16,05 m ³ /jam
Produktivitas dump truck per hari	= 16,05 x 7 jam x 3 unit
	= 337,05 m ³ /hari

3. Analisis Alternatif 3

a. *Excavator*

Jumlah alat (n) : 3 unit

Volume galian : 38.947,21 m³

Produksi *Excavator* per jam (Q) : 232,67 m³/jam

- Produksi *excavator* seluruh alat = Q x n
= 232,67 m³/jam x 3 unit
= 698,01 m³/jam
- Waktu kerja *excavator* = $\frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi excavator seluruh alat}}$
= $\frac{38.947,21}{698,01}$
= 55,79 jam = 56 jam
- Biaya alat sewa per jam = Rp 507.000,00 /jam
- Biaya total sewa alat = Rp 507.000,00 x 56 jam x 3 unit
= Rp 85.176.000,00

Pada alternatif 3 ini excavator yang digunakan sebanyak 3 unit, yang digunakan untuk menggali tanah asli dan kemudian dikumpulkan di stockpile yang berada didekat lokasi galian. pekerjaan selanjutnya adalah pekerjaan timbunan yang akan dikerjakan oleh alat berat lain nya yaitu wheel loader

b. *Wheel loader*

Jumlah alat (n) : 1 unit

Volume timbunan : 17.027,49 m³

Produksi *wheel loader* per jam (Q) : 76,15 m³/jam

- Produksi *wheel loader* seluruh alat = Q x n
= 76,15 m³/jam x 1 unit
= 76,15 m³/jam
- Waktu kerja *wheel loader* = $\frac{\text{Volume Timbunan}}{\text{Produksi wheel loader seluruh alat}}$
= $\frac{17.027,43}{76,15}$
= 223,60 jam = 224 jam
- Biaya Sewa Alat = Rp.429.000/jam
- Biaya Total Sewa Alat = Rp.429.000 x 224 jam x 1 unit
= Rp.96.096.000,00

Pekerjaan timbunan pada alternatif 3 menggunakan 1 unit *wheel loader*, setelah pekerjaan pemindahan tanah untuk timbunan selesai, tanah sisa yang dikumpulkan di *stockpile* akan dipindahkan ke *quarry* menggunakan *dump truck* dengan bantuan *wheel loader*. Penggunaan alat berat *wheel loader* pada pekerjaan pemuatan sisa tanah asli ke *dump truck* pada alternatif 3 ini menggunakan 2 unit *wheel loader*. Berikut adalah perhitungan pengangkutan tanah ke *dump truck* dengan bantuan *wheel loader*.

- Jumlah alat (n) : 2 unit
- Volume tanah sisa : volume galian - timbunan
 $= 38.947,21 - 17.027,49 \text{ m}^3$
 $= 21.919,72 \text{ m}^3$
- Produksi *wheel loader* per jam (Q) : $112,32 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Produksi *wheel loader* seluruh alat = $Q \times n$
 $= 112,32 \text{ m}^3/\text{jam} \times 2 \text{ unit}$
 $= 224,64 \text{ m}^3/\text{jam}$
 - Waktu kerja *wheel loader* = $\frac{\text{Volume tanah sisa}}{\text{Produksi wheel loader seluruh alat}}$
 $= \frac{21.919,7}{224,64}$
 $= 97,57 \text{ jam} = 98 \text{ jam}$
 - Biaya alat sewa per jam = Rp 429.000 /jam
 - Biaya total sewa alat = Rp 429.000,00 x 98 jam x 2 unit
 $= \text{Rp } 84.084.000,00$

c. *Dump truck*

- Volume yang akan diangkut : $21.919,72 \text{ m}^3$
- Produksi *dump truck* per jam : $16,05 \text{ m}^3/\text{jam}$
- Produksi *wheel loader* : $224,64 \text{ m}^3/\text{jam}$

Produksi *wheel loader* disini adalah produksi *wheel loader* dalam pekerjaan pengangkutan tanah ke dalam bak *dump truck*. Jumlah *dump truck* disesuaikan dengan jumlah *wheel loader*. Maka jumlah *dump truck* didapat:

- Jumlah *dump truck* (n) = $\frac{\text{Produksi wheel loader}}{\text{produksi dump truck}}$
 $= \frac{224,64}{16,05}$
 $= 13,99 \text{ unit diambil } 14 \text{ unit}$

Waktu kerja *dump truck* sama dengan waktu *wheel loader* dalam pengangkutan ke *dump truck*. Berikut didapat perhitungan pekerjaan pengangkutan tanah oleh *dump truck*:

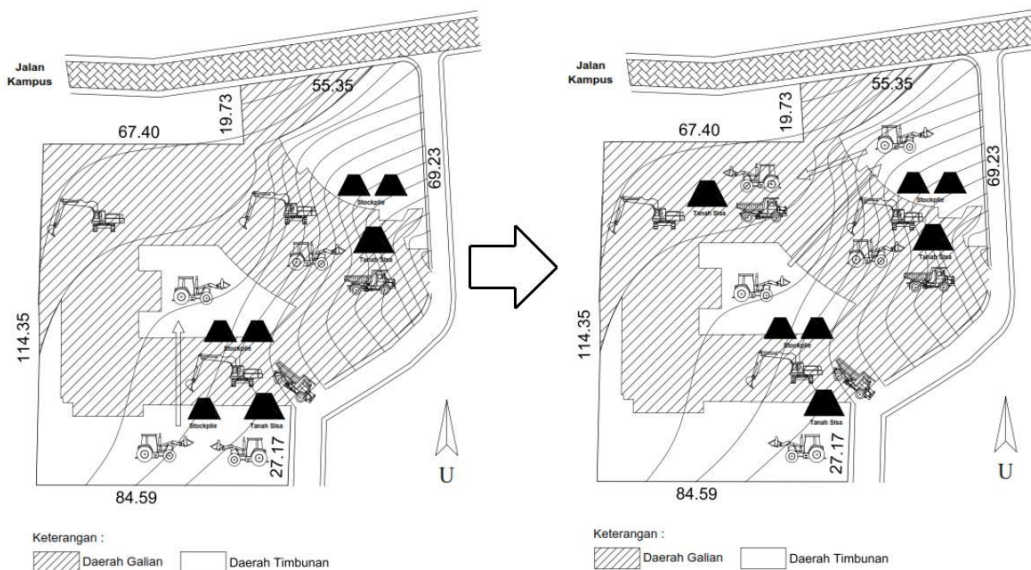
- Waktu kerja *dump truck* = 98 jam
- Biaya sewa alat per jam = Rp 207.300,00 /jam
- Biaya total sewa *dump truck* = Rp 207.300,00 x 98 jam x 14 unit
= Rp 284.415.600,00

Berikut adalah hasil dari perhitungan untuk alternatif 3 yang dapat dilihat pada tabel 5.8.

Tabel 5.8 Hasil Perhitungan Analisis Alternatif 3

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya	Keterangan
<i>Excavator</i>	3	56	Rp. 85.176.000,00	Gali
<i>Wheel loader</i>	1	224	Rp. 96.096.000,00	Timbun
<i>Wheel loader</i>	2	98	Rp. 84.084.000,00	Memuat ke <i>dump truck</i>
<i>Dump truck</i>	14	98	Rp. 284.415.600,00	
Total		476	Rp. 549.771.600,00	

Skema pekerjaan alat berat untuk alternatif 3 dapat dilihat pada Gambar 5.10 dan 5.11.



Gambar 5.10 Skema Alat Berat Pada Alternatif 3

Berikut adalah jumlah tanah yang dapat dipindah dalam satu hari pekerjaan dengan total jam kerja optimal yaitu 7 jam/hari.

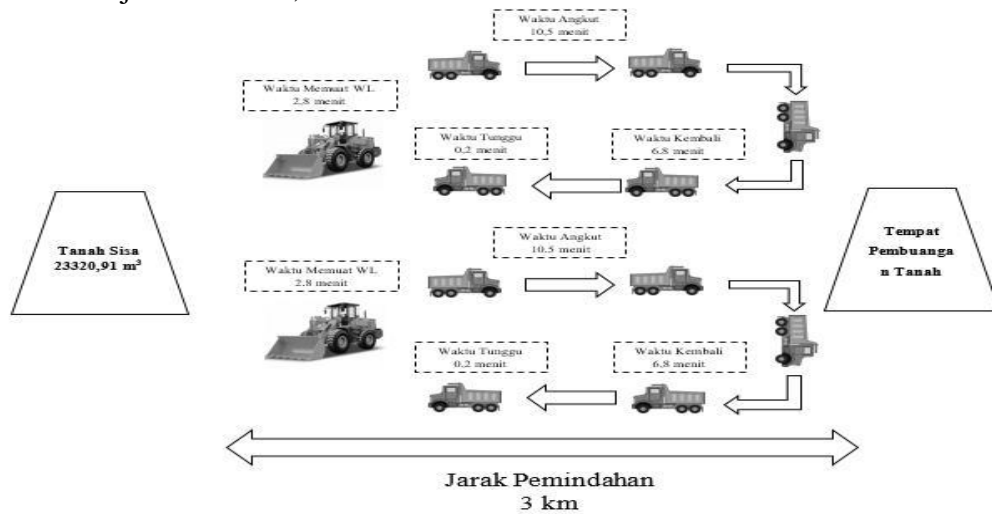
a. Galian

$$\begin{aligned} \text{Jumlah excavator per hari} &= 3 \text{ unit} \\ \text{Produktivitas excavator per jam} &= 232,67 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Produktivitas excavator per hari} &= 232,67 \times 7 \text{ jam} \times 3 \text{ unit} \\ &= 4886,07 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

b. Timbunan

$$\begin{aligned} \text{Jumlah wheel loader per hari} &= 1 \text{ unit} \\ \text{Produktivitas wheel loader per jam} &= 76,15 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Produktivitas wheel loader per hari} &= 76,15 \times 7 \text{ jam} \times 1 \text{ unit} \\ &= 533,04 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

Sehingga tanah yang dipindahkan oleh satu unit *wheel loader* dalam satu hari kerja adalah 533,04 m³/hari.



Gambar 5.9 Circle Time Dump Truck dan wheel loader alternatif 3

Pada Gambar 5.9 menjelaskan tentang circle time antara satu unit wheel loader sebagai pengisi dan empat unit dump truck untuk memindahkan tanah sisa ke quarry dengan jarak 3 kilometer. berikut adalah perhitungan tanah yang dipindahkan dalam satu hari kerja.

d. Pемindahan tanah ke quarry

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Dump Truck per hari} &= 14 \text{ unit} \\ \text{Produktivitas Dump Truck Per jam} &= 16,05 \text{ m}^3/\text{jam} \\ \text{Produktivitas Dump Truck per hari} &= 14 \text{ unit} \times 7 \text{ jam} \times 16,05 \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 1572,9 \text{ m}^3/\text{hari} \end{aligned}$$

5.3 PEMBAHASAN

Setelah dilakukan perhitungan 3 alternatif kombinasi alat berat terhadap kondisi asli dilapangan (*existing*), selanjutnya akan dilakukan perbandingan 3 alternatif tersebut untuk mendapatkan alternatif yang lebih cepat dari segi waktu dan lebih murah dari segi biaya. Perhitungan alat berat yang digunakan dilapangan (*existing*) akan dijadikan sebagai pembandingan terhadap alternatif yang telah dianalisis. Berikut adalah perhitungan perbandingan antara kondisi asli dilapangan (*existing*) dengan 3 alternatif yang sudah dianalisis.

1. Kondisi Asli (*Existing*)

Berdasarkan data dan analisis didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.9 Biaya dan Waktu Alat Berat Kondisi Asli (*Existing*)

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya
<i>Excavator</i>	2,44	286,59	Rp. 246.397.500,00
<i>Wheel loader</i>	1,26	161	Rp. 84.549.500,00
<i>Dump truck</i>	10,26	160,04	Rp. 334.084.500,00
Total		607,63	Rp. 665.031.500,00

Pada kondisi asli dilapangan (*existing*) pekerjaan dapat selesai 100 % dengan waktu 607,63 jam dan memerlukan biaya sebesar Rp. 665.031.500,00. Perhitungan waktu dan biaya pada kondisi asli (*existing*) nantinya akan dijadikan pembandingan dengan alternatif lainnya. Tujuannya untuk mengetahui alternatif mana yang paling efektif dan efisien dari segi waktu dan biaya untuk diterapkan pada proyek Pembangunan Gedung Fakultas Hukum UII.

2. Alternatif 1

Berdasarkan data dan analisis didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.10 Jumlah, Biaya dan Waktu Alat Berat Alternatif 1

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya	Keterangan
<i>Excavator</i>	1	246	Rp. 124.722.000,00	Gali dan memuat
<i>Wheel loader</i>	1	224	Rp. 96.096.000,00	Timbun
<i>Dump truck</i>	7	78	Rp. 113.185.800,00	
Total		548	Rp. 334.003.800,00	

Pada alternatif 1 ini pekerjaan dapat selesai 100 % dengan waktu 548 jam dan memerlukan biaya sebesar Rp. 334.003.800,00. Apabila dibandingkan dengan kondisi asli dilapangan (*existing*) maka akan terjadi kenaikan durasi kerja alat tetapi terjadi penurunan pada biaya.

$$\begin{aligned} \text{Selisih Waktu} &= 548 - 607,63 \\ &= -59,63 \text{ jam} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Selisih Biaya} &= \text{Rp. } 334.003.800,00 - \text{Rp. } 665.031.500,00 \\ &= - \text{Rp. } 331.027.700 \\ &\quad -59,63 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan Waktu} &= \frac{-59,63}{607,6} \times 100\% \\ &= -9,81\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan Biaya} &= \frac{- \text{Rp. } 331.027.700,00}{\text{Rp. } 665.031.500,00} \times 100\% \\ &= 49,77\% \end{aligned}$$

Keterangan

(-) Pekerjaan lebih cepat dan biaya lebih murah

(+) Pekerjaan lebih lambat dan biaya lebih mahal

3. Alternatif 2

Berdasarkan data dan analisis didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 5.11 Jumlah, Biaya dan Waktu Alat Berat Alternatif 2

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya	Keterangan
<i>Excavator</i>	1	168	Rp. 85.176.000,00	Gali
<i>Wheel loader</i>	1	332	Rp. 142.428.000,00	Timbun, memuat
<i>Dump truck</i>	3	196	Rp. 121.892.400,00	
Total		696	Rp. 349.496.400,00	

Pada alternatif ini pekerjaan dapat selesai 100 % dengan waktu 696 jam dan memerlukan biaya sebesar Rp. 349.496.400,00. Apabila dibandingkan dengan kondisi asli dilapangan (*existing*) maka akan terjadi kenaikan durasi kerja alat tetapi terjadi penurunan pada biaya.

Selisih Waktu = 696 – 607,63
= 88 jam

Selisih Biaya = Rp. 349.496.400,00 - Rp. 665.031.500,00

$$= - \text{Rp. } 315.535.100$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan Waktu} &= \frac{88}{607,7} \times 100\% \\ &= 14,48\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Perbandingan Biaya} &= \frac{-\text{Rp.}315.535.100,0}{0} \times 100\% \\ &= - 47,44\% \end{aligned}$$

Keterangan

(-) Pekerjaan lebih cepat dan biaya lebih murah

(+) Pekerjaan lebih lambat dan biaya lebih mahal

1. Alternatif 3

Berdasarkan data dan analisis didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 5.7 Jumlah, Biaya dan Waktu Alat Berat Alternatif 3

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya	Keterangan
<i>Excavator</i>	3	56	Rp. 85.176.000,00	Gali
<i>Wheel loader</i>	1	224	Rp. 96.096.000,00	Timbun
<i>Wheel loader</i>	2	98	Rp. 84.084.000,00	Memuat ke dump truck
<i>Dump truck</i>	14	98	Rp. 284.415.600,00	
TOTAL		476	Rp.549.771.600,00	

Pada alternatif ini pekerjaan dapat selesai 100 % dengan waktu 476 jam dan memerlukan biaya sebesar 549,771,600.00 rupiah. Apabila dibandingkan dengan kondisi asli(existing) maka akan terjadi pengurangan durasi kerja alat tetapi dengan biaya yang relatif lebih kecil dengan kondisi asli (existing) .

$$\text{Selisih waktu} = 476-607,3$$

$$= -127.7 \text{ Jam}$$

$$\text{Selisih Biaya} = \text{Rp.}549.771.600,00-665.031.500,00$$

$$= \text{Rp.}-115.259.900$$

- Perbandingan Waktu = $\frac{-127.7}{607.7} \square 100 \%$

$$= - 21,01 \%$$

- Perbandingan Biaya = $\frac{-115.259.900}{665.031.500} \square 100 \%$

$$= -17.31 \%$$

Keterangan

(-) Pekerjaan lebih cepat dan biaya lebih murah

(+) Pekerjaan lebih lambat dan biaya lebih mahal.

5.3.1 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Alternatif Alat Berat

Dari hasil perhitungan alternatif 1, alternatif 2, alternatif 3 dapat dilihat pada hasil rekapitulasi perbandingan alat berat dari segi biaya dan waktu dalam bentuk persen (%) dapat dilihat pada tabel 5.9 berikut ini:

Tabel 5.9 Hasil Rekapitulasi Perbandingan Alternatif Alat Berat

	<i>Existing</i>	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Biaya		-Rp.331.027.700	-Rp.315.535.100	-Rp.115.259.900
Waktu	0	-59.63	88 jam	- 127,7 jam
Biaya (%)	0	- 49,77%	- 47,44%	- 17,31%
Waktu (%)	0	-9,81%	14,48 %	-21,01 %
Alat	0	1 Ex, 1 Wl, 7 Dt	1 Ex, 2 Wl, 7 Dt	3 Ex,3 Wl,14 Dt

Dari tabel 5.11 dapat dilihat alternatif 3 yang menggunakan 3 unit *excavator* Komatsu PC300-8, 3 unit *wheel loader* Komatsu WA380-3 dan 14 unit *dump truck* Toyota Dyna Rino kapasitas 7 m³, alternatif tersebut memiliki selisih biaya dan selisih waktu paling kecil terhadap kondisi asli dilapangan. Untuk selisih biaya sebesar - Rp. 115.248.100,00 (-17,31 %) dan selisih total waktu kerja selama

- 127,7 jam (-21,01 %). Mengacu pada keterangan perhitungan perbandingan antara kondisi asli dilapangan dengan perhitungan alternatif, apabila didapatkan hasil minus (-) maka pekerjaan lebih cepat dan biaya lebih murah. Sehingga dapat direkomendasikan menggunakan alternatif 3 untuk melaksanakan pekerjaan pemindahan tanah pada proyek pembangunan Gedung Fakultas Hukum UII.

Pada alternatif 3 mempunyai kombinasi menggunakan 3 unit *excavator* Kobelco SK200-8, 2 unit *wheel loader* Komatsu WA380-3 dan 14 unit *dump truck* Toyota Dyna Rino kapasitas 7 m³. Tugas dari 3 unit *excavator* pada alternatif ini adalah untuk menggali tanah sebesar 38.947,21 m³, sedangkan untuk pekerjaan timbunan tanah sebesar 17.027,49 m³ dilakukan oleh 1 unit *wheel loader* dan untuk pemindahan tanah sisa sebesar 21.919,72 m³ ke *quarry* dengan jarak 3 km dilakukan oleh 14 unit *dump truck* dengan bantuan dalam pengangkutan menggunakan 2 unit *wheel loader*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Mengacu pada hasil analisis dan rekapitulasi perbandingan alternatif alat berat, maka dapat disimpulkan:

Kombinasi alat berat yang direkomendasikan untuk pekerjaan galian dan timbunan pada proyek pembangunan Gedung Fakultas Hukum UII yang paling efisien dari segi waktu dan biaya adalah alternatif 3 yang terdiri dari 3 unit *excavator* Komatsu PC300-8, 3 unit *wheel loader* WA380-3 dan 14 unit *dump truck* dengan kapasitas 7 m³. Pekerjaan ini dapat diselesaikan 100 % dengan waktu 488 jam, dengan biaya total yang dibutuhkan Rp 589.783.400,00, dengan menggunakan alternatif 3 ini waktu pekerjaan dapat dipercepat selama 119,63 jam (-19,69 %) dan dapat menghemat biaya sebesar Rp. 75.248.100,00 (-11,31 %) terhadap kondisi asli dilapangan.

6.2 Saran

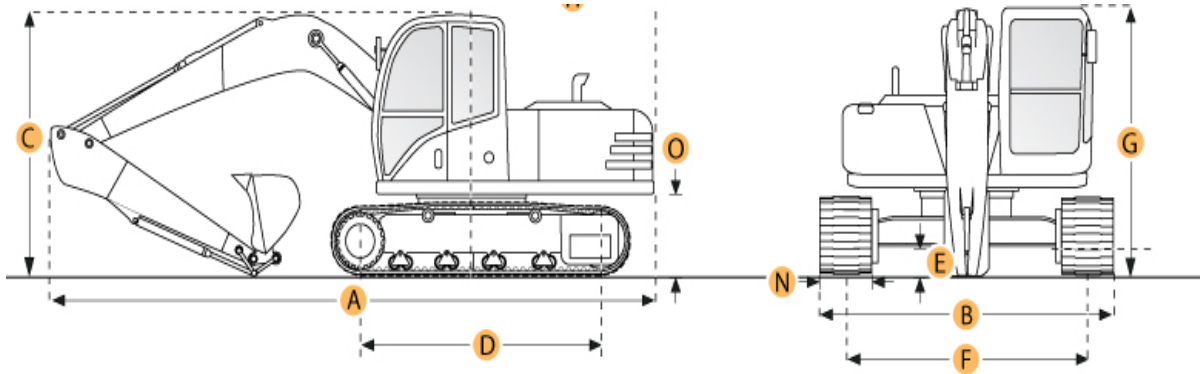
Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dapat memperbanyak alternatif dengan kapasitas produksi yang berbeda dari alat berat, sehingga dapat menghasilkan waktu dan biaya pekerjaan yang efisien, selain itu karena jalur yang dilewati adalah kawasan kampus maka sebaiknya untuk penelitian selanjutnya memperhatikan jalur yang akan dilewati oleh *dump truck* dalam pekerjaan pengangkutan tanah sisa ke *quarry* agar jumlah *dump truck* yang sudah dianalisis dapat melalui jalur tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

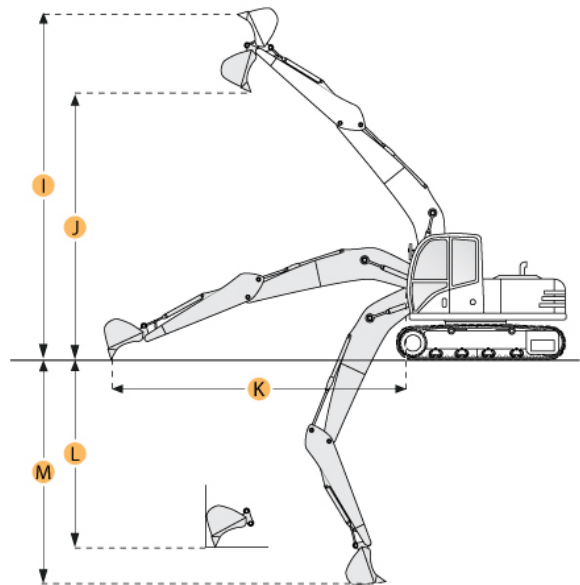
- Indriatma, Bayu dan Prastyanto, Iwan (2005), Analisis Manajemen Alat Berat Pada Pekerjaan Persiapan Proyek Stadion Sleman, Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Kusjadmihakadi, R. Amperawan (1999), Studi Keterlambatan Kontraktor Dalam Melaksanakan Proyek Konstruksi di Daerah Istimewa Yogyakarta, Yogyakarta.
- Rasyid, Muhammad Rusli (2008), Analisis Produktivitas Alat-Alat Berat Proyek, Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Rochmanhadi (1982), *Alat-alat Berat dan Penggunaannya*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Santoso, Rio Bayu (2013), Analisis Manajemen Alat Berat Berdasarkan Nilai Biaya dan Waktu Optimal Produktivitas, Tugas Akhir S1 Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
- Wigroho, Heryanto Yoso Dan Suryadharma, Hendra (1998), *Alat-Alat Berat Revisi*, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Spesifikasi *Excavator Komatsu PC300-8*



Selected Dimensions		
Boom/Stick Option		Boom/Stick Option (HEX) 1 ▾
A. SHIPPING LENGTH OF UNIT	36.7 ft in	11180 mm
C. SHIPPING HEIGHT OF UNIT	11.2 ft in	3410 mm
I. MAX CUTTING HEIGHT	32.7 ft in	9965 mm
J. MAX LOADING HEIGHT	22.6 ft in	6895 mm
K. MAX REACH ALONG GROUND	34 ft in	10350 mm
L. MAX VERTICAL WALL DIGGING DEPTH	19.3 ft in	5880 mm
M. MAX DIGGING DEPTH	22 ft in	6705 mm
Dimensions		
B. WIDTH TO OUTSIDE OF TRACKS	11.3 ft in	3440 mm
D. LENGTH OF TRACK ON GROUND	13.2 ft in	4030 mm
E. GROUND CLEARANCE	1.6 ft in	500 mm
G. HEIGHT TO TOP OF CAB	10.3 ft in	3130 mm
H. TAIL SWING RADIUS	11.3 ft in	3450 mm
Undercarriage		
F. TRACK GAUGE	8.5 ft in	2590 mm
N. SHOE SIZE	33.5 in	850 mm
Specification		
Engine		
NUMBER OF CYLINDERS	6	



Lampiran 2. Spesifikasi *Excavator* Komatsu PC200-8

Specification		
Engine		
NUMBER OF CYLINDERS	6	
MAKE	2238	
MODEL	SAA6D114E-3	
GROSS POWER	260 hp	194 kw
NET POWER	246 hp	184 kw
POWER MEASURED @	1950 rpm	
DISPLACEMENT	505 cu in	8.3 L
ASPIRATION	Turbocharged and aftercooled	
Operational		
OPERATING WEIGHT	78817 lb	35751 kg
FUEL CAPACITY	160 gal	605 L
COOLING SYSTEM FLUID CAPACITY	8 gal	30.3 L
HYDRAULIC SYSTEM FLUID CAPACITY	49.7 gal	188 L
ENGINE OIL CAPACITY	9.2 gal	35 L
SWING DRIVE FLUID CAPACITY	3.5 gal	13.4 L
OPERATING VOLTAGE	24 V	
ALTERNATOR SUPPLIED AMPERAGE	60 amps	
HYDRAULIC SYSTEM RELIEF VALVE PRESSURE	5400 psi	37231.7 kPa
HYDRAULIC PUMP FLOW CAPACITY	141 gal/min	533.7 L/min
Swing Mechanism		
SWING SPEED	9.5 rpm	
SWING TORQUE	82313 lb ft	11384 Nm
Undercarriage		
NUMBER OF SHOES PER SIDE	48	
SHOE SIZE	33.5 in	850 mm
NUMBER OF CARRIER ROLLERS PER SIDE	2	
NUMBER OF TRACK ROLLERS PER SIDE	8	
MAX TRAVEL SPEED	3.4 mph	5.5 km/h
DRAWBAR PULL	59300 lb	264 kN
TRACK GAUGE	8.5 ft in	2590 mm
Buckets		
REFERENCE BUCKET CAPACITY	2.6 yd ³	2 m ³
MINIMUM BUCKET CAPACITY	1.2 yd ³	0.89 m ³
MAXIMUM BUCKET CAPACITY	3.3 yd ³	2.6 m ³
Boom/Stick Option (HEX) 1		
BOOM/STICK OPTION (HEX) 1	2540mm 8'4"	
SHIPPING HEIGHT OF UNIT	11.2 ft in	3410 mm
SHIPPING LENGTH OF UNIT	36.7 ft in	11180 mm
MAX SHIPPING DEPTH	33.8 ft in	10305 mm

MAX DIGGING DEPTH	22 ft in	6705 mm
MAX REACH ALONG GROUND	34 ft in	10350 mm
MAX CUTTING HEIGHT	32.7 ft in	9965 mm
MAX LOADING HEIGHT	22.6 ft in	6895 mm
MAX VERTICAL WALL DIGGING DEPTH	19.3 ft in	5880 mm

Boom/Stick Option (HEX) 2

BOOM/STICK OPTION (HEX) 2	3185mm 10'5"	
SHIPPING HEIGHT OF UNIT	10.8 ft in	3280 mm
SHIPPING LENGTH OF UNIT	36.5 ft in	11140 mm
MAX DIGGING DEPTH	24.3 ft in	7380 mm
MAX REACH ALONG GROUND	35.8 ft in	10920 mm
MAX CUTTING HEIGHT	33.5 ft in	10210 mm
MAX LOADING HEIGHT	23.3 ft in	7110 mm
MAX VERTICAL WALL DIGGING DEPTH	21.3 ft in	6480 mm

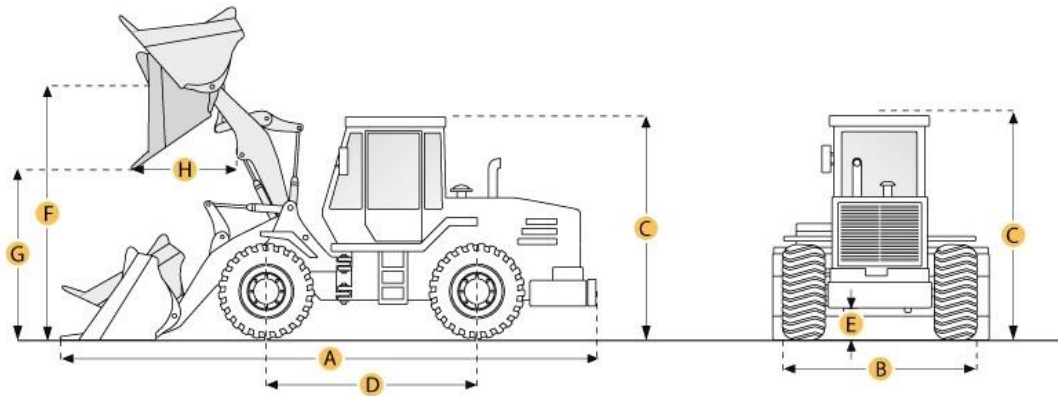
Boom/Stick Option (HEX) 3

BOOM/STICK OPTION (HEX) 3	4020mm 13'2"	
SHIPPING HEIGHT OF UNIT	12.3 ft in	3760 mm
SHIPPING LENGTH OF UNIT	36.6 ft in	11170 mm
MAX DIGGING DEPTH	26.8 ft in	8180 mm
MAX REACH ALONG GROUND	38.5 ft in	11730 mm
MAX CUTTING HEIGHT	34.6 ft in	10550 mm
MAX LOADING HEIGHT	24.6 ft in	7490 mm
MAX VERTICAL WALL DIGGING DEPTH	23.9 ft in	7280 mm

Dimensions

WIDTH TO OUTSIDE OF TRACKS	11.3 ft in	3440 mm
HEIGHT TO TOP OF CAB	10.3 ft in	3130 mm
GROUND CLEARANCE	1.6 ft in	500 mm
REMOVAL COUNTERWEIGHT CLEARANCE	3.9 ft in	1185 mm
TAIL SWING RADIUS	11.3 ft in	3450 mm
LENGTH OF TRACK ON GROUND	13.2 ft in	4030 mm

Lampiran 3. Spesifikasi *Wheel Loader* Komatsu WA380-3



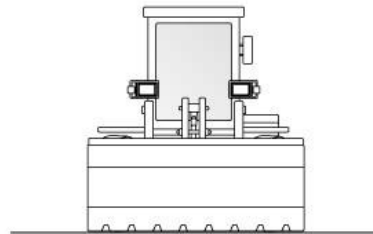
Selected Dimensions

Bucket

G. DUMP CLEARANCE AT MAX RAISE	9.6 ft in	2925 mm
--------------------------------	-----------	---------

Dimensions

A. LENGTH WITH BUCKET ON GROUND	26.1 ft in	7965 mm
B. WIDTH OVER TIRES	8.8 ft in	2695 mm
C. HEIGHT TO TOP OF CAB	10.9 ft in	3315 mm
D. WHEELBASE	10.5 ft in	3200 mm
E. GROUND CLEARANCE	1.3 ft in	390 mm
F. HINGE PIN - MAX HEIGHT	13.2 ft in	4030 mm
H. REACH AT MAX LIFT AND DUMP	3.8 ft in	1170 mm



Specification

Engine

MAKE	Komatsu	
MODEL	S6D108	
GROSS POWER	187.7 hp	140 kw
DISPLACEMENT	436.3 cu in	7.2 L

Operational

OPERATING WEIGHT	35902.3 lb	16285 kg
FUEL CAPACITY	75.8 gal	287 L
STATIC TIPPING WEIGHT	27513.7 lb	12480 kg
TURNING RADIUS	21.1 ft in	6430 mm
TIRE SIZE	20.5-25-16PR	

Transmission

NUMBER OF FORWARD GEARS	4	
NUMBER OF REVERSE GEARS	4	
MAX SPEED - FORWARD	19.6 mph	31.5 km/h
MAX SPEED - REVERSE	20.2 mph	32.5 km/h

Bucket

BREAKOUT FORCE	33300 lb	148.1 kN
DUMP CLEARANCE AT MAX RAISE	9.6 ft in	2925 mm
BUCKET WIDTH	9.5 ft in	2905 mm
BUCKET CAPACITY - HEAPED	4.2 yd ³	3.2 m ³
BUCKET CAPACITY - STRUCK	3.5 yd ³	2.7 m ³

Dimensions

LENGTH WITH BUCKET ON GROUND	26.1 ft in	7965 mm
WIDTH OVER TIRES	8.8 ft in	2695 mm
HEIGHT TO TOP OF CAB	10.9 ft in	3315 mm
GROUND CLEARANCE	1.3 ft in	390 mm
WHEELBASE	10.5 ft in	3200 mm
HINGE PIN - MAX HEIGHT	13.2 ft in	4030 mm
REACH AT MAX LIFT AND DUMP	3.8 ft in	1170 mm

Lampiran 4. Daftar Harga Sewa Alat Berat

HEAVY EQUIPMENT PRICE LIST						
NO	JENIS BARANG / PERALATAN		KAPASITAS	TAHUN PEMBUATAN	KONDISI	HARGA
	Nama Barang	Merk				
1	2	3	4	5	6	PEK JAWA
BULLDOZER						
1	BD 2 G	KOMATSU	6 ton	2003	Baik	Rp 130,000.00
2	BD 2 H	KOMATSU	6 ton	2003	Baik	Rp 130,000.00
3	BD 2 J	KOMATSU	6 ton	2003	Baik	Rp 130,000.00
4	D 31 P - 20	KOMATSU	8 ton	2003	Baik	Rp 145,000.00
5	D 31 P - 21	KOMATSU	8 ton	2003	Baik	Rp 145,000.00
6	D 31 P - 18	KOMATSU	8 ton	2003	Baik	Rp 145,000.00
7	D 40 P	KOMATSU	10 ton	1996	Baik	Rp 150,000.00
8	D 50 P	KOMATSU	15 ton	1996	Baik	Rp 175,000.00
9	D 53 P	KOMATSU	15 ton	2000	Baik	Rp 175,000.00
10	D 5 G	CATERPILLAR	15 ton	2007	Baik	Rp 175,000.00
11	D 61	KOMATSU	16 ton	2012	Baik	Rp 250,000.00
12	D 65 PX	KOMATSU	18 ton	2008	Baik	Rp 250,000.00
13	BDZ SD 13	SHANTUI	14 ton	2010	Baik	Rp 200,000.00
14	BDZ SD 16	SHANTUI	17 ton	2010	Baik	Rp 250,000.00
WHEEL LOADER						
1	Wheel Loader 966	CATERPILLAR	5 m ³	2012	Baik	Rp 300,000.00
2	Wheel Loader WA 380-3	CATERPILLAR - Komatsu	3 m ³	2012	Baik	Rp 200,000.00
VIBRO COMPACTOR						
1	Vibro Compactor	BOMAG	7 ton	1995	Baik	Rp 175,000.00
2	Vibro Compactor	SAKAI	6 ton	1995	Baik	Rp 175,000.00
3	Vibro Compactor	SW 350	3.5 ton	1995	Baik	Rp 175,000.00
4	Vibro Compactor	BOMAG	10-12 ton	2009	Baik	Rp 175,000.00
5	Vibro Compactor	VOLVO	10-12 ton	2009	Baik	Rp 175,000.00
6	Vibro Compactor	HAMM	10-12 ton	2010	Baik	Rp 175,000.00
7	Vibro Compactor	DYNAPAC	15 ton	2013	Baik	Rp 175,000.00
EXCAVATOR						
1	Excavator PC 50	KOMATSU	5 ton	2011	Baik	Rp 125,000.00
2	Excavator PC 75	KOMATSU	7.5 ton	2011	Baik	Rp 135,000.00
3	Excavator PC 100	KOMATSU	10 ton	1998	Baik	Rp 135,000.00
4	Excavator PC 200	KOMATSU	20 ton	1997	Baik	Rp 175,000.00
5	Excavator PC 200 - 6	KOMATSU	20 ton	2009	Baik	Rp 175,000.00
6	Excavator PC 200 - 7	KOMATSU	20 ton	2009	Baik	Rp 175,000.00
7	Excavator PC 200 - 8	KOMATSU	20 ton	2012	Baik	Rp 175,000.00
8	Excavator SE 210 - 1	SAMSUNG	20 ton	1995	Baik	Rp 175,000.00

6500 industri

