



TUGAS AKHIR (RC18 – 4803)

PERENCANAAN PEMAKAIAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN
TANAH PROYEK PENINGKATAN JALAN DERSONO-KALAK
KABUPATEN PACITAN

AHMAD SAHID SUDARGO

NRP 0311154000135

DOSEN PEMBIMBING :

Supani, ST., MT.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK SIPIL, PERENCANAAN DAN KEBUMIHAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2020



BACHELOR THESIS (RC18 – 4803)

PLANNING USE OF HEAVY EQUIPMENT ON LAND WORK
PROJECT IMPROVEMENT DERSONO-KALAK ROAD PACITAN

AHMAD SAHID SUDARGO

NRP 03111540000135

SUPERVISOR :

Supani, ST., MT.

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING, PLANNING AND EARTH

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

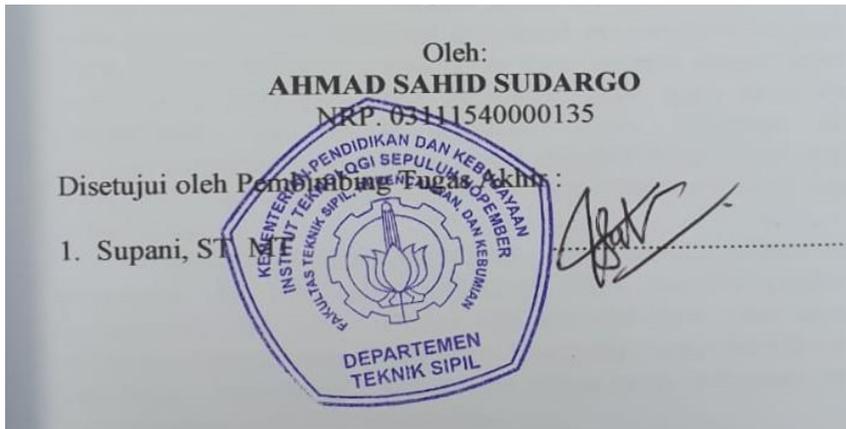
2020

LEMBAR PENGESAHAN

PERENCANAAN PEMAKAIAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN TANAH PROYEK PENINGKATAN JALAN DERSONO-KALAK KABUPATEN PACITAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumihan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember



SURABAYA
JANUARI, 2020

**PERENCANAAN PEMAKAIAN ALAT BERAT PADA
PEKERJAAN TANAH PROYEK PENINGKATAN JALAN
DERSONO-KALAK KABUPATEN PACITAN**

Nama Mahasiswa : Ahmad Sahid Sudargo
NRP : 03111540000135
Dosen Pembimbing : Supani, ST., MT

ABSTRAK

Proyek Peningkatan Jalan Dersono-Kalak Kabupaten Pacitan merupakan salah satu dari proyek Pemerintah Kabupaten Pacitan. Jalan tersebut merupakan akses menuju tempat wisata, yaitu pantai dan goa. Pekerjaan di wilayah ini membutuhkan alat berat, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah. Alat berat yang akan digunakan dalam tugas akhir ini berhubungan erat dengan pekerjaan tanah. Pekerjaan ini merupakan hal yang sangat penting dan membutuhkan banyak alat berat, antara lain *Excavator*, *Motor Grader*, *Vibration Roller*, dan *Dump Truck*.

Tujuan penelitian ini adalah merencanakan kebutuhan pemakaian alat berat pada pekerjaan tanah, meliputi analisis produktivitas alat berat, jumlah dan tipe alat berat yang akan digunakan, biaya yang dibutuhkan, dan penjadwalan pemakaian alat berat. Perhitungan waktu dan biaya pada pekerjaan ini menggunakan analisis produktivitas.

Hasil analisis menunjukkan bahwa kebutuhan dari peralatan yang optimal adalah 1 unit *Vibration Roller* tipe BW 145D-3; 5 unit *Dump Truck* 10 ton; 1 unit *Motor Grader* tipe GD 200-A1; 1 unit *Excavator* tipe PC - 300. Besarnya biaya sewa penggunaan alat pada proyek tersebut adalah Rp536.496.320,00 dengan total waktu penyelesaian selama 42 hari kerja.

Kata kunci : *Alat berat, Biaya, Pekerjaan Tanah, Produktivitas*

LEMBAR SENGAJA DIKOSONGKAN

**PLANNING USE OF HEAVY EQUIPMENT ON
LAND WORK PROJECT IMPROVEMENT DERSONO-
KALAK ROAD PACITAN REGENCY**

Student Name: Ahmad Sahid Sudargo

NRP: 0311154000135

Instructor: Supani, ST., MT

Abstract

The Dersono-Kalak Road Improvement project is one of the government projects in Pacitan. This road is an access to tourist attractions, those are beach and cave. Road improvement project in this area require heavy equipment, so the expected results can be achieved more easily. Heavy equipment that will be used in this thesis is closely related to earthwork project. This project is very important and requires a lot of heavy equipment; e.g., Excavator, Motor Grader, Vibration Roller, and Dump Truck.

The purpose of this research is to plan the needs of the use of heavy equipment in earthwork project, including analysis of heavy equipment productivity, number and type of heavy equipment to be used, cost required, and scheduling of heavy equipment usage. The calculation of time and costs for this project uses productivity analysis.

The result of the analysis shows that the need for optimal equipment is 1 unit of Vibration Roller type BW 145D-3; 5 units of Dump Truck 10 ton; 1 unit of GD Motor Grader 200-A1; 1 Excavator unit of PC type-300. The amount of heavy equipment rental costs for the project is Rp536.496.320,00 with a total completion time of 42 working days.

Key words: heavy equipment, cost, earthwork, productivity

LEMBAR SENGAJA DIKOSONGKAN

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT atas Rahmat, Karunia serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “PERENCANAAN PEMAKAIAN ALAT BERAT PADA PEKERJAAN TANAH PROYEK PENINGKATAN JALAN DERSONO-KALAK KABUPATEN PACITAN”

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya mengucapkan banyak terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, akal fikiran, umur dan semua ridho-Nya yang membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Orang Tua dan Keluarga yang telah memberi dorongan baik moril maupun materil yang tak terhingga, sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Supani ST., MT. selaku dosen pembimbing dan selaku dosen wali yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Seluruh dosen pengajar dan staf pegawai Departemen Teknik Sipil
5. Teman-teman mahasiswa Teknik Sipil FTSLK-ITS, terima kasih atas segala ilmu yang telah diberikan.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan demi kesempurnaan Tugas Akhir ini. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya bagi penulis.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Manfaat Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Tinjauan Umum.....	5
2.2 Alat Berat pada Pekerjaan Tanah	5
2.2.1. Excavator.....	5
2.2.2. Motor Grader.....	8
2.2.3 Vibration Roller.....	9
2.2.4 Dump Truck	11
2.3 Taksiran Faktor Koreksi Produksi	14
2.4. Sifat Fisik Material Tanah	17
2.4.1. Perubahan Kondisi Material	17
2.4.2. Berat Material.....	22
2.4.3. Bentuk Material.....	22
2.4.4. Kohevisitas (Daya Ikat) Material	23
2.4.5 Kekerasan Material.....	23
BAB III METODOLOGI	25
3.1 Uraian umum	25
3.2 Tahapan Penelitian.....	25
3.3 Pengumpulan Data.....	25

3.4	Penentuan Jenis, Tipe, dan Jumlah Unit Alat Berat	27
3.5	Metode Pelaksanaan Proyek.....	27
3.6	Menghitung Produktivitas Alat Berat.....	28
3.7	Menghitung Total Biaya Operasional Alat Berat.	29
3.8	Membuat Penjadwalan Alat Berat.....	31

BAB IV PERENCANAAN PEMAKAIAN ALAT

BERAT	33	
4.1	Umum.....	33
4.2	Gambaran Umum Proyek.....	33
4.3	Data Teknis Proyek	34
4.3.1	Data Proyek.....	34
4.3.2	Pihak – Pihak yang Terkait	34
4.4	Perhitungan Produktivitas Peralatan	34
4.4.1	Excavator	34
4.4.2	Dump Truck	38
4.4.3	Motor Grader.....	45
4.4.4.	Vibration Roller	48
4.5	Perhitungan Jumlah dan Pemilihan Alat Berat....	50
4.5.1	Pekerjaan Penggalian Tanah	50
4.5.2	Pekerjaan Pemindahan Tanah	53
4.5.3	Pekerjaan Penimbunan dan Perataan Tanah .	59
4.5.4	Pekerjaan Pemasatan Tanah (Compacting) ..	62
4.6.1	Biaya Operasi Alat.....	65
4.6.2	Total Biaya Sewa Alat Berat yang dipakai ...	66
4.7	Penjadwalan.....	68
4.7.2	Penjadwalan Proyek.....	68
4.7.2	Durasi Pekerjaan	70
4.8	Perbandingan Data Existing dengan Hasil Analisa Perhitungan.....	71

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	73
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran	74
DAFTAR PUSTAKA	75
LAMPIRAN.....	77

LEMBAR SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Excavator.....	6
Gambar 2. 2 Motor Grader.....	9
Gambar 2. 3 Vibration Roller.....	11
Gambar 2. 4 Dump Truck.....	14
Gambar 2. 5 Keadaan Material dalam Bumi.....	18
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	26
Gambar 4.1 Hubungan Biaya dan Idle Time.....	59

\

LEMBAR SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Bucker Factor (BF) Excavator	7
Tabel 2. 2 Faktor Waktu Gali Excavator.....	8
Tabel 2. 3 Faktor Waktu Putar <i>Excavator</i>	8
Tabel 2. 4 Efisiensi Waktu (Ft)	15
Tabel 2. 5 Faktor Efisiensi Kerja (E)	16
Tabel 2. 6 Nilai Efisiensi Operator.....	16
Tabel 2. 7 Swelling Factor	19
Tabel 2.8 Faktor Konversi Volume Tanah.....	21
Tabel 4.1 Bucket Factor	35
Tabel 4.2 Standart Cycle Time Excavator.....	36
Tabel 4.3 Kedalaman dan Kondisi Penggalian Excavator .	36
Tabel 4.4 Faktor Efisiensi Kerja.....	36
Tabel 4.5 Faktor Efisiensi Waktu.....	37
Tabel 4.6 Faktor Efisiensi Operator	37
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Produktivitas Model Lain	38
Tabel 4.8 waktu dumping dan persiapan loading.....	41
Tabel 4.9 Kombinasi dump truck dan excavator.....	42
Tabel 4.9 Kombinasi dump truck dan excavator.....	43
Tabel 4.9 Kombinasi dump truck dan excavator.....	44
Tabel 4.10 Perhitungan produktivitas motor grader pekerjaan urugan	47
Tabel 4.11 Perhitungan produktivitas Compactor pekerjaan pematatan.....	49
Tabel 4.12 Kombinasi Dump Truck dengan Excavator	55
Tabel 4.13 Rincian Biaya Dump Truck 10T dan Excavator PC 100	56
Tabel 4.14 Rincian Biaya Dump Truck 10T dan Excavator PC 200	56

Tabel 4.15 Rincian Biaya Dump Truck 10T dan Excavator PC 300.....	57
Tabel 4.16 Rincian Biaya Dump Truck 18T dan Excavator PC 100.....	57
Tabel 4.17 Rincian Biaya Dump Truck 18T dan Excavator PC 200.....	58
Tabel 4.18 Rincian Biaya Dump Truck 18T dan Excavator PC 300.....	58
Tabel 4.19 Perhitungan jumlah kebutuhan Motor Grader tipe lain.....	61
Tabel 4.20 Perhitungan Jumlah Kebutuhan Vibro Roller Tipe Lain.....	64
Tabel 4.21 Rekapitulasi Biaya Sewa Alat.....	67
Tabel 4.22 Penjadwalan Proyek dengan Ms Project.....	69
Tabel 4.23 perbandingan data existing dan analisa.....	71

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kabupaten Pacitan merupakan salah satu tujuan wisata yang mempunyai banyak pantai dan goa. Kekayaan alam inilah yang sengaja dimanfaatkan Pemerintah Pacitan untuk memaksimalkan pendapatan asli daerah melalui sektor pariwisata. Untuk menunjang potensi di bidang pariwisata ini, maka perlu didukung dengan sarana dan prasarana yang memadai. Mengingat banyaknya wisatawan yang berdatangan maka untuk mengatasi kemacetan dan menghindari kecelakaan menuju beberapa tempat wisata maka harus diimbangi dengan pembangunan jalan baru dan peningkatan jalan. Dari kondisi tersebut Pemerintah Pacitan melalui Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (PUPR) menargetkan pembangunan infrastruktur jalan menuju beberapa obyek wisata. Infrastruktur jalan yang akan dikerjakan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Kabupaten Pacitan ruas jalan Dadapan-Watu karung-Dersono merupakan jalan menuju obyek wisata.

Pekerjaan tanah merupakan salah satu bagian yang sangat penting dalam membangun jalan. Pekerjaan tanah meliputi penggalian tanah permukaan, pemindahan, timbunan, perataan dan pemadatan tanah. Pekerjaan ini pada umumnya dibantu dengan alat berat. Penggunaan alat berat pada pekerjaan tanah merupakan peranan penting dalam hal kecepatan dan percepatan dalam proyek konstruksi.

Nilai efektivitas dari suatu penggunaan alat berat dapat dinilai dari besarnya produktivitas alat tersebut yang dimana pemakaian alat berat pada pekerjaan tanah proyek peningkatan jalan Dersono – Kalak Kabupaten Pacitan mengeluarkan biaya sebesar Rp. 666.864.640,00. Dengan demikian perencanaan pemakaian alat berat harus dilakukan dengan teliti dan akurat agar

efektivitas penggunaan alat berat menjadi optimal dengan biaya yang minimal dan sesuai target waktu pelaksanaan pekerjaan tersebut. Tugas akhir ini dimaksudkan untuk merencanakan ulang kebutuhan pemakaian alat berat pada pekerjaan tanah di proyek peningkatan jalan Dersono – Kalak Kabupaten Pacitan sehingga dapat mengurangi biaya pemakaian alat dan waktu pekerjaan sesuai target pelaksanaan.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana penentuan jenis, tipe, dan jumlah unit alat berat ?
- b. Bagaimana kombinasi dan jumlah jam kerja pemakaian alat berat?
- c. Bagaimana biaya dan penjadwalan pemakaian alat berat ?

1.3 Maksud dan Tujuan

- a. Menentukan alat apa saja dan jumlah alat berat yang dibutuhkan di dalam proyek.
- b. Mengetahui kombinasi dan jumlah jam kerja setiap alat berat.
- c. Mengetahui biaya dan membuat penjadwalan pemakaian alat berat.

1.4 Batasan Masalah

- a. Lingkup bahasan hanya pada pekerjaan tanah di proyek peningkatan jalan Dersono-Kalak Kabupaten Pacitan.
- b. Pekerjaan tanah meliputi galian material, pemindahan material, timbunan material, perataan dan pemadatan tanah.
- c. Tidak memperhitungkan kenaikan harga.

- d. Standart harga sewa alat untuk tiap-tiap pekerjaan berdasarkan pada harga rata-rata ekisting lapangan.
- e. Seluruh alat dapat beroperasi 100% tanpa adanya perbaikan (Maintenance)

1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah :

- a. Mengetahui proses pekerjaan tanah dan pemakaian alat berat yang efektif dan efisien.
- b. Dapat merencanakan penjadwalan bedasarkan produktivitas alat berat.
- c. Dapat mengestimasi biaya penggunaan alat berat menjadi lebih optimal.

LEMBAR SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Umum

Alat berat merupakan faktor penting dalam proyek, tujuan penggunaan alat-alat berat tersebut untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan mudah pada waktu yang relatif lebih singkat (**Fatena 2008**). Pemilihan alat berat yang akan dipakai merupakan salah satu faktor penting dalam keberhasilan suatu proyek. Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat maka akan terjadi keterlambatan di dalam pelaksanaan, biaya proyek yang membengkak, dan hasil yang tidak sesuai dengan rencana. Sehingga dalam pemilihan alat berat harus memperhatikan klasifikasi alat yang digunakan sesuai dengan kebutuhan dan metode pelaksanaan dalam proyek.

2.2 Alat Berat pada Pekerjaan Tanah

Dalam pekerjaan tanah terdapat beberapa alat berat misalnya : excavator untuk pekerjaan galian, dan lain-lain. Setiap alat berat mempunyai fungsi kerja dan perhitungan produktivitas yang berbeda.

2.2.1. Excavator

Di dalam pekerjaan proyek excavator sering digunakan pada pekerjaan penggalian di bawah permukaan serta untuk penggalian material keras. Dengan menggunakan excavator maka akan didapatkan hasil galian yang rata. Pemilihan kapasitas bucket excavator harus sesuai dengan pekerjaan yang akan dilakukan, Alat berat tersebut bisa dilihat pada **Gambar 2.1** dan ada *bucket factor* yang dijelaskan pada **Tabel 2.1** Untuk memperoleh nilai

produktivitas ditentukan dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan 2-1:

$$TP = \frac{q}{C_m} \text{ m}^3 / \text{Jam} \dots \dots \dots (2-1)$$

Keterangan :

TP = Taksiran produksi (m³/jam)

q = KB x BF x E

KB = Kapasitas bucket

BF = Bucket faktor

E = Faktor efisiensi kerja

C_m = Waktu siklus (menit)

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



Gambar 2. 1 Excavator

Sumber : cat.com/id_ID

Tabel 2. 1 Bucker Factor (BF) Excavator

Ringan	Menggali dan memuat atau material yang telah dikeruk oleh excavator lain, yang tidak membutuhkan gaya gali dan dapat dibuat munjung dalam bucket	1,00 – 0,00
Sedang	Menggali dan memuat stockpile lepas dari tanah yang lebih sulit untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hampir munjung. Pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran Pasir tanah liat, tanah liat gravel yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat gravel langsung dari bukit gravel asli	0,80 – 0,60
Agak sulit	Menggali dan memuat batu-batu pecah, tanah liat yang keras, pasir campur kerikil, tanah kadar air tinggi yang telah di stockpile oleh, excavator lain. Sulit untuk mengisi bucket berpasir, tanah koloidal liat, tanah liat dengan dengan material tersebut.	0,60 – 0,50
Sulit	Bongkahan, batuan besar dengan bentuk tak teratur dengan ruangan diantaranya batuan hasil ledakan, batuan bundar, pasir campur tanah liat, tanah liat yang sulit untuk dikeruk dengan bucket.	0,50 – 0,40

Sumber : Rochmanhadi, 1995

Tabel 2. 2 Faktor Waktu Gali Excavator

Kedalaman Galian	Faktor Gali Excavator			
	Ringan	Sedang	Agak Sulit	Sulit
	(detik)	(detik)	(detik)	(detik)
0m – 2m	7	9	15	26
2m – 4m	8	11	17	28
4m - lebih	9	13	19	30

Sumber : Rochmanhadi, 1995

Tabel 2. 3 Faktor Waktu Putar Excavator

Sudut Putar	Waktu Putar
45 90	4 – 7
90 180	5 – 8

Sumber : Rochmanhadi, 1995

2.2.2. Motor Grader

Motor grader digunakan untuk mengupas, memotong, meratakan suatu pekerjaan tanah, terutama pada tahap *finishing* agar diperoleh hasil pekerjaan dengan kerataan dan ketelitian yang optimal, disamping itu untuk membentuk permukaan yang di kehendaki (Tenrisukki 2003). Alat berat ini mempunyai *blade* dan *grader* yang bisa dapat diatur sedemikian rupa, alat berat bisa dilihat pada **Gambar 2.2**. Untuk memperoleh nilai produktivitas ditentukan dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan 2-2:

$$\text{-----} \text{ m}^3 / \text{Jam} (2-2)$$

Keterangan :

TP	= Taksiran produksi (m ³ /jam)
W	= Lebar efektif (m)
V	= Kecepatan rata-rata (m/menit)
L	= Tebal lapisan (m)
E	= Efisiensi
N	= Jumlah passing yang diperlukan



Gambar 2. 2 Motor Grader

Sumber : komatsu.com.au

2.2.3 Vibration Roller

Jenis lain dari *tandem roller* adalah *Vibration Roller* (penggilas getar). *Vibration Roller* mempunyai efisiensi pemadatan yang sangat baik. Alat ini memungkinkan digunakan secara luas dalam tiap jenis pekerjaan pemadatan. Efek yang diakibatkan oleh *Vibration Roller* adalah gaya dinamis terhadap tanah. Butir-butir tanah cenderung mengisi bagian-bagian kosong yang terdapat di antara butir-butirnya. Sehingga akibat getaran ini tanah menjadi padat dengan susunan yang lebih kompak (Tenrisukki 2003)

Dalam proses pemadatan yang dilakukan dengan menggunakan vibrating roller, perlu diperhatikan faktor - faktor



Gambar 2. 3 Vibration Roller

Sumber : cat.com/id_ID

2.2.4 Dump Truck

Dump Truck adalah suatu alat yang digunakan untuk memindahkan material pada jarak menengah sampai jarak jauh (500 meter atau lebih). Muatannya diisikan oleh alat pemuat, sedangkan untuk membongkar muatannya, alat ini dapat bekerja sendiri (**Tenrisukki, 2003**). Ditinjau dari besar muatannya, *Dump Truck* dapat dikelompokkan ke dalam 2 (dua) golongan, yaitu:

1. *On High Way Dump Truck*, muatannya lebih kecil dari 20 m³.
2. *Off High Way Dump Truck*, muatannya lebih besar 20 m³.

Kebutuhan jumlah Dump truck dapat dihitung dengan cara seperti pada persamaan 2-4 :

$$\text{Jumlah dump truck} = \text{—————} \dots\dots\dots (2-4)$$

Sedangkan taksiran Dump truck dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan 2-5 (**Tenrisukki, 2003**) :

$$\begin{aligned}
 TP &= \frac{C}{PL} \\
 &= \frac{C}{PL \cdot FK} \\
 &= \frac{C}{PL \cdot FK} \dots \dots \dots (2-5)
 \end{aligned}$$

Keterangan :

- TP = Taksiran produksi (m³/jam)
 C = Kapasitas vessel Lcm atau ton, bila menggunakan pay load
 PL = ton harus dikalikan berat jenis material BD = ton/m³
 FK = Faktor koreksi, dipengaruhi oleh:
 machine availability
 skill operator
 efisiensi waktu
 CT = *Cycle time per rit* dari *Dump Truck*
 n = Jumlah rit pemuatan/loading truck
 ct = *Cycle time per rit shovel*
 J = Jarak angkut *Dump Truck*
 v1 = Kecepatan angkut
 v2 = Kecepatan kembali
 t1 = Waktu dumping
 t2 = Waktu atur posisi muat

Untuk memperoleh nilai dari kapasitas vessel (C) dalam satuan m³, bisa dilakukan dengan melihat pada leaflet atau data spesifikasi masing-masing tipe alat atau ditentukan dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan 2-6 (**Tenrisukki, 2003**):

$$C = n \times KB \times BF \dots\dots\dots (2-6)$$

Keterangan :

C = Kapasitas vessel
 KB = Kapasitas bucket shovel
 BF = Bucket factor

Sedangkan nilai n ditentukan dengan rumus seperti pada persamaan 2-7 (**Tenrisukki, 2003**):

$$n = \text{————} \dots\dots\dots (2-7)$$

Keterangan :

C = Kapasitas vessel
 KB = Kapasitas bucket shovel
 BF = Bucket factor

Sedangkan nilai n Cycle Time (CT) dalam satuan menit dapat dihitung dengan menggunakan rumus seperti pada persamaan 2-8 (**Tenrisukki, 2003**) :

$$\dots\dots\dots (2-8)$$

Keterangan :

LT = Loading Time = (n x ct) (menit)
 HT = Hauling Time = J/ v1 (menit)
 RT = Returning Time = J/ v2 (menit)
 t1 = Waktu dumping (menit)
 t2 = Waktu atur posisi (menit)

Penumpahan muatan (dumping) dilakukan dengan cara hidrolis yang menyebabkan bak terangkat pada satu sisi, sedang sisi lain yang berhadapan berputar sebagai engsel. Dengan membedakan arah muatan ditumpahkan Dump truck dibedakan dalam 3 macam yaitu :

1. *Rear Dump Truck* yang membuang muatan ke belakang
2. *Side Dump Truck* yang membuang muatan ke samping
3. *Botom Dump Truck* yang membuang muatan melalui bawah bak

Pemilihan tergantung dari tempat kerja, artinya dari keadaan dan letak tempat pembuangan tergantung material (dump site). Alat bisa dilihat pada **Gambar 2.4**.



Gambar 2. 4 Dump Truck
sumber : Dokumentasi Penulis

2.3 Taksiran Faktor Koreksi Produksi

Menurut Tenrisukki (2003), dalam pelaksanaan proyek konstruksi yang menggunakan alat alat besar produktivitas alat mutlak perlu diketahui untuk beberapa keperluan, seperti:

1. Penentuan jumlah alat yang dibutuhkan
2. Perhitungan biaya produksi
3. Taksiran waktu yang diperlukan

Faktor koreksi untuk mengetahui nilai produktivitas alat berat di lapangan antara lain adalah:

1. Faktor Efisiensi Waktu

Efisiensi waktu merupakan salah satu faktor yang harus diperhitungkan dalam penentuan taksiran produksi alat yang digunakan yang dinilai berdasarkan kondisi pekerjaan seperti ditampilkan pada **Tabel 2.4**.

Tabel 2. 4 Efisiensi Waktu (Ft)

Efisiensi Waktu	Faktor
Ideal	1,00
Baik	0,85
Sedang	0,75
Kurang	0,60

Sumber : Komatsu LTD, 1998

2. Faktor Efisiensi Kerja

Sebagaimana efisiensi waktu, efisiensi kerja pun harus diperhitungkan untuk menentukan taksiran produksi memperhatikan keadaan medan dan keadaan Efisien kerja tergantung pada banyak faktor, seperti: topografi, keahlian operator, pemilihan standar pemeliharaan, dan sebagainya yang menyangkut operasi alat. Nilai efisiensi kerja ditunjukkan pada **Tabel 2.5**.

Tabel 2. 5 Faktor Efisiensi Kerja (E)

Kondisi Operasi Alat	Pemeliharaan Alat				
	Baik sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk sekali
Baik sekali	0.83	0.81	0.76	0.7	0.63
Baik sekali	0.78	0.75	0.71	0.65	0.5
Sedang	0.72	0.69	0.65	0.6	0.54
Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52	0.45
Buruk sekali	0.52	0.5	0.47	0.42	0.32

Sumber : Komatsu LTD, 1998

3. Faktor Efisiensi Operator

Sebagaimana efisiensi waktu dan efisiensi kerja, efisiensi operator mutlak mutlak harus diperhitungkan dalam penentuan taksiran produksi alat. Nilai efisiensi disini sangat dipengaruhi oleh ketrampilan operator yang mengoperasikan alat bersangkutan. Nilai efisiensi operator dapat dilihat pada **Tabel 2.6**.

Tabel 2. 6 Nilai Efisiensi Operator

Kondisi Kerja	Effisiensi
Baik	1,00
Normal	0,8
Jelek	0,7

Sumber : Amin, 2014

Dari ketiga faktor koreksi di atas (efisiensi waktu, efisiensi kerja, efisiensi operator) penentuan kondisi dari masing - masing faktor ditentukan dari keadaan ekisting dilapangan. Karena kondisi dilapangan memiliki keadaan - keadaan yang saling berbeda menyesuaikan daerah dan kondisi cuacanya.

2.4. Sifat Fisik Material Tanah

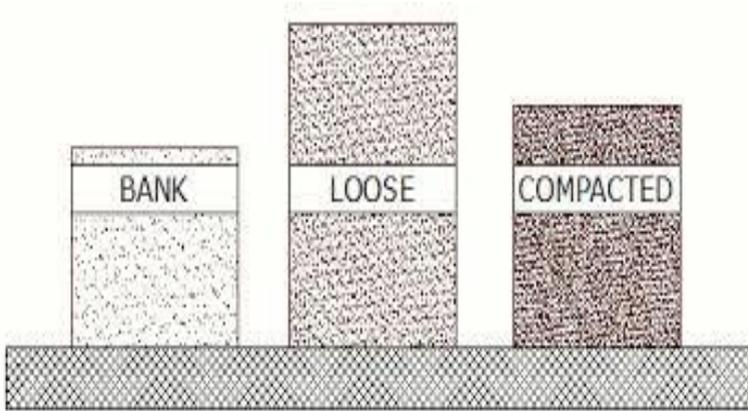
Material yang ada di alam pada umumnya tidak homogen, tetapi merupakan material campuran. Material juga bervariasi dari jenis material yang berpori sampai yang padat. Dengan keadaan yang bervariasi seperti ini maka pada saat melakukan pemilihan alat berat yang akan dipakai di dalam proyek konstruksi otomatis jenis material di lapangan dan material yang akan dipakai merupakan hal yang perlu diperhatikan. Yang dimaksud dengan material dalam bidang pemindahan tanah (earth moving), meliputi tanah, batuan, vegetasi (pohon, semak belukar, dan alang-alang) dimana kesemuanya mempunyai karakteristik dan sifat fisik masing-masing yang berpengaruh besar terhadap alat berat terutama dalam hal:

- a. Menentukan jenis alat yang akan digunakan dan taksiran produksi atau kapasitas produksinya
- b. Perhitungan volume pekerjaan.
- c. Kemampuan kerja alat pada kondisi material yang ada.

Dengan demikian, harus diperlukan kesesuaian alat dengan kondisi material. Jika tidak, akan menimbulkan kesulitan berupa tidak efisiennya alat yang otomatis akan menimbulkan kerugian karena banyaknya "loss time".

2.4.1. Perubahan Kondisi Material

Perubahan kondisi material adalah perubahan berupa penambahan atau pengurangan volume material (tanah) yang diganggu dari bentuk aslinya. Dari faktor tersebut bentuk material dibagi dalam 3 keadaan seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 2.5**.



Gambar 2. 5 Keadaan Material dalam Bumi

Sumber : Tenrisukki (2003)

1. Keadaan Asli (*Bank Condition*)

Keadaan material yang masih alami dan belum mengalami gangguan teknologi disebut keadaan asli (*bank*). Dalam keadaan seperti ini butiran-butiran yang dikandungnya masih terkonsolidasi dengan baik. Ukuran tanah demikian biasanya dinyatakan dalam ukuran alam atau bank measure Bank Cubic Meter (BCM) yang digunakan sebagai dasar (**Tenrisukki 2003**).

2. Keadaan Gembur (*Loose Condition*)

Yaitu keadaan material (tanah) setelah diadakan pengerjaan (*disturb*), tanah demikian misalnya terdapat di depan dozer *blade*, di atas truck, di dalam bucket dan sebagainya. Material yang tergal dari tempat asalnya, akan mengalami perubahan volume (mengembang). Hal ini disebabkan adanya penambahan rongga udara di antara butiran-butiran tanah. Dengan demikian volumenya menjadi lebih besar. Ukuran volume tanah dalam keadaan lepas biasanya dinyatakan dalam loose measure Loose Cubic Meter (LCM) yang besarnya sama dengan $BCM + \% \text{ swell} \times BCM$ dimana faktor "swell" ini tergantung dari jenis tanah. Dengan

demikian dapat dimengerti bahwa LCM mempunyai nilai yang lebih besar dari BCM (**Tenrisukki 2003**).

3. Keadaan Padat (*Compact*)

Keadaan padat adalah keadaan tanah setelah ditimbun kembali dengan disertai usaha pemadatan. Keadaan ini akan dialami oleh material yang mengalami proses pemadatan (pemampatan). Perubahan volume terjadi karena adanya penyusutan rongga udara di antara partikel-partikel tanah tersebut. Dengan demikian volumenya berkurang, sedangkan beratnya tetap. Volume tanah setelah diadakan pemadatan, mungkin lebih besar atau mungkin juga lebih kecil dari volume dalam keadaan bank, hal ini tergantung dari usaha pemadatan yang dilakukan. Ukuran volume tanah dalam keadaan padat biasanya dinyatakan dalam compact measure *Compact Cubic Meter* (CCM). Sebagai gambaran berikut ini disajikan tabel mengenai faktor kembang tanah.

Tabel 2. 7 Swelling Factor

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

Sumber : **Tenrisukki (2003)**

Perlu diketahui bahwa angka-angka yang tertera pada **Tabel 2.7** di atas tidak pasti, tergantung dari berbagai faktor yang dijumpai secara nyata di lapangan. Selain itu perlu diketahui faktor tanah yang dapat berpengaruh terhadap produktivitas alat berat, yaitu berat material, bentuk material, kekerasan, dan daya ikat

(cohesivity). Sebagai contoh untuk tabel di atas adalah sebagai berikut:

Tanah biasa pada keadaan asli (Bank)	: 1 m ³
Swell 20% - 45%	: 0,2 – 0,45 m ³
Volume dalam keadaan lepas	: 1,2 – 1,45 m ³

Dalam perhitungan produksi, material yang didorong atau digusur dengan *blade*, yang dimuat dengan bucket atau vessel, kemudian dihampar adalah dalam kondisi gembur. Untuk menghitung volume tanah yang telah diganggu dari bentuk aslinya, dengan melakukan penggalian material tersebut, atau melakukan pemadatan dari material yang sudah gembur ke padat, perlu dikalikan dengan suatu faktor yang disebut "faktor konversi" yang dapat dibaca dengan mudah pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Faktor Konversi Volume Tanah

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi Berikutnya		
		Kondisi Asli	Kondisi Gembur	Kondisi Padat
Sand Tanah Berpasir	(A)	1	1.11	0.99
	(B)	0.9	1	0.8
	(C)	1.05	1.17	1
Sand Clay / Tanah Biasa	(A)	1	1.25	0.9
	(B)	0.8	1	0.72
	(C)	1.11	1.39	1
Clay / Tanah Liat	(A)	1	1.25	0.9
	(B)	0.7	1	0.63
	(C)	1.11	1.59	1
Gravelly Soil / Tanah Berkerikil	(A)	1	1.18	1.08
	(B)	0.85	1	0.91
	(C)	0.93	1.09	1
Grovels / Kerikil	(A)	1	1.13	1.29
	(B)	0.88	1	0.91
	(C)	0.97	1.1	1
Kerikil Besar dan Padat	(A)	1	1.42	1.03
	(B)	0.7	1	0.91
	(C)	0.77	1.1	1
Pecahan Batu Kapur, Batu Pasir, Cadas Lunak, Sirtu	(A)	1	1.65	1.22
	(B)	0.61	1	0.74
	(C)	0.82	1.35	1
Pecahan Granit, Basalt, Cadas Kasar, dan lainnya	(A)	1	1.7	1.31
	(B)	0.59	1	0.77
	(C)	0.76	1.3	1
Pecahan Cadas, Broken Rock	(A)	1	1.75	1.4
	(B)	0.57	1	0.8
	(C)	0.71	1.24	1
Ledakan Batu Cadas, Kapur Keras	(A)	1	1.8	1.3
	(B)	0.56	1	0.72
	(C)	0.77	1.38	1

Sumber : **Tenrisukki (2003)**

2.4.2. Berat Material

Berat adalah sifat yang dimiliki oleh setiap material. Kemampuan suatu alat berat untuk melakukan pekerjaan seperti mendorong, mengangkat, mengangkut dan lain-lain, akan dipengaruhi oleh berat material tersebut. Berat material ini akan berpengaruh terhadap volume yang diangkut atau didorong, dalam hubungannya dengan Draw Bar Pull (DBP) atau Tenaga Tarik yang tersedia pada alat bersangkutan. Pada saat sebuah *Dump Truck* mengangkut tanah dengan berat $1,5 \text{ t/m}^3$, alat dapat bekerja dengan baik. Tetapi pada saat mengangkat tanah seberat $1,8 \text{ /m}^2$, ternyata alat pengangkut mengalami beban berat sehingga unit terlihat berat menggelindingkan rodanya. Berat material ini dihitung dalam satuan berat (kg, ton, lb), dimana biasanya dihitung dalam keadaan asli atau dalam keadaan lepas (Tenrisukki 2003)

2.4.3. Bentuk Material

Faktor ini harus difahami karena akan berpengaruh terhadap banyak sedikitnya material tersebut dapat menempati suatu ruangan tertentu. Mengingat material yang kondisi butirannya seragam, kemungkinan besar isinya volume ruangan yang ditempatinya. Sedangkan material yang berbongkah- akan lebih kecil dari nilai volume ruangan yang ditempatinya. Oleh karena itu, pada material jenis ini akan berbentuk rongga-rongga udara yang memakan sebagian i ruangan. Ukuran butir ini akan berpengaruh terhadap pengisian bucket, misalnya pada pengisian munjung (heaped) dan rongga-rongga tanah yang terbentuk dalam buc dapat sama (senilai) dengan ket. Berapa material yang mampu ditampung oleh suatu ruangan dapat dihitung dengan cara mengoreksi rua muat" yaitu dengan "*bucket factor*" atau "*pay load factor*" ngan tersebut dengan suatu faktor yang disebut "faktor muat" yaitu dengan "*bucket factor*" atau "*pay load factor*" (Tenrisukki 2003).

2.4.4. Kohevisitas (Daya Ikat) Material

Yang dimaksud dengan kohevisitas material adalah daya lekat atau kemampuan material itu sendiri, sifat ini jelas berpengaruh saling mengikat di antara butir-butir terhadap alat, misalnya pengaruhnya terhadap spillage factor (faktor pengisian). Material dengan kohevisitas tinggi akan mudah menggunung, dengan demikian apabila material ini berada pada suatu tempat, akan munjung. Volume material yang menempati ruangan ini ada kemungkinan bisa melebihi volume ruangnya, misalnya tanah liat. Sedangkan material dengan kohevisitas yang kurang baik, misalnya pasir apabila menempati suatu ruangan akan sukar menggunung, melainkan permukaannya cenderung rata (Tenrisukki 2003)

2.4.5 Kekerasan Material

Menurut Tenrisukki (2003) material yang keras akan lebih sukar dikoyak, digali atau dikupas oleh alat berat. Hal ini akan menurunkan produktivitas alat. Material yang umumnya tergolong keras adalah bebatuan. Batuan dalam pengertian earth moving terbagi dalam 3 (tiga) batuan dasar, yaitu:

1. Batuan beku : sifat keras, padat, pejal, dan kokoh
2. Batuan sedimen : merupakan pelapisan dari lunak sampai keras
3. Batuan metamorf : umumnya pelapisan dari yang keras, padat dan tidak teratur.

Pengukuran kekerasan tanah bisa dilakukan dengan cara shear meter, ripper meter, seismic (suara atau getaran), dan soil investigation drill (pengeboran). Untuk penentuan nilai kekerasan tanah yang diukur dengan menggunakan seismic test meter, besarnya nilai kekerasan ditunjukkan dalam satuan m/det (Satuan Seismic Wave Velocity Batuan).

LEMBAR SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB III METODOLOGI

3.1 Uraian umum

Proyek peningkatan jalan Dersono-Kalak Kabupaten Pacitan direncanakan memiliki panjang 2,9 km dan lebar total 8 m. Lokasi pengambilan tanah berasal dari tanah galian yang berada dalam lokasi proyek. Dalam proses pelaksanaannya tergantung pada penggunaan alat berat yang tepat karena setiap alat berat itu memiliki kegunaan yang sudah direncanakan dari awal. Banyak sekali pekerjaan yang menggunakan alat berat, yaitu salah satu pekerjaan yang membutuhkan alat berat adalah pekerjaan tanah.

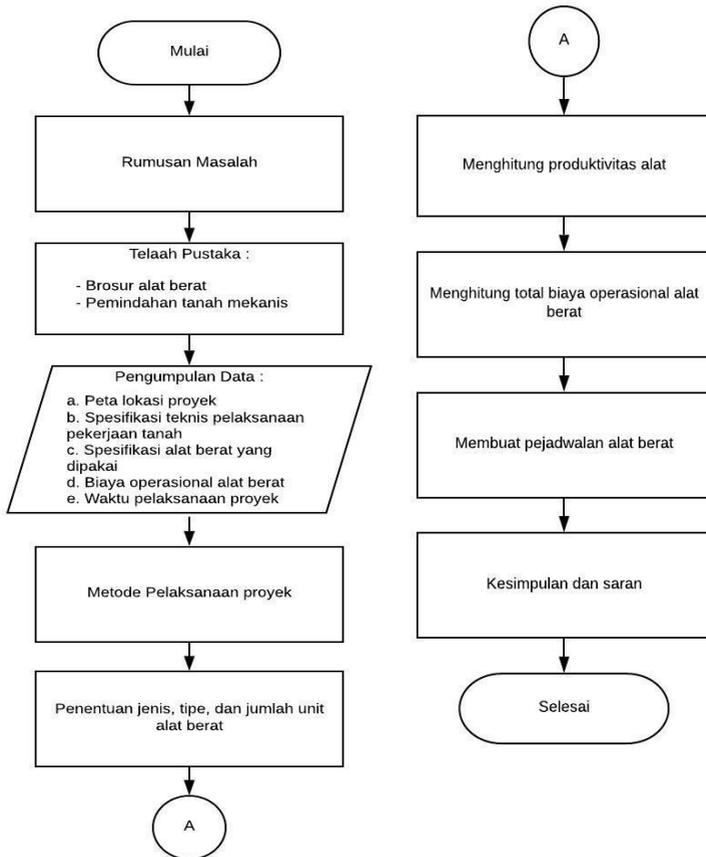
3.2 Tahapan Penelitian

Secara umum metodologi yang digunakan adalah mengenai perencanaan kebutuhan alat berat untuk pekerjaan tanah agar pekerjaan dapat selesai lebih efisien, baik dari segi waktu dan biaya. Bagan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 3.1**.

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengambil data. Untuk cara atau metode perhitungan kesesuaian jumlah alat berat yang digunakan referensi – referensi yang relevan terkait pemindahan tanah mekanis (PTM). Data yang dikumpulkan dari lapangan berupa data-data umum dan teknis proyek :

- a. Peta lokasi proyek
- b. Spesifikasi teknis pelaksanaan pekerjaan tanah
- c. Spesifikasi alat berat yang dipakai
- d. Biaya operasional alat berat
- e. Waktu pelaksanaan proyek



Gambar 3. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.4 Penentuan Jenis, Tipe, dan Jumlah Unit Alat Berat

Penentuan alat berat yang tepat pada tahap perancangan merupakan faktor penentu. Tidak semua jenis alat berat dapat digunakan untuk setiap tahap konstruksi. Kesalahan dalam pemilihan alat berat dapat berakibat fatal seperti terlambatnya pelaksanaan proyek yang mengakibatkan pembengkakan dalam pembiayaan konstruksi. Untuk itu pengetahuan atas fungsi dan spesifikasi alat berat memegang peranan penting dalam pemeliharaan alat berat yang benar-benar tepat. Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat antar lain :

1. Fungsi yang akan dilaksanakan, alat berat yang digunakan disesuaikan dengan fungsinya terhadap pekerjaan yang akan dilaksanakan.
2. Kapasitas peralatan, kesesuaian kapasitas pekerjaan dengan kapasitas alat merupakan hal yang penting untuk meminimalisir biaya konstruksi.
3. Cara pengoperasian, alat berat disesuaikan dengan mobilitas (arah gerak, kecepatan, siklus gerak, dan lain lain) yang telah ditetapkan.
4. Lokasi proyek, lokasi proyek juga akan mempengaruhi pemilihan alat berat yang digunakan.
5. Jenis dan kekuatan tanah, kekuatan tanah serta jenis tanah yang akan diolah juga mempengaruhi pemilihan alat berat yang digunakan.
6. Kondisi lapangan, kondisi lapangan yang sulit akan berbeda dengan kondisi lapangan yang standar dalam pemilihan alat.

3.5 Metode Pelaksanaan Proyek

a. Pekerjaan penggalian tanah

Pekerjaan galian untuk pelebaran badan jalan tidak hanya mencakup pekerjaan penggalian, namun juga harus mencakup pembuangan atau penumpukan tanah atau batu atau bahan lain dari jalan dan sekitarnya. Tanah digali menggunakan excavator dengan

ukuran dan kedalaman sesuai gambar kerja. Material hasil galian tanah termasuk hasil pembersihan dan pengupasan lapisan atas tanah ini harus dibuang ke lokasi pembuangan yang telah disiapkan. Pengangkutan material untuk jarak yang relatif jauh menggunakan Dump truck, untuk alat pemindah material kedalam Dump truck bisa menggunakan excavator dan wheel loader.

b. Pekerjaan penimbunan tanah

Pekerjaan tanah ini bertujuan untuk membentuk badan jalan. Untuk mendapatkan penimbunan berkualitas baik, perlu diperhatikan supaya semua tanah benar-benar diratakan. Alat penyebar material dan perata tanah bisa digunakan motor *grader*. *Motor grader* juga bisa berfungsi untuk mengeruk, mengangkut, dan menabur tanah hasil pengerukan secara berlapis. *Motor grader* dipakai untuk pengerukan *top soil*. *Top soil* yang dipindahkan berkisar pada kedalaman 10 cm sampai 30 cm. Sebaiknya penimbunan dilakukan lapisan demi lapisan dengan ketebalan 15cm. Lapisan demi lapisan harus dipadatkan terlebih dahulu sebelum ditambahkan dengan lapisan berikutnya.

c. Pekerjaan Pemadatan Tanah

Pekerjaan pemadatan menjadi salah satu tahapan penting untuk menjadikan tanah semakin kuat. Pemadatan dilakukan untuk mengurangi volume lapisan tanah dan mendorong partikel tanah semakin padat. Setelah penempatan dan penghamparan timbunan, setiap lapis harus dipadatkan dengan peralatan yang memadai, Alat berat yang biasanya digunakan adalah *Vibration Roller*.

3.6 Menghitung Produktivitas Alat Berat

Menurut Tenrisukki (2003) kebutuhan alat berat untuk pemadatan tanah dihitung berdasarkan taksiran produktivitas alat, dan untuk hal tersebut, terdapat berbagai jenis peralatan yang dapat digunakan, baik ditinjau dari segi kelas "horsepower, fungsi dan kegunaannya maupun manfaat khusus peralatan tersebut. Oleh karena itu cara perhitungan taksiran produktivitas alat pun

beraneka ragam tergantung fungsi dan kegunaan alat tersebut. Walaupun demikian, mempunyai dasar perhitungan yang sama seperti perhitungan dibawah, yaitu :

Produksi per satuan waktu = produksi per trip x trip per satuan waktu x faktor koreksi

Keterangan:

Faktor Koreksi = didapat dari kondisi eksisting di lapangan

Dalam hal pembahasan cara perhitungan, dibatasi pada alat – alat yang digunakan dalam proyek, khususnya pada pekerjaan tanah, yaitu :

- *Excavator*
- *Motor grader*
- *Vibration Roller*
- *Dump Truck*

3.7 Menghitung Total Biaya Operasional Alat Berat

Biaya pengeluaran alat berat adalah biaya penyewaan alat, biaya mobilisasi dan demobilisasi, dan biaya upah tenaga operator. Peralatan yang digerakkan oleh motor bakar (internal combustion engine) memerlukan bahan bakar (solar, bensin), yang juga harus diperhitungkan sebagai biaya operasional. Perhitungan biaya kebutuhan alat berat didapatkan dari perkalian antara volume masing-masing pekerjaan, jumlah alat yang digunakan serta harga satuan pekerjaan.

a. Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah salah satu faktor penting untuk perhitungan biaya, yaitu sebagai salah satu faktor pengali untuk harga satuan. Perhitungan volume ini didasarkan pada gambar rencana proyek.

b. Biaya Penyewaan Alat

Dalam mengerjakan pekerjaan tertentu diperlukan peralatan-peralatan khusus yang diperoleh dengan cara menyewa, karena tidak semua peralatan konstruksi dimiliki oleh kontraktor. Biaya penyewaan alat berat tersebut dihitung dalam biaya per jam. Dalam satu bulan biasanya ditentukan batas penyewaan minimum per alat berat. Biaya penyewaan alat bervariasi, tergantung dari jenis dan tipe alat yang akan disewa dan juga tergantung dari tempat alat itu disewa.

c. Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi

Alat berat yang disewa dari suatu tempat, membutuhkan biaya transportasi alat tersebut ke lokasi proyek dan biaya transportasi alat tersebut kembali ketempat asalnya. Biaya-biaya yang diperlukan ini termasuk biaya mobilisasi dan demobilisasi. Biaya mobilisasi dan demobilisasi tergantung kendaraan yang mengangkut alat berat yang disewa, dan jauh dekatnya tempat penyewaan ke lokasi proyek.

d. Biaya Operator Alat Berat dan Bahan Bakar

Besarnya upah kerja untuk operator alat berat adalah tergantung dari lokasi pekerjaan atau proyek, perusahaan yang bersangkutan, peraturan yang berlaku di lokasi, serta kontrak kerja antara dua pihak tersebut. Dapat dihitung dengan persamaan 3-1 :

$$\text{Upah Operator} = \text{-----} \dots\dots\dots(3-1)$$

Untuk biaya bahan bakar alat berat, jumlah bahan bakar untuk alat berat yang menggunakan bensin atau solar berbeda-beda. Rata-rata yang menggunakan bahan bakar bensin 0.06 galon per *horse-power*, sedangkan untuk alat berat yang berbahan bakar solar mengkonsumsi bahan bakar 0.04 galon per *horse-power/hour*. Nilai yang didapat kemudian dikalikan dengan faktor pengoperasian.

Biaya bahan bakar:

$$= Fx 0,3 \text{ (premium)} \times h \times PK$$

$$= Fx 0,2 \text{ (solar)} \times h \times PK$$

Dimana:

F = Faktor efisiensi (60%-80%), dan diambil nilai tengah 70%
(**Asiyanto, 2008**)

H = Harga bahan bakar per liter

PK = Nilai PK alat berat yang bersangkutan (horse power)

e. Biaya Operasional Total

Biaya operasional total yang dikeluarkan untuk masing-masing tipe alat adalah penjumlahan semua biaya yang dikeluarkan untuk penyewaan alat, upah tenaga operator dan biaya untuk pemakaian bahan bakar selama waktu pelaksanaan pekerjaan ditambah biaya mobilisasi dan demobilisasi alat.

Total Biaya = a + b + c + d

Keterangan :

a = Biaya sewa

b = Biaya mobilisasi/demobilisasi

c = Biaya operator

d = Biaya bahan bakar

3.8 Membuat Penjadwalan Alat Berat

Dengan menggunakan Microsoft Project penjadwalan penggunaan alat berat sesuai dengan kebutuhan di lapangan dalam pekerjaan tanah.

LEMBAR SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB IV

PERENCANAAN PEMAKAIAN ALAT BERAT

4.1 Umum

Sebelum dimulai pekerjaan tanah pada proyek peningkatan Jalan Dersono – Kalak Kabupaten Pacitan ini hal pertama yang harus dilakukan adalah merencanakan pemakaian alat berat yang akan digunakan. Namun kadang dalam perencanaan pemakaian alat berat tersebut sering mengalami kesulitan, hal ini disebabkan banyaknya jenis pekerjaan yang menggunakan alat berat yang berbeda.

Maka untuk menghindari kesulitan dalam melakukan pemilihan alat berat yang perlu kita perhatikan adalah masalah yang mungkin terjadi dilapangan. Adapun kemungkinan masalah yang terjadi yaitu mengenai jangka waktu penyelesaian proyek dan biaya operasional.

Waktu penyelesaian proyek sangat berpengaruh pada produktivitas kerja yang harus dicapai pada waktu tertentu. Sedangkan biaya operasional alat yang paling efisien bergantung pada perencanaan alat yang digunakan pada waktu tersebut.

4.2 Gambaran Umum Proyek

Pada proyek peningkatan jalan Dersono – Kalak Kabupaten Pacitan ini meliputi macam - macam item pekerjaan, salah satunya adalah pekerjaan tanah. Pekerjaan tanah ini nantinya berfungsi sebagai lapisan pondasi pada pembangunan jalan tersebut. Adapun pekerjaan tanah ini meliputi pekerjaan penggalian, timbunan dan pemadatan tanah.

4.3 Data Teknis Proyek

4.3.1 Data Proyek

Nama Proyek : Peningkatan Jalan Dersono – Kalak

Lokasi Proyek : Kabupaten Pacitan – Jawa Timur

Volume Pekerjaan Tanah : 14488,21 m³

1. Galian : 13170,71 m³

2. Timbunan dari galian : 1317,5 m³

Durasi Pekerjaan Tanah : 40 hari kerja

Alat yang dipakai :

1. Excavator : PC-200, 2 unit

2. Dump Truck : 18T, 6 unit

3. Motor Grader : 1 unit

4. Vibration Roller : 2 unit

Total biaya penyewaan alat: Rp. 666.864.640,00

4.3.2 Pihak – Pihak yang Terkait

Penyelenggara : Dinas PUPR Kabupaten Pacitan

Kontraktor : PT. Ratna

Konsultan : CV. Tri Buana Karya

4.4 Perhitungan Produktivitas Peralatan

4.4.1 Excavator

Produksi per jam excavator pada suatu pekerjaan galian adalah sebagai berikut :

Keterangan : TP = Taksiran Produktivitas
 q = Produktivitas per siklus
 E = Efisiensi kerja
 Cm = Waktu siklus (menit)

Contoh perhitungan digunakan Excavator dengan type PC-200 :

1. Produksi per siklus (q)

$$q = KB \times BF$$

Keterangan :

KB : Kapasitas Bucket = 0.80 m³

BF : Bucket Factor = 0.95 (tabel 4.1)

Jadi produksi per siklus :

$$\begin{aligned} q &= 0.80 \times 0.95 \\ &= 0.76 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 4.1 Bucket Factor

Kondisi Operasi Penggalian		Bucket Faktor
Mudah	Tanah clay, agak lunak	1.20 - 1.10
Sedang	Tanah asli kering, berpasir	1.10 - 1.00
Agak Sulit	Tanah asli berpasir dan berkerikil	1.00 - 0.90
Sulit	Tanah Keras, bekas ledakan	0.90 - 0.70

Sumber : Training center Dept. PT. United Tractor Jakarta 1997.
Latihan Dasar Sistem Mesin

2. Waktu siklus (Cm)

Waktu putar PC-200 = 18 detik (tabel 4.2)

Faktor kedalaman dan kondisi penggalian, normal = 1 (tabel 4.3)

jadi waktu siklus

$$\begin{aligned} Cm &= 18 \times 1 \\ &= 18 \text{ detik} \\ &= 0.3 \text{ menit} \end{aligned}$$

Tabel 4.2 Standart Cycle Time Excavator

Tipe	Swing Angle	
	45 - 90	90 - 180
PC – 100	11 - 14	14 - 17
PC – 200	13- 16	16 - 19
PC – 300	15 -18	18 - 21
PC – 400	16- 19	19 - 22

Sumber: Training center Dept. PT. United Tractor Jakarta 1997.
Latihan Dasar Sistem Mesin

Tabel 4.3 Kedalaman dan Kondisi Penggalian Excavator

Kedalaman Galian	Kondisi Penggalian			
	Mudah	Normal	Agak Sulit	Sulit
Dibawah 40%	0.7	0.9	1.1	1.4
40% - 75%	0.8	1	1.3	1.6
Diatas 75%	0.9	1.1	1.5	1.8

Sumber: Training center Dept. PT. United Tractor Jakarta 1997.
Latihan Dasar Sistem Mesin

Tabel 4.4 Faktor Efisiensi Kerja

Kondisi Operasi	Efisiensi Kerja
Baik	0.83
Normal – Sedang	0.75
Kurang Bai	0.67
Buruk	0.58

Sumber: Training center Dept. PT. United Tractor Jakarta 1997.
Latihan Dasar Sistem Mesin

Tabel 4.5 Faktor Efisiensi Waktu

Kondisi Kerja	Efisiensi
Menyenangkan	0.9
Normal	0.83
Buruk/Jelek	0.75

Sumber: Training center Dept. PT. United Tractor Jakarta 1997.
Latihan Dasar Sistem Mesin

Tabel 4.6 Faktor Efisiensi Operator

Keterampilan Operator	Efisiensi
Baik	0.9 – 1
Normal	0.75
Buruk	0.5 - 0.6

Sumber: Training center Dept. PT. United Tractor Jakarta 1997.
Latihan Dasar Sistem Mesin

faktor efisiensi kerja = 0.75 (tabel 4.4)

faktor efisiensi waktu = 0.83 (tabel 4.5)

faktor efisiensi operator = 0.75 (tabel 4.6)

maka efisiensinya adalah :

E = 0.75 x 0.83 x 0.75

= 0.467

Jadi produksi excavator per jam adalah :

Hasil perhitungan taksiran produksi excavator lain dengan Komatsu dapat dilihat pada **Tabel 4.7.**

Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Produktivitas Model Lain

Tipe	Kapasitas Bucket	Bucket Factor	Faktor Koreksi	Waktu Siklus	Produktivitas
	(KB)	(FB)	(FK)	(CM)	(TP)
	m ³				m ³ /jam
PC – 100	0.55	0.95	0.467	0.27	54.21
PC – 200	0.80	0.95	0.467	0.30	70.97
PC – 300	1.30	0.95	0.467	0.33	104.83

4.4.2 Dump Truck

Produksi Dump Truck yang di kombinasikan dengan excavator dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

Sebagai contoh perhitungan digunakan dump truck FM 517 18T yang dikombinasikan dengan excavator model PC 200

1. Produksi per siklus

$$C = n \times KB \times BF$$

Keterangan :

- C = Kapasitas vessel
n = jumlah pemuatan
KB = Kapasitas bucket
BF = Bucket Factor
-

Keterangan :

- n = Jumlah Pemuatan
KV = Kapasitas Dump Truck = 10 m³

$$\begin{aligned} \text{KB} &= \text{Kapasitas Bucket} &&= 0.80 \text{ m}^3 \\ \text{BF} &= \text{Bucket Factor} &&= 0.95 \text{ (tabel 4.1)} \end{aligned}$$

Sehingga :

Jadi Produktivitas per siklus dapat dihitng sebagai berikut :

$$\begin{aligned} C &= n \times \text{KB} \times \text{BF} \\ &= 14 \times 0.8 \times 0.95 \\ &= 10.64 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

2. Effisiensi

Faktor effisiensi kerja, normal-sedang = 0.75 (tabel 4.4)

Faktor effisiensi waktu, normal = 0.83 (tabel 4.5)

Faktor effisiensi operator, normal = 0.75 (tabel 4.6)

Jadi Effisiensinya

$$\begin{aligned} \text{FK} &= 0.75 \times 0.83 \times 0.75 \\ &= 0.467 \end{aligned}$$

3. Waktu Siklus

$$\text{CT} = \text{HT} + \text{RT} + \text{LT} + t_1 + t_2$$

Keterangan :

CT = Waktu Siklus

HT = Waktu angkut

RT = Waktu kembali

LT = Waktu pengisian bucket

t₁ = Waktu dumping

t₂ = Waktu mengatur posisi muar

Waktu angkut (HT)

—

Keterangan :

J = jarak angkut dump truck
 V1 = kecepatan angkut dump truck
 = 30 km/jam
 = 500 m/menit

Waktu siklus dari daerah cut daerah fill

$$J = 1500 \text{ m}$$

Jadi —

Waktu kembali (RT)

—

Keterangan :

J = jarak angkut dump truck
 V2 = kecepatan angkut dump truck 40 km/jam
 = 666.667 m/menit

Waktu siklus dari daerah fill ke daerah cut

—————

Waktu pengisian bucket (LT)

LT = n x Cm (excavator)
 = 14 x 0.3
 = 4.2 menit

Waktu dumping dan loading (t1 dan t2)

Tabel 4.8 waktu dumping dan persiapan loading

Kondisi Operasi	Waktu Dumping t1	Waktu Loading t2
Baik	0.5 - 0.7	0.10 - 0.20
Normal	1.00 - 1.3	0.25 - 0.55
Buruk	1.50 - 2.00	0.40 - 0.50

PT. United Tractor Jakarta 1997.
Latihan Dasar Sistem Mesin

Jadi :

Waktu dumping (t1) = 1.20 menit

Waktu loading (t2) = 0.30 menit

Maka waktu siklus dump truck adalah :

$$CT = HT + RT + LT + t1 + t2$$

$$CT = 3 + 2.25 + 4.2 + 1.2 + 0.3 = 10.95 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Jadi produksi Dump Truck Per jam adalah :

Hasil perhitungan taksiran produksi excavator tipe lain dapat dilihat pada **Tabel 4.9**.

Tabel 4.9 Kombinasi dump truck dan excavator

Jenis Alat		Kapasitas		Bucket Factor	Loading n	Kapasitas Vissel
Dump Truck	Excavator	Truck	Bucket			
FE 74 10T	PC – 100	5.5	0.55	0.95	11	5.5
	PC – 200	5.5	0.8	0.95	7	5.5
	PC – 300	5.5	1.3	0.95	4	5.5
FM 517 18T	PC – 100	10	0.55	0.95	19	10.00
	PC – 200	10	0.8	0.95	14	10.64
	PC – 300	10	1.3	0.95	8	10.00

Tabel 4.9 Kombinasi dump truck dan excavator

Jenis Alat		Cycle time Excavator	Faktor Koreksi	Jarak Angkut	Kecepatan Angkut	Kecepatan kembali	Waktu Angkut
Dump Truck	Excavator	Ct	FK	J	v1	v2	HT
		Detik		m	km/jam	km/jam	menit
FE 74 10T	PC - 100	16	0.467	1500	35	40	2.57
	PC - 200	18	0.467	1500	35	40	2.57
	PC - 300	20	0.467	1500	35	40	2.57
FM 517 18T	PC - 100	16	0.467	1500	30	40	3
	PC - 200	18	0.467	1500	30	40	3
	PC - 300	20	0.467	1500	30	40	3

Tabel 4.9 Kombinasi dump truck dan excavator

Jenis Alat		Waktu kembali	Pengisian bucket	Waktu dumping	Waktu loading	Cycle time Dump truck	Produktivitas Dump truck
Dump Truck	Excavator	RT	LT	t1	t2	CT	TP
		menit	menit	menit	menit	menit	m ³ /jam
FE 74 10T	PC - 100	2.25	2.84	1.10	0.25	9.01	17.09
	PC - 200	2.25	2.17	1.10	0.25	8.34	18.47
	PC - 300	2.25	1.47	1.10	0.25	7.64	20.16
FM 517 18T	PC - 100	2.25	5.17	1.20	0.30	11.92	23.51
	PC - 200	2.25	3.95	1.20	0.30	10.70	27.22
	PC - 300	2.25	2.67	1.20	0.30	9.42	29.73

4.4.3 Motor Grader

Produksi per jam motor grader pada pekerjaan perataan tanah adalah sebagai berikut :

Keterangan :

TP = Taksiran produksi (m³/jam)

W = Lebar efektif (m)

V = Kecepatan rata-rata (m/menit)

L = Tebal lapisan (m)

E = Efisiensi

N = Jumlah passing yang diperlukan

Perhitungan motor grader digunakan type GD 31RC-3A dengan asumsi sebagai berikut :

a. Lebar efektif (W)

Dimana :

Panjang blade efektif = 3.1 m

Lebar overlap = 0.3 m

Maka lebar efektifnya adalah :

$$\begin{aligned} W &= (Le-Lo) \\ &= (3.10-0.3) \\ &= 2.8 \text{ m} \end{aligned}$$

b. Kecepatan kerja

V = 4 km/jam = 66.67 menit

Berikut kecepatan kerja motor grader untuk berbagai keperluan :

1. Perbaikan jalan = 2-6 km/jam
2. Pembuatan trens = 1.6-4 km/jam
3. Perapian tebing = 1.6-2.6 km/jam
4. Perapian medan = 1.6-5 km/jam
5. Pengusuran salju = 7- 26 km/jam

c. Efisiensi

Faktor efisiensi kerja, normal-sedang = 0.75 (tabel 4.4)

Faktor efisiensi waktu, normal = 0.83 (tabel 4.5)

Faktor efisiensi operator, normal = 0.75 (tabel 4.6)

Jadi efisiensi

$$FK = 0.75 \times 0.83 \times 0.95 = 0.467$$

d. Jumlah Passing yg diperlukan 2-4 kali untuk perataan jalan

Jadi produksi otor grader per jam :

$$\frac{147.073 \text{ m}^3/\text{jam}}{0.467}$$

$$= 147.073 \text{ m}^3/\text{jam (loose/lepas)}$$

Dengan cara yang sama, untuk perhitungan produktivitas motor grader dengan type lain dapat dilihat pada **Tabel 4.10** dibawah ini :

Tabel 4.10 Perhitungan produktivitas motor grader pekerjaan urugan

Tipe	Panjang Pisau	Lebar Efektif	Kecepatan	Jumlah laluan	Efisiensi	Tebal Lapisan	Produktivitas
		(W)	(V)	(N)	(E)	(L)	(TP)
	mm	mm	km/jam				m ³ /jam
GD 31RC – 3A	3100	2100	4	4	0.467	0.15	147.073
GD 200 – A1	2200	1600	4	4	0.467	0.15	112.056
GD 300 – A1	3100	2390	4	4	0.467	0.15	167.383

4.4.4. Vibration Roller

Keterangan :

- W = Lebar pemadatan (m)
 L = Tebal lapisan (m)
 S = Kecepatan rata-rata (km/jam)
 E = Faktor efisiensi
 P = Jumlah laluan yang diperlukan

Untuk contoh perhitungan digunakan vibration roller JV 100 A-1 dengan asumsi sebagai berikut :

Faktor efisiensi kerja, normal-sedang = 0.75 (tabel 4.4)

Faktor efisiensi waktu, normal = 0.83 (tabel 4.5)

Faktor efisiensi operator, normal = 0.75 (tabel 4.6)

Jadi effisiensinya :

FK = $0.75 \times 0.83 \times 0.75 = 0.467$

Lebar pemadatan = 2 m

Tebal lapisan = 0.2 m

Kecepatan rata-rata = 10 km/jam = 10000 m/jam

Jumlah laluan = 6

Maka :

$$= 248.611 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Dengan cara yang sama, untuk perhitungan produktivitas compactor dengan type lain dapat dilihat pada **Tabel 4.11** dibawah ini :

Tabel 4.11 Perhitungan produktivitas Compactor pekerjaan pemadatan

Tipe	Lebar Pemadatan	Kecepatan	Jumlah laluan	Efisiensi	Tebal Lapisan	Produktivitas
		(V)	(N)	(E)	(L)	(TP)
	mm	km/jam				m ³ /jam
JV 100 A – 1	2.13	10000	6	0.467	0.15	248.611
BW 145 PDH-3	1.546	10000	6	0.467	0.15	180.447
BW 211	2.25	9600	6	0.467	0.15	252.113

4.5 Perhitungan Jumlah dan Pemilihan Alat Berat

Dalam menentukan jumlah dan lama waktu penggunaan alat berat yang diperlukan, perhitungan berdasarkan atas volume pekerjaan dan produktivitas alat tersebut. Perhitungan dibedakan untuk tiap pekerjaan. Pekerjaan yang akan ditinjau adalah pekerjaan galian tanah, pekerjaan pemindahan tanah, pekerjaan pengurugan tanah (filling) dan pekerjaan pemadatan tanah (compacting).

4.5.1 Pekerjaan Penggalian Tanah

Pekerjaan galian untuk pelebaran badan jalan tidak hanya mencakup pekerjaan penggalian, namun juga harus mencakup pembuangan atau penumpukan tanah atau batu atau bahan lain dari jalan dan sekitarnya.

Alat berat yang digunakan untuk pekerjaan ini adalah excavator PC 200. Metode pelaksanaan sebagai berikut :

- a. Menentukan area yang akan digali
- b. Melakukan penggalian dengan menggunakan excavator.
- c. Tanah yang telah digali kemudian diangkut pada proses pemindahan tanah.

Pemindahan tanah dari lokasi cutting ke filling

Keterangan :

- | | |
|----|---------------------------------------|
| n | = jumlah excavator yang diperlukan |
| Vt | = volume pekerjaan |
| TP | = taksiran produksi |
| T | = lama waktu penyelesaian dengan alat |

- Asumsi 1 bulan = 25 hari kerja
- dimana 1 hari kerja = 8 jam kerja
- Rencana waktu penyelesaian = 30 hari kerja = 240 jam
- Volume pekerjaan = 14488.21 m³
- Faktor volume Tanah = 1.65 (tabel 2.8)

1. Maka jumlah excavator PC-100 yang dibutuhkan :

2. Maka jumlah excavator PC-200 yang dibutuhkan :

3. Maka jumlah excavator PC – 300 yang dibutuhkan :

Untuk menghitung lama waktu penggunaan excavator adalah :

Keterangan :

- n = jumlah excavator yang diperlukan
- Vt = volume pekerjaan
- TP = taksiran produksi
- T = lama waktu penyelesaian dengan alat

Maka waktu yang diperlukan bagi excavator untuk menyelesaikan pekerjaan galian adalah:

1. PC – 100

2. PC – 200

3. PC – 300

Maka

1. PC-100

$$\text{Idle time} = 8 \text{ jam} - 4.45 \text{ jam} = 3.55 \text{ jam}$$

2. PC-100

$$\text{Idle time} = 8 \text{ jam} - 3.4 \text{ jam} = 4.6 \text{ jam}$$

3. PC -300

$$\text{Idle time} = 8 \text{ jam} - 4.6 \text{ jam} = 3.4 \text{ jam}$$

4.5.2 Pekerjaan Pemindahan Tanah

Pekerjaan pemindahan tanah adalah proses pemindahan tanah dari lokasi cutting ke lokasi filling. Alat berat yang digunakan untuk pekerjaan ini adalah dump truck yang dikombinasikan dengan excavator atau dump truck. Tipe dump truck yang ditinjau adalah FE 74 10T dan FM 517 18T. Metode pelaksanaan pekerjaan pemindahan tanah.

- a. Memuat material dari lokasi cutting ke dumptruck dengan menggunakan excavator
- b. Mengangkut material dari lokasi cutting ke lokasi filling dengan dump truck

Sebagai contoh perhitungan untuk pekerjaan pemindahan tanah, digunakan kombinasi dump truck FE 74 10T dan excavator PC 200. Untuk pekerjaan pembuangan dapat dihitung dengan cara seperti berikut :

Keterangan :

TPd = Taksiran produksi dump truck (m³/jam)

n = Jumlah dump truck

TPexcv = taksiran produksi excavator (m³/jam)

Asumsi 1 bulan = 25 hari kerja, dimana 1 hari kerja = 8 jam kerja

Rencana waktu penyelesaian = 30 hari = 240 jam

Volume pekerjaan = m³

Jadi perhitungan jumlah dump truck yang melayani tiap excavator untuk pekerjaan pemindahan material adalah :

Dump Truck FE 74 10T dan PC 200

$$\text{—————} = 3.84 = 4 \text{ unit}$$

Untuk menghitung lama waktu penggunaan dump truck adalah :

—————

Keterangan :

n = jumlah dump truck yang diperlukan (setiap excavator)

Vt = volume pekerjaan

TP = taksiran produksi

t = lama waktu penyelesaian dengan alat

Maka waktu yang diperlukan bagi dump truck untuk menyelesaikan pekerjaan pemindahan tanah adalah :

$$\text{—————} = 98.063 \text{ jam}$$

$$\text{—————} = 3.269 \text{ jam}$$

Maka :

$$\text{Idle Time} : 8 \text{ jam} - 3.269 \text{ jam} = 4.731 \text{ jam}$$

Kemudian idle time untuk semua tipe dump truck dibandingkan. Tipe yang memiliki idle time paling minimum merupakan tipe dump truck yang dipilih untuk pekerjaan pemindahan tanah ini. Pemilihan jenis berdasarkan atas idle time yang minimum, dilakukan dengan pertimbangan bahwa alat tersebut tidak memiliki idle time yang terlalu lama sehingga biaya yang dikeluarkan untuk menyewa alat berat tersebut dapat digunakan seefisien mungkin. Tetapi yang dipilih jangan sampai idle time yang bernilai negatif karena berarti harus lembur. Perhitungan jumlah serta idle time untuk tipe lain dapat dilihat pada **Tabel 4.12** berikut ini :

Tabel 4.12 Kombinasi Dump Truck dengan Excavator

Jenis Alat		Produktivitas alat excavator	Produktivitas Dump truck	Jumlah Excavator	Jumlah Dump Truck per Excavator	Jumlah Dump Truck dipakai	Volume Pekerjaan	Rencana Penyelesaian	Waktu Penyelesaian dengan Alat	Waktu Penyelesaian per hari	Idle Time
Dump Truck	Excavator										
		m ³ /jam	m ³ /jam	Unit	unit		m ³	hari	jam	jam	jam
A		B	C	D	$e = b/c$	$f = d \times e$	g	h	$I = g / (c \times f)$	$j = I / h$	$k = 8 - j$
FE 74 10T	PC - 100	54.21	17.09	2	3	6	14488.21	30	141.268	4.709	3.291
	PC - 200	70.97	18.47	2	4	8	14488.21	30	98.063	3.269	4.731
	PC - 300	104.83	20.16	1	5	5	14488.21	30	143.709	4.790	3.210
FM 517 18T	PC - 100	54.21	23.51	2	2	4	14488.21	30	154.094	5.136	2.864
	PC - 200	70.97	26.19	2	3	6	14488.21	30	92.212	3.074	4.926
	PC - 300	104.83	29.73	1	4	4	14488.21	30	121.828	4.061	3.939

Dari hasil perhitungan kombinasi alat pada tabel diatas maka semua kombinasi dengan iddle time tidak ada sampai negatif. Maka sebagai pertimbangan untuk pemilihan alternative kombinasi yang diambil maka aspek yang ditinjau adalah biaya dan iddle time. Berikut rincian biaya dari masing – masing kombinasi Excavator dan Dump Truck

Dump Truck FE 74 10T dengan Excavator PC 100

Tabel 4.13 Rincian Biaya Dump Truck 10T dan Excavator PC 100

Jenis Alat	Biaya Pengeluaran	Rincian
FE 74 10T	Biaya bahan bakar	Rp244,984,320.00
	Biaya operator	Rp21,600,000.00
	Biaya sewa	Rp122,400,000.00
PC 100	Biaya bahan bakar	Rp53,343,360.00
	Biaya operator	Rp9,600,000.00
	Biaya sewa	Rp62,400,000.00
Total biaya		Rp502,327,680.00

Biaya total Excavator + Dump Truck = Rp. 514.327.680,00

Dump Truck FE 74 10T dengan Excavator PC 200

Tabel 4.14 Rincian Biaya Dump Truck 10T dan Excavator PC 200

Jenis Alat	Biaya Pengeluaran	Rincian
FE 74 10T	Biaya bahan bakar	Rp204,153,600.00
	Biaya operator	Rp28,800,000.00
	Biaya sewa	Rp163,200,000.00
PC 200	Biaya bahan bakar	Rp90,881,280.00
	Biaya operator	Rp9,600,000.00
	Biaya sewa	Rp81,600,000.00
Total biaya		Rp563,834,880.00

Biaya total Excavator + Dump Truck = Rp. 578.234.880,00

Dump Truck FE 74 10T dengan Excavator PC 300

Tabel 4.15 Rincian Biaya Dump Truck 10T dan Excavator PC 300

Jenis Alat	Biaya Pengeluaran	Rincian
FE 74 10T	Biaya bahan bakar	Rp204,153,600.00
	Biaya operator	Rp18,000,000.00
	Biaya sewa	Rp102,000,000.00
PC 300	Biaya bahan bakar	Rp81,002,880.00
	Biaya operator	Rp4,800,000.00
	Biaya sewa	Rp68,400,000.00
Total biaya		Rp469,956,480.00

Biaya total Excavator + Dump Truck = Rp. 478.356.480,00

Dump Truck FM 517 18T dengan Excavator PC 100

Tabel 4.16 Rincian Biaya Dump Truck 18T dan Excavator PC 100

Jenis Alat	Biaya Pengeluaran	Rincian
FM517 18T	Biaya bahan bakar	Rp285,815,040.00
	Biaya operator	Rp14,400,000.00
	Biaya sewa	Rp115,200,000.00
PC 100	Biaya bahan bakar	Rp53,343,360.00
	Biaya operator	Rp9,600,000.00
	Biaya sewa	Rp62,400,000.00
Total biaya		Rp531,158,400.00

Biaya total Excavator + Dump Truck = Rp. 540.758.400,00

Dump Truck FM 517 18T dengan Excavator PC 200

Tabel 4.17 Rincian Biaya Dump Truck 18T dan Excavator PC 200

Jenis Alat	Biaya Pengeluaran	Rincian
FM 517 18T	Biaya bahan bakar	Rp285,815,040.00
	Biaya operator	Rp21,600,000.00
	Biaya sewa	Rp172,800,000.00
PC 200	Biaya bahan bakar	Rp90,881,280.00
	Biaya operator	Rp9,600,000.00
	Biaya sewa	Rp81,600,000.00
Total biaya		Rp650,296,320.00

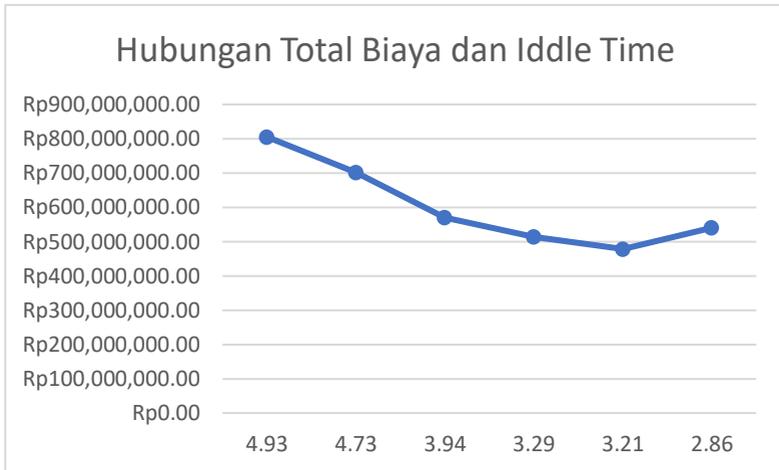
Biaya total Excavator + Dump Truck = Rp. 650.296.320,00

Dump Truck FM 517 18T dengan Excavator PC 300

Tabel 4.18 Rincian Biaya Dump Truck 18T dan Excavator PC 300

Jenis Alat	Biaya Pengeluaran	Rincian
FM 517 18T	Biaya bahan bakar	Rp285,815,040.00
	Biaya operator	Rp14,400,000.00
	Biaya sewa	Rp115,200,000.00
PC 300	Biaya bahan bakar	Rp81,002,880.00
	Biaya operator	Rp4,800,000.00
	Biaya sewa	Rp68,400,000.00
Total biaya		Rp562,417,920.00

Biaya total Excavator + Dump Truck = Rp. 562.417.920,00



Gambar 4.1 Hubungan Biaya dan Iddle Time

Maka kombinasi Excavator dan Dump Truck yang paling efektif dari segi biaya dan waktu adalah Dump Truck FE 74 10 T dengan Excavator PC 300.

4.5.3 Pekerjaan Penimbunan dan Perataan Tanah

Pekerjaan penimbunan dan perataan tanah adalah proses menimbun tanah yang telah dibawa oleh dump truck dari lokasi cutting. Alat berat yang digunakan untuk pekerjaan ini adalah motor grader. Tipe motor grader yang akan ditinjau adalah GD 200 – A1. Metode pelaksanaan pekerjaan penimbunan dan perataan tanah :

- a. Menentukan area yang akan diberi tanah urugan
- b. Tanah yang diangkut oleh dumptruck dari lokasi cutting di lokasi filling
- c. Menyebarkan tanah yang telah dituang ke lokasi filling secara merata motor grader
- d. Meratakan tanah dengan motor grader, sehingga mencapai elevasi yang diinginkan.

Motor Grader

Sebagai contoh perhitungan untuk pekerjaan penimbunan dan perataan tanah, motor grader yang digunakan dalam perhitungan adalah GD 200-A1, karena tipe tersebut hanya membutuhkan 1 unit Motor Grader dengan harga sewa paling murah dibanding dengan unit lain. Untuk menghitung jumlah motor grader, dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

—————

Keterangan :

n = jumlah alat yang diperlukan

Vt = volume pekerjaan

TP = taksiran produksi

T = rencana waktu penyelesaian

- Asumsi 1 Bulan = 25 hari kerja, dimana 1 hari kerja = 8 jam kerja

- Rencana waktu penyelesaian = 6 hari = 48 jam

- Volume Pekerjaan = 730m x 8m x 0.3m
 = 2336 m³ + 1317.5 m³
 = 3069.5 m³

Maka jumlah alat yang dibutuhkan adalah

————— = 0.57 unit = 1 unit

Untuk menghitung lama waktu penggunaan Motor Grader adalah

Keterangan :

- n = jumlah motor grader yang diperlukan
 Vt = volume pekerjaan
 TP = taksiran produksi
 T = lama waktu penyelesaian dengan alat

Maka waktu yang diperlukan bagi motor grader untuk menyelesaikan penimbunan dan perataan tanah adalah :

$$\text{—————} = 27.39 \text{ jam}$$

$$\text{——} = 4.565 \text{ jam/hari}$$

Maka :

$$\text{Idle Time} : 8 \text{ jam} - 4.565 \text{ jam} = 3.435 \text{ jam}$$

Perhitungan kebutuhan Motor Grader tipe lain untuk pekerjaan urugan dapat dilihat pada **Tabel 4.19**

Tabel 4.19 Perhitungan jumlah kebutuhan Motor Grader tipe lain

Type	Volume	Produktivitas	Waktu	Kebutuhan Alat
	(Vt)	(TP)	(t)	
	m ³	m ³ /jam	jam	
GD 31RC - 3A	3069.5	147.073	48	0.434
GD 200 - A1	3069.5	112.056	48	0.57
GD 300 - A1	3069.5	167.383	48	0.382

Tipe	Rencana penyelesaian dalam hari	Waktu Penyelesaian dengan Alat	Waktu Penyelesaian per hari	Idle Time
GD 31RC - 3A	6	20.87	3.48	4.52
GD 200 - A1	6	27.39	4.57	3.43
GD 300 - A1	6	18.34	3.06	4.94

Maka dari tabel tersebut didapatkan idle time yang paling minimum yaitu pada penggunaan alat tipe GD 200- A1. Hal ini dikarenakan GD 200-A1 memiliki produktivitas yang paling kecil sesuai dengan **Tabel 4.19**.

4.5.4 Pekerjaan Pemadatan Tanah (Compacting)

Pekerjaan pemadatan tanah adalah proses pemadatan tanah urugan yang sudah ditimbun dan diratakan di lokasi filling. Alat berat yang digunakan untuk pekerjaan ini adalah Vibration Roller. Beberapa tipe Vibration Roller yang ditinjau adalah BW 145 D-3 dikarenakan tipe tersebut hanya membutuhkan 1 unit Vibration Roller dengan harga sewa paling murah dibandingkan dengan tipe lain. Metode pelaksanaan pekerjaan pemadatan.

- a. Menentukan daerah yang akan dipadatkan
- b. Melakukan kegiatan pemadatan dengan menggunakan compactor
- c. Menentukan titik awal dan akhir serta arah pengerjaan
- d. Memadatkan tanah dengan Vibration Roller

Sebagai contoh perhitungan pekerjaan pemadatan tanah, compactor yang digunakan dalam perhitungan adalah BW 145D-3. Untuk menghitung jumlah compactor dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

Keterangan :

n = jumlah alat yang diperlukan
 Vt = volume pekerjaan
 TP = taksiran produksi
 T = rencana waktu penyelesaian

- Asumsi 1 Bulan = 25 hari kerja, dimana
1 hari kerja = 8 jam kerja
- Rencana waktu penyelesaian = 6 hari = 48 jam
- Volume Pekerjaan = 3069.5 m³

Maka jumlah alat yang dibutuhkan adalah

$$\text{—————} = 0.354 \text{ unit : 1 unit}$$

Untuk menghitung lama waktu compactor adalah :

Keterangan :

n = jumlah compactor yang diperlukan
 Vt = volume pekerjaan
 TP = taksiran produksi
 T = lama waktu penyelesaian dengan alat

Maka waktu yang diperlukan bagi compactor untuk pemadatan tanah adalah :

$$\text{—————} = 17.3 \text{ jam}$$

— = 2.883 jam/hari

Maka :

Iddle Time : 8 jam – 5.3 jam = 2.7 jam

Perhitungan kebutuhan Vibration Roller tipe lain untuk pekerjaan urukan dapat dilihat pada **Tabel 4.20**.

Tabel 4.20 Perhitungan Jumlah Kebutuhan Vibro Roller Tipe Lain

Tipe	Volume	Produktivitas	Waktu	Kebutuhan Alat
	(Vt)	(TP)	(t)	
	m ³	m ³ /jam	jam	
JV 100 A - 1	3069.5	248.611	48	0.257
BW 145 D-3	3069.5	180.447	48	0.354
BW 212	3069.5	252.113	48	0.254

Tipe	Rencana penyelesaian dalam hari	Waktu Penyelesaian dengan Alat	Waktu Penyelesaian per hari	Iddle Time
JV 100 A - 1	6	12.35	2.06	5.94
BW 145 PDH-3	6	17.01	2.84	5.16
BW 212	6	12.18	2.03	5.97

Maka dari tabel tersebut didapatkan iddle time yang paling minimum yaitu pada penggunaan alat tipe GD 200- A1. Hal ini dikarenakan GD 200-A1 memiliki produktivitas yang paling kecil sesuai dengan Tabel 4.20.

4.6 Analisa Biaya

Dengan cara menyewa, pihak pengguna dapat memenuhi kebutuhan tanpa perlu mengkhawatirkan biaya perawatan alat berat secara jangka panjang. Jangka waktu sewa dan pembayaran biasanya berdasarkan perjanjian mingguan atau bulanan. Selain beban sewa per jam, biasanya pihak penyewa juga membayar untuk biaya sewa operator dan biaya bahan bakar pelumas.

4.6.1 Biaya Operasi Alat

Untuk menghitung biaya operasi alat dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut

Biaya Operasi = Biaya Sewa Alat /Hari + Biaya Operator/Hari + Biaya Bahan Bakar/Hari

Sebagai contoh perhitungan, digunakan rincian biaya pada pekerjaan pemadatan tanah. Dimana rumus untuk menghitung biaya bahan bakar sebagai berikut:

$$= F \times 0,2 \text{ (solar)} \times h \times PK$$

Dimana:

F = Faktor efisiensi (60%-80%), dan diambil nilai tengah 70%

H = Harga bahan bakar per liter

PK = Nilai PK alat berat yang bersangkutan (horse power)

1 Liter Solar = Rp. 9.800,00 / liter ,maka :

Biaya bahan bakar = $0.7 \times 0.2 \times \text{Rp. } 9.800 \times PK$

Biaya mobilisasi/demobilisasi =Rp. 5.000.000

Biaya Operator = Rp. 20.000 / jam

Pekerjaan Pemadatan Tanah

Alat yang digunakan Vibrator Roller tipe BW 145D-3

Biaya Sewa Vibrator Roller = Rp. 120.000 / jam

Biaya Operator	= Rp. 20.000 / jam
Biaya Bahan Bakar	= 0.7 x 0.2 x Rp.9800 x 75 = Rp 102.900
Biaya Operasi	= Rp. 120.000 + Rp. 20.000 + Rp. 102.900 = Rp. 242.900 / hari

4.6.2 Total Biaya Sewa Alat Berat yang dipakai

Untuk menghitung biaya sewa yang dibutuhkan dalam penggunaan alat berat, dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

$$\text{Biaya Sewa} = \text{Biaya Operasi/jam} \times \text{Jumlah Alat} \times \text{Lama Sewa} + (\text{Biaya Mobilisasi/Demobilisasi} \times \text{Jumlah Alat})$$

Pekerjaan Pematatan Tanah

$$\text{Lama Sewa} = 6 \text{ Hari} = 48 \text{ jam}$$

$$\text{Jumlah Alat} = 1 \text{ Unit}$$

$$\text{Biaya Mobilisasi} = \text{Rp. 5.000.000,00}$$

$$\begin{aligned} \text{Biaya Sewa Alat} &= \text{Rp. 242.900 / jam} \times 1 \text{ unit} \times 48 \\ &\text{jam} + (\text{Rp. 5.000.000} \times 1 \text{ unit}) \\ &= \text{Rp. 16.659.200} \end{aligned}$$

Rincian perhitungan biaya pada pekerjaan lain dapat dilihat pada **Tabel 4.21** dibawah ini

Tabel 4.21 Rekapitulasi Biaya Sewa Alat

Jenis Alat / Jenis Biaya	Biaya Sewa / jam	Biaya Operator / jam	Biaya Bahan Bakar / jam	Total Biaya / jam	Lama Bekerja per jam	Jumlah Alat	Biaya Mobilisasi	Total Biaya
FE 74 10T	Rp85,000	Rp15,000	Rp170,128	Rp270,128	240	5	Rp5,000,000	Rp329,153,600
PC-300	Rp285,000	Rp20,000	Rp337,512	Rp642,512	240	1	Rp20,000,000	Rp174,202,880
GD 200 - A1	Rp130,000	Rp20,000	Rp89,180	Rp259,180	48	1	Rp5,000,000	Rp16,480,640
BW 145D-3	Rp120,000	Rp20,000	Rp102,900	Rp242,900	48	1	Rp5,000,000	Rp16,659,200
Total Biaya								Rp536,496,320

Dari tabel tersebut didapatkan nilai total biaya sewa beberapa alat yaitu : dump truck tipe FE 74 10T, excavator tipe PC-300, motor grader tipe GD 200-A1 dan vibration roller tipe BW 145D-3. Hasil dari total biaya sewa alat sebesar Rp. 536.496.320,00.

4.7 Penjadwalan

4.7.2 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan akan dicoba dengan menggunakan MS Project. Penyelesaian proyek akan dilakukan secara bertahap, jadi kegiatan satu belum selesai dikerjakan, kegiatan berikutnya menunggu selesai kegiatan sebelumnya, dikarenakannya keterbatasan lokasi. Predecessor adalah kegiatan yang mendahului kegiatan lainnya.

Dari proses pelaksanaan pekerjaan yang ada, dimana pertama-tama akan dilakukan Penggalan tanah dengan Excavator. Tanah hasil galian akan dimuat ke truck yang kemudian akan diletakkan di daerah fill. Jadi pada penjadwalannya pekerjaan penggalan tanah dan pemindahan dapat dilakukan secara bersamaan dalam satu hari. Setelah tanah dirug di daerah fill kemudian akan dilanjutkan dengan perataan tanah dengan Motor Grader. Setelah tanah diratakan maka akan dilakukan pekerjaan pemadatan tanah menggunakan Vibration Roller.

Untuk hubungan antar pekerjaan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.22 Penjadwalan Proyek dengan Ms Project

Nama Pekerjaan	Durasi	Start	Finish	Predecessors	Resource
PEKERJAAN TANAH	42 hari	13/08/18	29/09/18		
GALIAN	30 hari	13/08/18	15/09/18		Excavator
STA 350 - 450	3 hari	13/08/18	15/08/18		Excavator
STA 900 - 930	2 hari	16/08/18	17/08/18	3	Excavator
STA 1050 - 1100	3 hari	18/08/18	21/08/18	4	Excavator
STA 1400 - 1800	16 hari	22/08/18	08/09/18	5	Excavator
STA 1800 - 1950	3 hari	10/09/18	12/09/18	6	Excavator
STA 1950 - 2250	3 hari	13/09/18	15/09/18	7	Excavator
PEMINDAHAN TANAH	30 hari	13/08/18	15/09/18		Excavator, Dump Truck[5]
STA 350 - 450	3 hari	13/08/18	15/08/18		Dump Truck, Excavator
STA 900 - 930	2 hari	16/08/18	17/08/18	10	Dump Truck, Excavator
STA 1050 - 1100	3 hari	18/08/18	21/08/18	11	Dump Truck, Excavator
STA 1400 - 1800	16 hari	22/08/18	08/09/18	12	Dump Truck, Excavator
STA 1800 - 1950	3 hari	10/09/18	12/09/18	13	Dump Truck, Excavator
STA 1950 - 2250	3 hari	13/09/18	15/09/18	14	Dump Truck, Excavator
PERATAAN TANAH	6 hari	17/09/18	22/09/18	2,9	Motor Grader

Nama Pekerjaan	Durasi	Start	Finish	Predecessors	Resource
STA 350 - 450	1 hari	17/09/18	17/09/18		Motor Grader
STA 900 - 930	1 hari	18/09/18	18/09/18	17	Motor Grader
STA 1050 - 1100	1 hari	18/09/18	18/09/18	17	Motor Grader
STA 1400 - 1800	2 hari	19/09/18	20/09/18	18,19	Motor Grader
STA 1800 - 1950	1 hari	21/09/18	21/09/18	20	Motor Grader
STA 1950 - 2250	1 hari	22/09/18	22/09/18	21	Motor Grader
PEMADATAN TANAH	6 hari	24/09/18	29/09/18	16	Vibration Roller
STA 350 - 450	1 hari	24/09/18	24/09/18		Vibration Roller
STA 900 - 930	1 hari	25/09/18	25/09/18	24	Vibration Roller
STA 1050 - 1100	1 hari	25/09/18	25/09/18	24	Vibration Roller
STA 1400 - 1800	2 hari	26/09/18	27/09/18	25	Vibration Roller
STA 1800 - 1950	1 hari	28/09/18	28/09/18	27	Vibration Roller
STA 1950 - 2250	1 hari	29/09/18	29/09/18	28	Vibration Roller

4.7.2 Durasi Pekerjaan

Berdasarkan analisa pemakaian alat berat pada pekerjaan ini, maka didapat durasi sebagai berikut :

- a. Pekerjaan Penggalian Tanah
 - Jenis Alat : Excavator PC – 300, 1 unit
 - Durasi Pekerjaan : 30 hari

- b. Pekerjaan Pemindahan Tanah
 - Pemindahan tanah dari lokasi cutting ke lokasi filling
 - Jenis Alat : Dump Truck FE 74 10T, 5 unit
 - Durasi Pekerjaan : 30 hari

- c. Pekerjaan Filling and Spreading (Penimbunan dan Perataan Tanah)
 - Jenis Alat : Moto Grader GD 200-A1, 1 unit
 - Durasi Pekerjaan : 6 hari

- d. Pekerjaan Compacting (Pemadatan Tanah)
 Jenis Alat : Vibration Roller BW 145D3, 1 unit
 Durasi Pekerjaan : 6 hari

4.8 Perbandingan Data Existing dengan Hasil Analisa Perhitungan

Setelah didapatkan hasil dari perhitungan maka dapat dibandingkan hasil analisa dengan data existing yang dapat dilihat pada **Tabel 4.23** dibawah ini :

Tabel 4.23 perbandingan data existing dan analisa

No	Perbandingan Data Existing dan Analisa			
	Data Existing		Data Analisa	
1	Pemakaian alat			
	a. Excavator :	PC-200, 2 unit	a. Excavator	PC-300, 1 unit
	b. Dump Truck :	10T, 6 unit	b. Dump Truck	10T, 5 unit
	d. Motor Grader	1 unit	c. Motor Grader	1 unit
	e. Vibration Roller	2 unit	d. Vibration Roller	1 unit
2	Durasi Pekerjaan			
	40 Hari kerja		42 Hari kerja	
3	Total Biaya			
	Rp666,864,640.00		Rp536,496,320.00	

Dari tabel diatas dapat disimpulkan bahwa biaya dari data analisa/perhitungan lebih efisien 19.5% dari data existing dengan rincian penggunaan alat Excavator PC-300 1 unit, Dump Truck 10 ton 5 unit, Motor Grader 1 unit dan Vibration Roller 1 unit.

Dengan penggunaan kombinasi 1 unit Excavator PC-300 dan 5 unit Dump Truck 10 ton lebih hemat dari segi biaya dan memiliki produktivitas yang tidak jauh berbeda dari kombinasi 2 unit PC-200 dan 6 unit Dump truck 10 ton. Penggunaan Vibration Roller menggunakan 1 unit dikarenakan 1 unit sudah memenuhi kebutuhan kerja untuk mencapai produktivitas yang dibutuhkan.

Dengan demikian dari hasil analisa diatas didapatkan durasi pengerjaan proyek selama 42 hari yang sudah memenuhi target dan memiliki total biaya pemakaian alat berat yang lebih sedikit dari data existing, sehingga rumus dan data analisa dapat digunakan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa, jenis dan tipe alat berat yang dibutuhkan untuk pekerjaan tanah pada proyek Peningkatan Jalan Dersono-Kalak di Pacitan, ada beberapa pekerjaan yang dikerjakan diantaranya pekerjaan galian tanah, pekerjaan pemindahan tanah, pekerjaan penimbunan, pekerjaan perataan tanah, pekerjaan pemadatan tanah.

Dalam pekerjaan galian tanah (cut and fill) dengan volume sebesar 14488.21 m³. dengan peralatan yang digunakan adalah 1 unit Excavator tipe PC – 300. Dalam pekerjaan pemindahan tanah dengan volume sebesar 14488.21 m³ dengan peralatan yang digunakan adalah 5 unit Dump Truck FE 74 10T. Dalam pekerjaan penimbunan tanah dan perataan tanah dengan volume sebesar 3069.5 m³ dengan peralatan yang digunakan adalah 1 unit Motor Grader tipe GD 200-A1. Dalam pekerjaan pemadatan tanah dengan volume sebesar 3069.5 m³ dengan peralatan yang digunakan adalah 1 unit Vibration Roller BW 145D-3.

Dengan ini total waktu penyelesaian untuk pekerjaan tanah pada proyek Peningkatan Jalan Dersono-Kalak di Pacitan adalah 42 hari kerja. Total biaya peralatan yang dibutuhkan untuk pekerjaan tanah pada proyek Peningkatan Jalan Dersono-Kalak di Pacitan kurang lebih adalah Rp536,496,320 (Lima ratus tiga puluh enam juta Empat ratus sembilan puluh enam ribu tiga ratus dua puluh).

5.2 Saran

Dari kesimpulan diatas, untuk memperoleh hasil penjadwalan, kombinasi alat berat, dan biaya yang lebih efisien lagi dalam perencanaan pekerjaan tanah, maka pemilihan alat berat yang jumlahnya lebih berfariatif baik jenis maupun tipe agar didapatkan kombinasi alat berat yang lebih efisien. Diperlukan berbagai alternatif metode pelaksanaan yang dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Asiyanto, IR. MBA, IPM. Manajemen Alat Berat untuk Konstruksi. Yogyakarta : Pradnya Paramita
- Amin, Riduan R. 2014. Manajemen Peralatan Berat Untuk Jalan. Yogyakarta : Graha Ilmu
- Fatena R., Sussy. 2008. Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi. Jakarta: Rineka Cipta
- Komatsu LTD. 1998. Specification And Application Handbook. Tokyo. Edisi 23
- Rochmanhadi. 1985. Perhitungan biaya Pelaksanaan Pekerjaan Dengan Menggunakan Alat – Alat Berat. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum
- Rochmanhadi. 1990. Pengantar dan Dasar – Dasar Pemindahan Tanah Mekanis. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum
- Rochmanhadi. 1992. Alat Berat dan Penggunaannya. Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum
- Tenrisukki T., Andi. 2003. Pemindahan Tanah Mekanis. Jakarta: Gunadarma

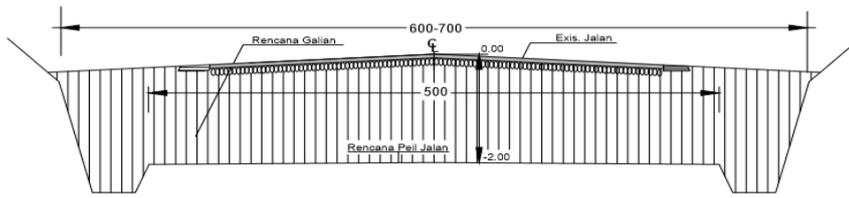
LEMBAR SENGAJA DIKOSONGKAN

LAMPIRAN

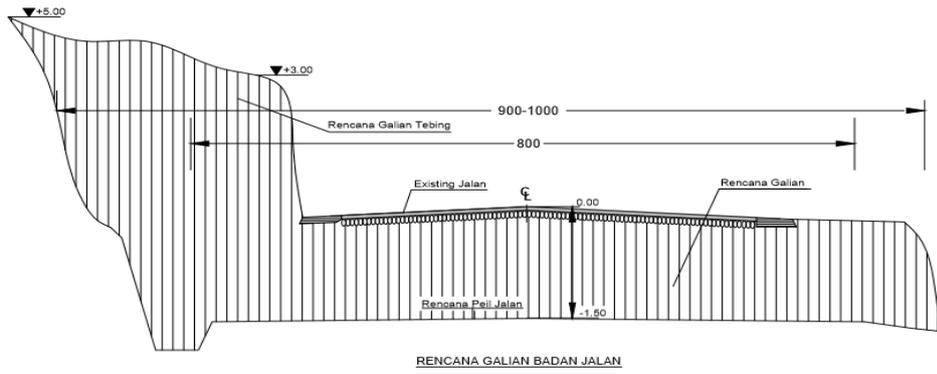
PETA KABUPATEN PACITAN



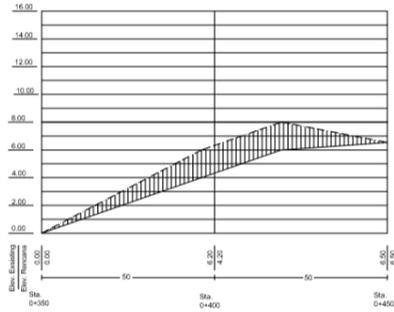




RENCANA GALIAN BADAN JALAN

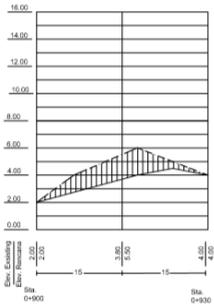


RENCANA GALIAN BADAN JALAN



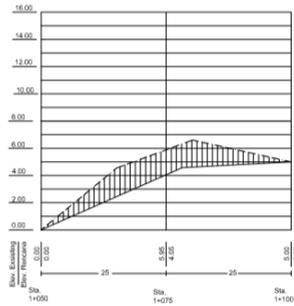
Detail Galian Dan Timbunan
 STA : 0+350-0+450

----- ELEVASI
 EXISTING
 _____ ELEVASI RENCANA



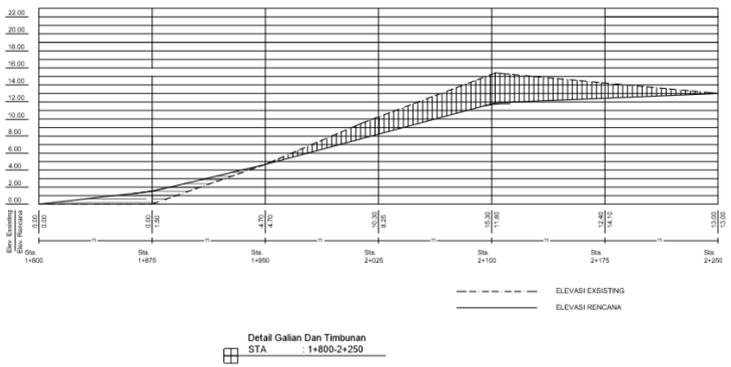
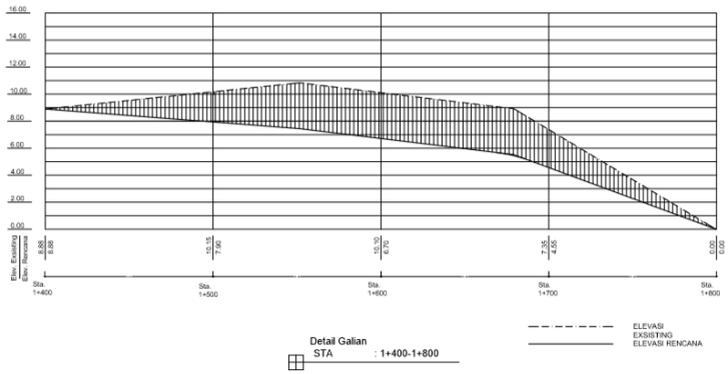
Detail Galian Dan Timbunan
 STA : 0+900-0+930

----- ELEVASI
 EXISTING
 _____ ELEVASI RENCANA



Detail Galian Dan Timbunan
 STA : 1+050-1+100

----- ELEVASI
 EXISTING
 _____ ELEVASI RENCANA





Ahmad Sahid Sudargo,

Penulis dilahirkan 2 Juni 199, merupakan anak kelima dari lima bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Baleharjo 2 (Pacitan), SMPN 1 Pacitan (Pacitan), SMA Assalaam (Surakarta). Setelah lulus dari SMA penulis mengikuti ujian masuk perguruan tinggi di ITS dan diterima di Jurusan Teknik Sipil pada Tahun 2015.