



TUGAS AKHIR - RC14-1501

**PERENCANAAN ALAT BERAT
PADA PEKERJAAN TANAH PROYEK
PEMBANGUNAN PACKING PLANT
PT. SEMEN INDONESIA DI BALIKPAPAN**

MUHAMMAD ANNAS THAYEB
NRP : 3112106014

Dosen Pembimbing
TRI JOKO WAHYU ADI, ST, MT., Ph.D

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT RC14-1501

**THE PLAN OF HEAVY EQUIPMENT USAGE ON
PT. SEMEN INDONESIA PACKING PLANT
PROJECT ON BALIKPAPAN**

MUHAMMAD ANNAS THAYEB
NRP : 3112106014

Counsellor Lecturer
TRI JOKO WAHYU ADI, ST, MT., Ph.D

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN
PERENCANAAN ALAT BERAT
PADA PEKERJAAN TANAH PROYEK
PEMBANGUNAN PACKING PLANT
PT. SEMEN INDONESIA DI BALIKPAPAN

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Manajemen Konstruksi
Program Studi Lintas Jalur S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

MUHAMMAD ANNAS THAYEB

NRP. 3112 106 014

19/1-2015

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Trijoko Wahyu Adi, ST, M.T, PhD



SURABAYA, JANUARI 2015

**PEMILIHAN ALAT BERAT
PADA PEKERJAAN TANAH PROYEK
PEMBANGUNAN PACKING PLANT
PT. SEMEN INDONESIA
DI BALIKPAPAN**

Nama Mahasiswa : Muhammad Annas Thayeb
NRP : 311.210.6014
Dosen Pembimbing : Tri Joko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D

Abstrak

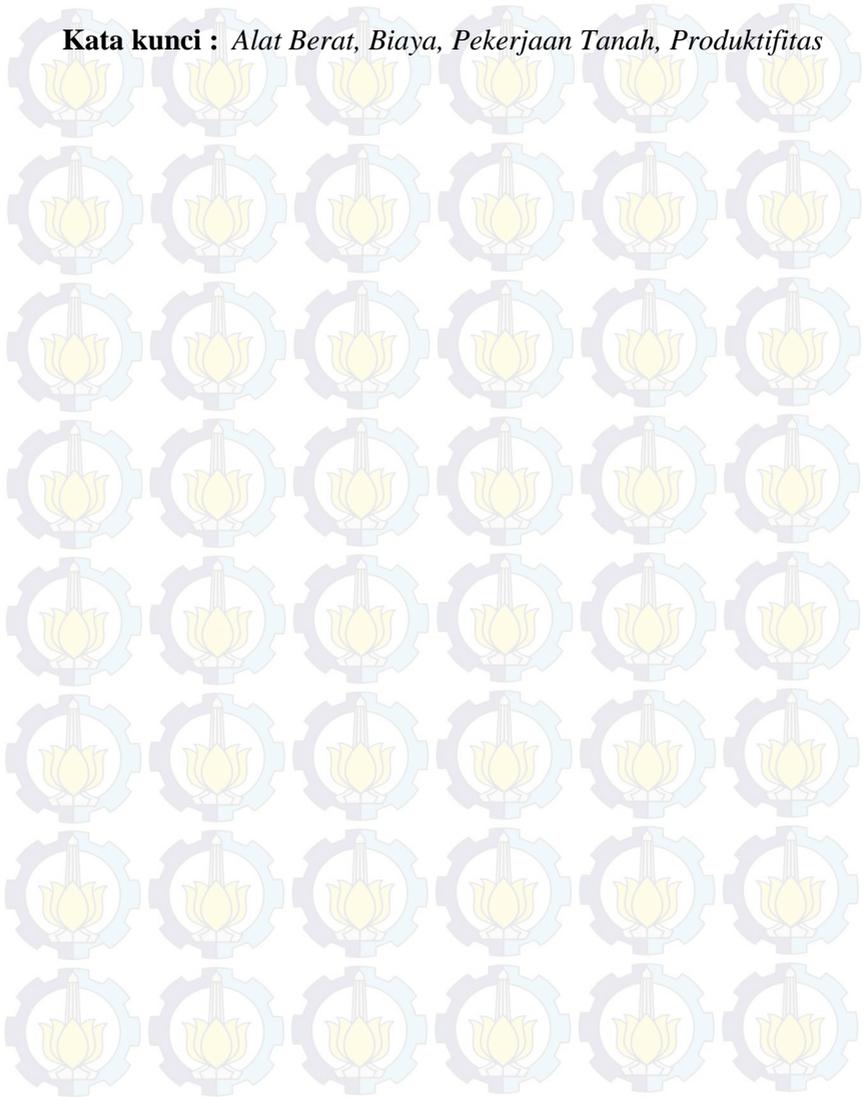
Dalam proyek konstruksi, alat berat memegang peranan penting, terutama untuk proyek konstruksi dengan skala besar. Pada pekerjaan di wilayah ini dibutuhkan alat berat, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah. Kesalahan dalam pemilihan alat dapat menyebabkan waktu dan biaya yang dikeluarkan terbuang dengan percuma. Alat berat yang akan digunakan dalam tugas akhir ini, berhubungan erat dengan pekerjaan tanah. Pekerjaan ini merupakan hal yang sangat penting dan terkadang merupakan bagian terbesar dari seluruh pekerjaan suatu proses pembangunan.

Penelitian ini dilakukan untuk merencanakan kebutuhan pemakaian alat berat pada pekerjaan tanah meliputi analisa produktivitas alat berat, jumlah dan tipe alat berat yang digunakan, biaya yang dibutuhkan dan penjadwalan pemakaian alat berat. Dalam perhitungan ini digunakan metode yang mengacu pada perhitungan Pemindahan Tanah Mekanis (PTM.) Analisa kombinasi alat berat dilakukan untuk mendapatkan biaya, dan idle time yang paling efisien.

Dari hasil analisa yang direncanakan, didapatkan beberapa tipe alat berat yang digunakan dalam proyek ini antara lain adalah : 1 unit Bulldozer tipe D-41 P-3; 1 unit Bulldozer tipe D70- LE; 1 unit Vibration Roller tipe JV 100 A-1; 21 unit Dump Truck 18 ton ; 1 unit Motor Grader tipe GD 31-3H; 2 unit Excavator tipe PC - 200. Besarnya biaya sewa penggunaan alat

pada proyek tersebut adalah Rp 3.335.468.125,00 dengan total waktu penyelesaian selama 391 hari kalender.

Kata kunci : *Alat Berat, Biaya, Pekerjaan Tanah, Produktifitas*



THE PLAN OF HEAVY EQUIPMENT USAGE ON PT. SEMEN INDONESIA PACKING PLANT PROJECT ON BALIKPAPAN

Student Name : Muhammad Annas Thayeb
NRP : 311.210.6014
Counsellor Lecturer : Trijoko Wahyu Adi, ST., MT., Ph.D

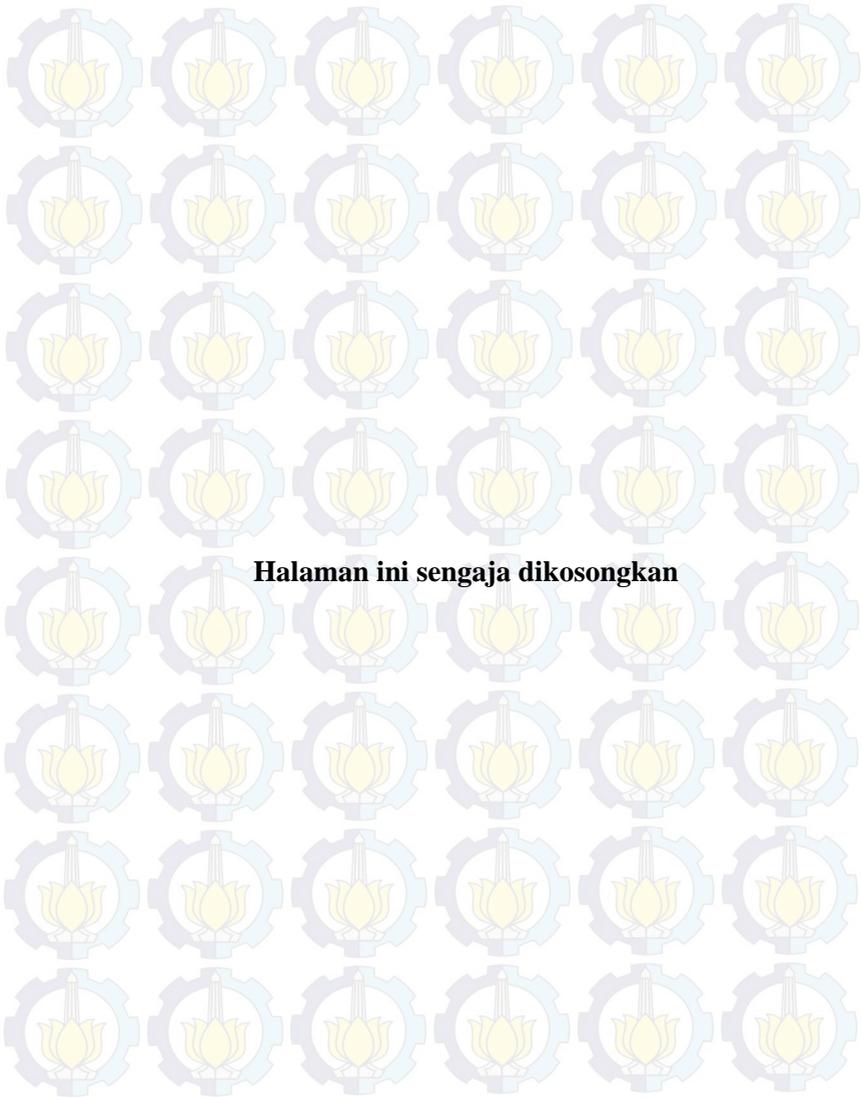
Abstrak

The construction project, heavy equipment hold a crucial role, especially in construction projects in a large scale. The work in this area, we need a heavy instrument results in the hope that we can achieve more easily. Elections can lead to mistakes the time, and cost incurred been in vain. Heavy equipment will be used in the end it, closely related to the ground. Work is a very important and sometimes it is the largest of all the work of the development process.

The study is done to plan for discharging heavy equipment on work productivity ground covering the machines, the amount and type of heavy equipments used, fund and scheduling discharging heavy equipment. calculations used in this method based on the calculation of mechanical (ptn.), the heavy equipments performed to obtain fees, And idle time most efsien.

From the draft calculation, it condudes some of heavy equipment which is used on this project such as 1 units Bulldozer type *D-41 P-3*; 1 units Bulldozer type *D70- LE 3*; 1 units Vibration Rollers type *JV 100 A-1*; 1 unit Motor Grader tipe *GD 31-3H*; 21 units Dump Truck 18 ton; 2 unit Excavator tipe *PC - 200* . The rent cost of all those heavy equipment in that project is amount Rp. 3.335.468.125,00 with total period is 391 days.

Key Word : *Heavy Equipment, Cost, Eartwork, Productivity*



Halaman ini 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 ALAT BERAT PADA PEKERJAAN TANAH PROYEK PEMBANGUNAN PACKING PLANT PT. SEMEN INDONESIA DI BALIKPAPAN”**.

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 Tri Joko Wahyu Adi, ST, MT., Ph.D. selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan selama proses penyusunan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Budi Suswanto, ST. MT. PhD., selaku dosen wali.
5. Seluruh dosen pengajar dan staf pegawai Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, terima kasih atas segala ilmu yang telah diberikan.
6. Rekan – rekan mahasiswa LJ Teknik Sipil ITS Surabaya.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, 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, dan khususnya bagi penulis.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman Judul	
Abstrak	i
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	x
Daftar Tabel	xii
BAB I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3
BAB II Tinjauan Pustaka	5
2.1 Pengenalan Sifat Fisik Material.....	5
2.1.1 Perubahan Kondisi Material.....	5
1. Perubahan Keadaan Asli (<i>Bank Condition</i>).....	6
2. Keadaan Lepas (<i>Loose Condition</i>).....	6
3. Keadaan Padat (<i>Compact Condition</i>).....	7
2.1.2 Berat Material.....	9
2.1.3 Bentuk Material.....	10
2.1.4 <i>Kohevisitas</i> (Daya Ikat) Material.....	10
2.1.5 Kekerasan Material.....	11
2.2 Alat Berat.....	11
2.2.1 Bulldozer.....	12
1. Alat Gerak.....	13
2. Kendali Gerak.....	15
3. Tipe Pisau (<i>Blade</i>).....	16
2.2.2 Compactor.....	18
1. <i>Vibration Roller</i>	22
2.2.3 Excavator.....	24
2.2.4 Motor Grader.....	24
2.2.5 Dump Truck.....	26

2.3	Taksiran Faktor Koreksi Produksi	29
1.	Faktor Efisiensi Waktu	30
2.	Faktor Efisiensi Kerja	31
3.	Faktor Efisiensi Operator	31
4.	Faktor Ketersediaan Alat (<i>Machine Availability</i>)	32
BAB III	Metodologi Penelitian	33
3.1	Umum	33
3.2	Tahapan Penelitian.....	35
3.3	Pengumpulan Data.....	35
3.4	Rencana Produksi Harian.....	35
3.5	Menghitung Produktivitas dan Kebutuhan Alat.....	35
3.6	Menghitung Biaya Operasional Alat Berat.....	36
a.	Biaya Penyewaan Alat	36
b.	Bahan Bakar.....	37
c.	Upah <i>Operator</i> dan <i>Helper</i>	37
d.	Biaya <i>Mobilisasi</i> dan <i>Demobilisasi</i>	37
e.	Biaya Operasional Total	37
3.7	Penjadwalan Alat Berat.....	38
3.8	Pemilihan Alat Berat.....	38
BAB IV	Metode Pelaksanaan	39
4.1	Umum	39
4.2	Pekerjaan Pembersihan Lahan	39
4.3	Pekerjaan Timbunan dan Penghamparan Tanah	42
4.4	Pekerjaan Pematatan Tanah	44
BAB V	Perhitungan Alat Berat	47
5.1	Umum	47
5.2	Gambaran Umum Proyek	47
5.3	Perhitungan Produktivitas Peralatan	48
5.3.1	Excavator	48
5.3.2	Dump Truck	53
5.3.3	Bulldozer.....	60
5.3.4	Motor Grader	66
5.3.5	Compactor.....	68
5.4	Perhitungan Jumlah dan Pemilihan Alat	72

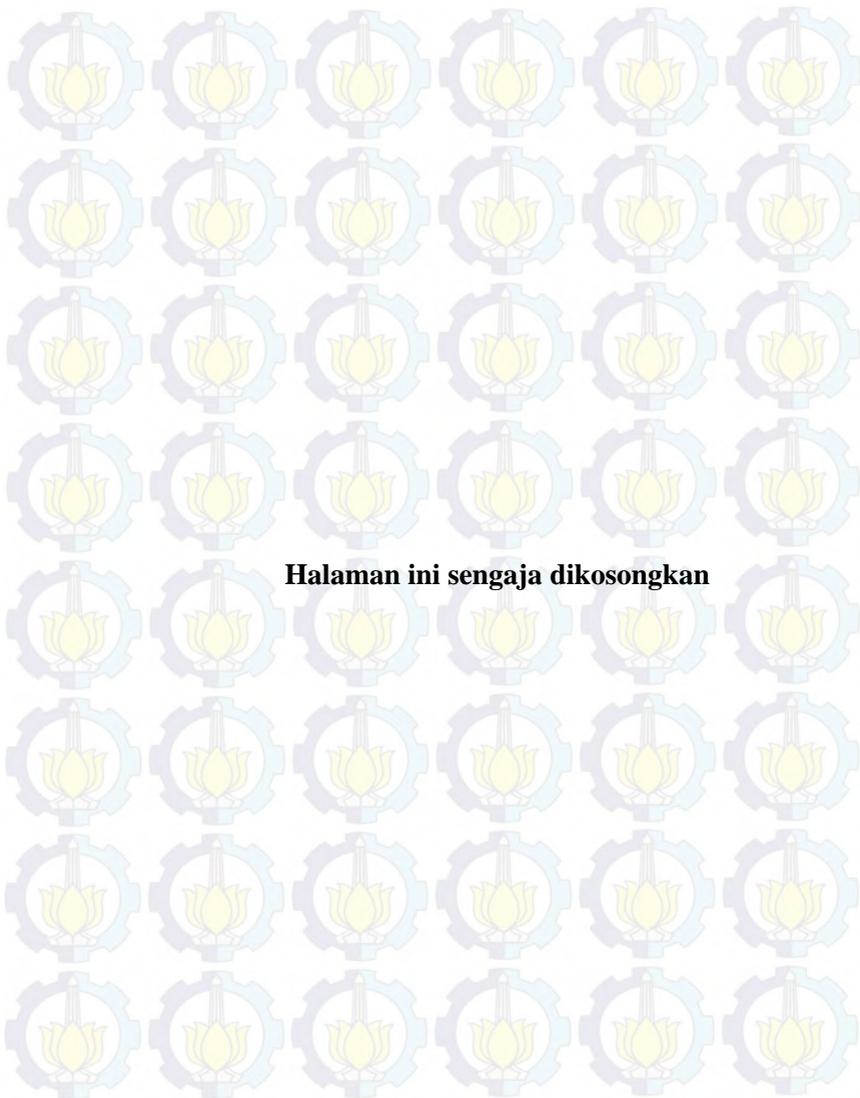
5.4.1	Pekerjaan Pembersihan Lahan	72
5.4.2	Pekerjaan Penggalian Tanah	75
5.4.3	Pekerjaan Pemindahan Tanah	79
5.4.4	Penimbunan Dan Perataan Tanah	86
5.4.5	Pekerjaan Pemadatan Tanah	90
5.5	Analisa Biaya	93
5.6	Penjadwalan	95

BAB VI Kesimpulan dan Saran 99

6.1	Kesimpulan	99
-----	------------------	----

6.2	Saran	100
-----	-------------	-----

**Daftar Pustaka
Lampiran**



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Keadaan Material dalam <i>Earth Moving</i>	6
Gambar 2.2	<i>Bulldozer</i>	14
Gambar 2.3	<i>U – Blade</i>	17
Gambar 2.4	<i>S – Blade</i>	17
Gambar 2.5	<i>A – Blade</i>	17
Gambar 2.6	<i>C – Blade</i>	18
Gambar 2.7	<i>Bowldozer</i>	18
Gambar 2.8	<i>Light Material U – Blade</i>	19
Gambar 2.9	<i>Vibration Roller</i>	23
Gambar 2.10	Bagian – Bagian <i>Vibration Roller</i>	24
Gambar 2.11	<i>Excavator</i>	24
Gambar 2.12	<i>Motor Grader</i>	25
Gambar 2.13	<i>Dump Truck</i>	29
Gambar 3.1	Tahapan Penelitian.....	33
Gambar 4.1	Lay Out Packing Plant.....	40
Gambar 4.2	Peta Lokasi.....	41
Gambar 4.3	Tahapan pekerjaan tanah.....	41
Gambar 4.4	Sketsa Alur Pelaksanaan.....	42
Gambar 4.5	Pengangkutan Tanah Dari Quarry ke lokasi.....	43
Gambar 4.6	Penimbunan Pada Lokasi.....	43
Gambar 4.7	Penghamparan Dengan <i>Bulldozer</i>	43
Gambar 4.9	Pemadatan Tanah Dengan <i>Compactor</i>	44
Gambar 5.1	Layout Pekerjaan Pembersihan Lahan.....	74
Gambar 5.2	Layout Pekerjaan Galian.....	78
Gambar 5.3	Hubungan Biaya dan Idle Time.....	85
Gambar 5.4	Layout Pekerjaan Urugan dan Perataan Tanah.....	92
Gambar 5.5	Penjadwalan Dengan <i>Predence Diagram Method</i>	97



Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Swelling Factor.....	7
Tabel 2.2	Faktor Konversi Volume Tanah / Material.....	9
Tabel 2.3	Perbandingan <i>Crawler Mounted</i> dan <i>Wheel Mounted</i>	13
Tabel 2.4	Perbandingan <i>Cable Controlled</i> dan <i>Hydraulic Controlled</i>	16
Tabel 2.5	Pembagian Fungsi Alat Pematat Berdasarkan Jenis Tanah.....	22
Tabel 2.6	Efisiensi Waktu Berdasarkan Kondisi Kerja.....	31
Tabel 2.7	Nilai Efisiensi Kerja Alat.....	31
Tabel 2.8	Nilai Efisiensi Operator.....	32
Tabel 5.1	Bucket Factor.....	49
Tabel 5.2	Standart Cycle Time Excavator.....	49
Tabel 5.3	Kedalaman dan Kondisi Penggalian Excavator.....	50
Tabel 5.4	Faktor Efisiensi Kerja.....	50
Tabel 5.5	Faktor Efisiensi Waktu.....	50
Tabel 5.6	Faktoc Efisiensi Operator.....	51
Tabel 5.7	Perhitungan Excavator Model lain	
Tabel 5.8	Waktu Dumping dan Persiapan Loading.....	55
Tabel 5.9	Kombinasi Dump Truck dan Excavator.....	59
Tabel 5.10	Blade factor Untuk Bulldozer.....	61
Tabel 5.11	Faktor Efisiensi Kerja Bulldozer.....	61
Tabel 5.12	Prduktivitas Bulldozer Pekerjaan Urugan.....	63
Tabel 5.13	Faktor efisiensi kerja Bulldozer Land Clearing.....	65
Tabel 5.14	Produktivitas Motor Grader.....	68
Tabel 5.15	ProduktivitasCompactor Pematatan.....	71
Tabel 5.16	Kombinasi Dump Truck dan Excavator.....	82
Tabel 5.17	Rincian Biaya Dump Truck 10T.....	83
Tabel 5.18	Rincian Biaya Excavator PC 100.....	84
Tabel 5.19	Rincian Biaya Dump Truck 18T.....	84
Tabel 5.20	Rincian Biaya Excavator PC 100.....	84
Tabel 5.21	Rincian Biaya Dump Truck 18T.....	84
Tabel 5.22	Rincian Biaya Excavator PC 200.....	85



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semen adalah komoditas yang penting bagi Indonesia untuk mengimplementasikan program-program pembangunan nasional dan rehabilitasi infrastruktur. Kegagalan dalam menjamin ketersediaan supply semen akan menyebabkan terganggunya pelaksanaan program-program pembangunan dan rehabilitasi infrastruktur nasional. Hal ini dapat mengganggu program peningkatan kesejahteraan masyarakat karena perkembangan ekonomi Indonesia yang terus meningkat setiap tahun sangat berpengaruh pada percepatan infrastruktur sarana dan prasarana tiap wilayah di Indonesia. Adanya percepatan infrastruktur tiap-tiap wilayah maupun daerah tertinggal menyebabkan semakin tingginya kebutuhan dan permintaan semen nasional dalam jumlah banyak.

PT. Semen Indonesia merasa bertanggung jawab terhadap kontinuitas supply semen nasional. Karena itu untuk mengimbangi permintaan pasar yang cukup besar maka PT. Semen Indonesia memutuskan untuk membangun packing plant di 18 wilayah di seluruh Indonesia, dan salah satunya adalah packing plant yang terletak di Balikpapan.

Salah satu pekerjaan yang membutuhkan perhatian dan penanganan khusus pada proyek pembangunan packing plant ini adalah pekerjaan tanah. Pekerjaan tanah ini tidak bias dilakukan sembarangan. Setiap jenis pekerjaan membutuhkan peralatan berat dengan jenis tertentu. Semisal untuk pekerjaan mengurugnya sendiri membutuhkan alat berat seperti bulldozer atau motor grader. Demikian juga untuk jenis pekerjaan yang lain. Untuk memperoleh hasil yang optimum sebaiknya perencanaan jenis dan jumlah alat berat yang digunakan harus semaksimal mungkin sehingga bias diefisiensikan dengan biaya dan waktu konstruksi yang direncanakan.

Banyaknya tipe alat berat di pasaran memaksa kita untuk memilih dengan seksama agar nantinya biaya yang kita keluarkan untuk penggunaan alat berat tersebut tidak terlalu besar. Selain itu, waktu penggunaan alat berat juga harus diperhatikan agar pelaksanaan pekerjaan dapat sesuai atau bahkan dapat dikerjakan lebih cepat dari jadwal yang telah ditentukan. Selain itu biaya yang dikeluarkan untuk operasional dapat seefisien mungkin, tanpa alat mengalami idle time.

Seperti yang telah dijelaskan diatas, lingkup pekerjaan yang dominan adalah pekerjaan tanah. Dalam pelaksanaannya, terdapat beberapa supplier untuk pekerjaan timbunan dan pemadatan tanah. Metodologi yang digunakan adalah dengan menghitung produktivitas alat berat yang akan digunakan, membuat alternatif rencana pelaksanaan pada pekerjaan tanah, menghitung jam kerja alat, mencari jumlah alat yang dipakai, membuat penjadwalan serta menghitung biaya total pemakaian alat berat pada pekerjaan tanah.

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang di atas, untuk mendapatkan kinerja alat berat yang optimal, dan mengurangi terjadinya penyimpangan yang berkaitan dengan efektifitas kerja dan biaya, maka diambil suatu rumusan masalah sebagai berikut :

1. Berapa jumlah alat berat yang dibutuhkan dengan jenis dan tipe alat berat sesuai di lapangan dalam pekerjaan tanah pada proyek pembangunan packing plant PT. Semen Indonesia di Balikpapan?
2. Berapa total biaya yang dibutuhkan dalam penggunaan alat berat pada proyek pembangunan packing plant PT. Semen Indonesia di Balikpapan?
3. Bagaimana penjadwalan pada proyek pembangunan packing plant PT. Semen Indonesia di Balikpapan?

1.3 Tujuan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Menganalisa jumlah dan tipe alat berat yang dibutuhkan dalam pekerjaan tanah pada proyek pembangunan packing plant PT. Semen Indonesia di Balikpapan.
2. Menghitung total biaya yang dibutuhkan dalam penggunaan alat berat pada proyek pembangunan packing plant PT. Semen Indonesia di Balikpapan
3. Membuat jadwal pada proyek pembangunan packing plant PT. Semen Indonesia di Balikpapan.

1.4. Batasan Masalah

Batasan-batasan masalah yang diambil dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Perencanaan ini difokuskan pada pekerjaan tanah Proyek Pembangunan packing plant PT. Semen Indonesia di Balikpapan.
2. Hanya memperhitungkan biaya langsung.
3. Tidak memperhitungkan adanya kenaikan harga.
4. Standart harga sewa alat untuk tiap-tiap pekerjaan berdasarkan pada harga rata – rata eksisting di lapangan.
5. Lingkup bahasan hanya pada pekerjaan tanah untuk pembangunan packing plant

1.5 Manfaat

Manfaat dari penulisan Tugas Akhir ini adalah agar dapat mengetahui tentang proses pekerjaan tanah dan penggunaan alat berat yang efektif dan efisien. Selain itu dapat memberikan gambaran penggunaan alat berat yang baik, sehingga dalam menghitung jumlah kebutuhan alat, melakukan penjadwalan, dan mengestimasi biaya penggunaan alat berat lebih optimal.

1.6 Sistematika Penulisan

BAB I PENDAHULUAN, berisi tentang latar belakang masalah yang ada pada objek penelitian. Selain itu berisi tentang rumusan masalah dan batasan masalah serta tujuan dan manfaat dari Tugas Akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, berisi tentang konsep dasar teori metode alat berat dan penjelasan tentang alat berat yang digunakan.

BAB III METODOLOGI, berisi tentang metodologi yang digunakan dalam proses pengerjaan tugas akhir ini, dan berisi tentang variabel penelitian hingga sumber data.

BAB IV METODE PELAKSANAAN, berisi tentang tahapan - tahapan atau cara pelaksanaan pekerjaan tanah, mulai dari pekerjaan pembersihan lahan hingga pekerjaan pemadatan tanah.

BAB V PERHITUNGAN ALAT BERAT, berisi tentang perhitungan alat berat, mulai perhitungan produktivitas, kebutuhan alat, total biaya sewa dan penjadwalan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN, berisi tentang hasil analisis yaitu berupa jumlah alat berat yang digunakan untuk tiap tiap pekerjaan tanah, durasi pekerjaan dan total biaya yang dikeluarkan untuk menyewa alat berat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengenalan Sifat Fisik Material

Menurut Tenrisukki (2003), material yang berada di permukaan bumi ini sangat beraneka ragam, baik jenis, bentuk, dan sebagainya. Oleh karena itu alat yang dapat dipergunakan untuk memindahkan material juga beraneka ragam. 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 :

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

Dengan demikian, harus diperlukan kesesuaian alat dengan kondisi material. Jika tidak, maka akan menimbulkan kesulitan berupa tidak efisiennya alat tersebut sehingga akan menimbulkan kerugian karena banyaknya “*loss time*”.

2.1.1 Perubahan Kondisi Material

Yang dimaksud dengan 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 ditunjukkan pada Gambar 2.1 (Tenrisukki, 2003).



Gambar 2.1. Keadaan Material Dalam *Earth Moving*

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 perhitungan jumlah pemindahan tanah (Tenrisukki, 2003).

2. Keadaan Lepas (*Loose Condition*)

Keadaan material (tanah) setelah dilakukan pengerjaan (*disturb*), tanah demikian misalnya terdapat di depan dozer blade, di atas truck, di dalam bucket dan sebagian material yang tergali dari tempat asalnya, akan mengalami perubahan volume (mengembang). Hal ini disebabkan adanya penambahan rongga udara di antara butiran - butiran tanah. 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” tergantung jenis tanah. Dengan demikian dapat dimengerti bahwa LCM mempunyai nilai yang lebih besar dari BCM (Tenrisukki, 2003).

3. Keadaan Padat (*Compact Condition*)

Menurut Tenrisukki (2003) 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 Measure* (CCM). Sebagai gambaran berikut disajikan tabel mengenai faktor kembang tanah :

Tabel 2.1. Swelling Factor

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

Sumber : Tenrisukki (2003)

Perlu diketahui bahwa angka – angka yang tertera pada Tabel 2.1. 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, kekerasan, dan daya ikat (*cohesivity*). Sebagai contoh untuk tabel di atas adalah sebagai berikut :

Tanah biasa pada keadaan asli (<i>Bank</i>)	: 1 m ³
Swell 20% - 45% (tanah biasa)	: 0.2 – 0.45 m ³
Volume dalam keadaan lepas (<i>Loose</i>)	: 1.2 – 1.45 m ³

Dalam perhitungan produksi, material yang didorong atau digusur dengan menggunakan *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 2.2

Tabel 2.2. Faktor Konversi Volume Tanah / Material

Nature of earth	Initial	Conditions of earth to be moved		
		Bank condition	Loosened condition	Compacted condition
Sand	(A)	1.00	1.11	0.95
	(B)	0.90	1.00	0.86
	(C)	1.05	1.17	1.00
Sandy clay	(A)	1.00	1.25	0.90
	(B)	0.80	1.00	0.72
	(C)	1.11	1.39	1.00
Clay	(A)	1.00	1.43	0.90
	(B)	0.70	1.00	0.63
	(C)	1.11	1.59	1.00
Gravelly soil	(A)	1.00	1.18	1.08
	(B)	0.85	1.00	0.91
	(C)	0.93	1.09	1.00
Gravel	(A)	1.00	1.13	1.03
	(B)	0.88	1.00	0.91
	(C)	0.97	1.10	1.00
Solid or rugged gravel	(A)	1.00	1.42	1.29
	(B)	0.70	1.00	0.91
	(C)	0.77	1.10	1.00
Broken limestone, sandstone and other soft rocks	(A)	1.00	1.65	1.22
	(B)	0.61	1.00	0.74
	(C)	0.82	1.35	1.00
Broken granite, basalt and other hard rocks	(A)	1.00	1.70	1.31
	(B)	0.59	1.00	0.77
	(C)	0.76	1.30	1.00
Broken rocks	(A)	1.00	1.75	1.40
	(B)	0.57	1.00	0.80
	(C)	0.71	1.24	1.00
Blasted bulky rocks	(A)	1.00	1.80	1.30
	(B)	0.56	1.00	0.72
	(C)	0.77	1.38	1.00

(A) Bank condition (B) Loosened condition (C) Compacted condition

Sumber : United Tractor (1996) dan Tenrisukki (2003)

2.1.2 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 (Tenrisukki, 2003).

2.1.3 Bentuk Material

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

2.1.4 Kohesivitas (Daya Ikat) Material

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

2.1.5 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. Bebatuan dalam pengertian *earth moving* terbagi dalam 3 batuan dasar, yaitu :

1. Batuan beku : sifat keras, padat, pejal, dan kokoh.
2. Batuan sedimen : merupakan pelapisan dari yang lunak sampai yang 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).

2.2 Alat Berat

Pada saat awal pengerjaan proyek konstruksi terutama proyek dengan skala besar, kontaktor akan memilih alat berat yang digunakan pada proyek tersebut. Pemilihan alat berat yang akan dipakai merupakan salah satu faktor penting dalam keberhasilan suatu proyek sehingga dapat berjalan dengan lancar. Apabila terjadi kesalahan dalam pemilihan alat berat dapat menyebabkan biaya akan membengkak, sehingga dalam pemilihan alat berat kita harus memperhatikan klasifikasi alat yang digunakan, faktor-faktor pemilihan peralatan, dan biaya operasional peralatan sehingga didapatkan biaya produksi alat berat dan *time schedule*.

Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek – proyek konstruksi dengan skala yang besar. Tujuan penggunaan alat berat tersebut untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat.

Menurut Wilopo (2009), keuntungan – keuntungan menggunakan alat berat antara lain waktu pekerjaan lebih cepat, tenaga besar, ekonomis, dan mutu hasil kerja lebih baik. Pada penggunaan alat berat yang kurang tepat dengan kondisi lapangan, akan berpengaruh pada rendahnya produksi proyek dengan tidak tercapainya jadwal yang telah ditentukan.

2.2.1 Bulldozer

Pada proyek konstruksi terdapat bermacam – macam alat pengolah lahan seperti *dozer*, *ripper*, *motor grader*, dan *scraper*. Fungsi alat pengolah lahan adalah antara lain : (1) mengupas lapisan permukaan, (2) membuka jalan baru, dan (3) menyebarkan material. *Dozer* merupakan traktor yang dipasang pisau (*blade*) dibagian depannya. Pisau berfungsi untuk mendorong, atau memotong material yang ada didepannya (Fatena, 2008).

Sedangkan pada buku yang ditulis oleh Tenrisukki (2003) Pada dasarnya *bulldozer* adalah alat yang menggunakan traktor sebagai penggerak utamanya, artinya traktor yang dilengkapi dengan *dozer attachment* dalam hal ini perlengkapannya (*attachment*) adalah *blade*. Sebenarnya *bulldozer* adalah nama jenis dari *dozer* yang mempunyai kemampuan untuk mendorong ke muka. *Bulldozer* sebenarnya bukan kumpulan nama jenis - jenis *dozer*, karena *bulldozer* ini hanya salah satu jenis dari *dozer* yang hanya bergerak mendorong lurus ke depan. Ada juga

angle dozer, selain mendorong lurus ke depan juga dapat mendorong ke samping dengan sudut $\pm 25^0$ terhadap kedudukan lurus ke depan. Macam dan tipe *bulldozer* dibedakan menjadi beberapa jenis tergantung dari alat geraknya, kendali alat gerak, dan macam pisaunya.



Gambar 2.2. *Bulldozer*

1. Alat Gerak

Menurut alat geraknya (*mounted*) *bulldozer* dibagi dalam dua tipe, yaitu *Crawler Tractor Mounted* (dengan roda rantai), *Wheel Tractor Dozer* (dengan roda ban karet), dan *Swamp Bulldozer*. Perbandingan antara *Crawler Mounted* dan *Wheel Mounted* disajikan pada tabel 2.3. berikut :

Tabel 2.3. Perbandingan *Crawler Mounted* dan *Wheel Mounted*

Roda Ban Karet	Roda Crawler
Digunakan pada permukaan yang baik (misalnya beton)	Untuk digunakan pada bermacam-macam jenis permukaan
Bekerja baik pada permukaan yang menurun dan datar	Dapat bekerja pada berbagai permukaan
Cuaca yang basah dapat menyebabkan slip	Dapat bekerja pada tanah yang basah atau berlumpur
Bekerja baik untuk jarak tempuh yang panjang	Mempunyai jarak tempuh yang pendek
Dipakai untuk mengatasi tanah lepas	Dapat dipakai untuk mengatasi tanah keras
Kecepatan alat dalam keadaan kosong tinggi	Kecepatan alat dalam keadaan kosong rendah

Sumber : Kholil, 2012, (*construction planning, equipment, and methods, 1996*)

Untuk pekerjaan *dozing*, menurut Tenrisukki (2003) taksiran produksi *bulldozer* dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$TP = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \left(\text{m}^3 / \text{jam} \right) \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

TP = Taksiran Produksi

q = Produksi per siklus (m^3)

E = Efisiensi kerja

Cm = Waktu siklus (menit)

Kapasitas *blade* umumnya telah dicantumkan oleh pabrik pembuat alat, namun dapat pula dihitung secara empiris sebagai berikut :

$$\begin{aligned} V &= L \times H \times H \\ &= L \times 2H \end{aligned} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

V : Volume blade (m^3)

L : Panjang blade (meter)

H : Tinggi blade (meter)

2. Kendali Alat Gerak

Menurut alat kendali pisau *dozer (blade)* nya dibedakan dalam *Cable Controlled* (alat kendali dengan kabel) dan *Hydraulic Controlled* (alat kendali hidrolis). Beberapa keuntungan dan kerugian dari dua jenis kendali ini diberikan pada tabel 2.4. berikut

Tabel 2.4. Perbandingan Cable Controlled dan Hydraulic Controlled

Cable Controlled	Hydraulic Controlled
1. Sederhana dalam pemasangan dan pemakaian	1. Tekanan pisau lebih besar
2. Pemeliharaan mudah	2. Kedudukan pisau mudah di atur
3. Bahaya kerusakan alat kurang, karena pisau dapat naik sendiri jika menjumpai rintangan yang berat	3. Pemeliharaan berat dan harus teliti
4. Tidak cocok untuk tanah yang keras	4. Kadang-kadang kesulitan menyediakan minyak hidrolis jika lokasi jauh dari kota (di pedalaman)

Sumber : Kholil, 2012, (dikutip dari construction planning, equipment, and methods, 1996)

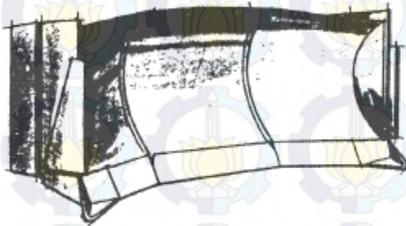
3. Tipe Pisau (Blade)

Dilihat dari tipe pisau (*blade*) nya, *bulldozer* dibedakan dalam *straight dozer* (mendorong lurus), *angel dozer* (pisau serong dilihat dari pandangan atas), dan *tilt dozer* (pisau serong dilihat dari depan).

Menurut Tenrisukki (2003), Beberapa jenis pisau yang digunakan pada *bulldozer* dan/atau *angledozer* ada beberapa jenis, antara lain sebagai berikut :

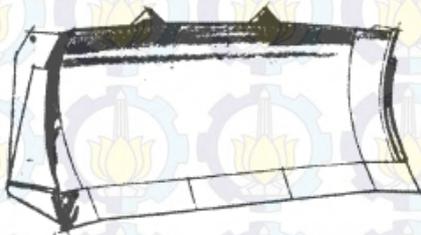
1. *Universal Blade* (U-Blade), adalah pisau yang berguna untuk efektifitas produksi. Hal ini memungkinkan

bulldozer dapat mendorong / membawa muatan lebih banyak karena kehilangan muatan yang relatif kecil dalam jarak angkut yang jauh.



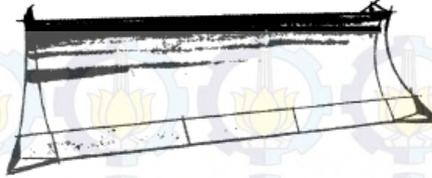
Gambar 2.3. U-Blade

2. *Straight Blade* (S-Blade), adalah jenis pisau yang cocok untuk segala jenis medan, *blade* ini merupakan modifikasi dari U-Blade, manuver lebih mudah dan dapat membawa material lebih mudah.



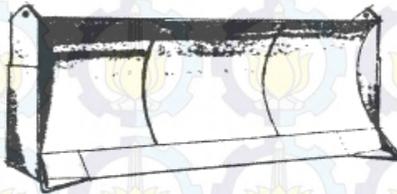
Gambar 2.4. S-Blade

3. *Angling Blade* (A-Blade), adalah pisau yang digunakan untuk posisi lurus dan menyudut.



Gambar 2.5. A-Blade

4. *Cushion Blade* (C-Blade), adalah blade yang dilengkapi dengan *rubber cushion* (bantalan karet) untuk meredam tumbukan.



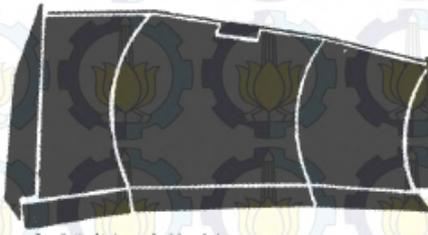
Gambar 2.6. C-Blade

5. *Bowldozer*, adalah pisau yang dibuat untuk membawa / mendorong material dalam jumlah kehilangan yang sesedikit mungkin. Hal ini dimungkinkan karena dinding-dinding baja pada samping dan bagian bawah.



Gambar 2.7. Bowldozer

6. *Light Material U-Blade* (U-Blade untuk material ringan), ialah pisau yang direncanakan untuk pekerjaan yang noncohesive material, atau material lepas yang ringan, misal stock pile.



Gambar 2.8. Light Material U-Blade

2.2.2 Compactor

Dalam pelaksanaan konstruksi jalan dan lapangan terbang, atau konstruksi – konstruksi lain yang memerlukan stabilitas dan kepadatan tertentu diperlukan peralatan untuk pemadatan. Pemadatan adalah usaha penyusunan kembali letak butir tanah sehingga pada tanah tersebut dicapai letak butiran yang rapat (Tenrisukki, 2003).

Alat ini (*compactor*) digunakan untuk memadatkan tanah atau material sehingga tercapai tingkat kepadatan yang diinginkan. Jenis rodanya bisa terbuat dari besi seluruhnya atau ditambahkan pemberat berupa air atau pasir, bisa terbuat dari karet (berupa roda ban) dengan bentuk kaki kambing (*sheep foot*), ada juga yang ditarik dengan alat penarik seperti *bulldozer*, atau bisa menggunakan mesin penarik sendiri, yang berukuran kecil bisa menggunakan tangan dengan mengendalikannya ke arah yang akan dipadatkan. Untuk pemadatan pengaspalan biasanya menggunakan *road roller*, *tire roller* atau *drum*

roller, tetapi untuk pemadatan tanah biasanya menggunakan *sheep foot roller* atau *drum roller* (Tenrisukki, 2003).

Produksi *compactor* biasanya dinyatakan dalam luasan (m²) yang dapat dipampatkan oleh penggilas sampai kepadatan yang dikehendaki per satuan waktu. Untuk menghitung dapat digunakan Persamaan berikut (Rochmanhadi, 1985):

$$TP = \frac{W \times L \times S \times E}{P} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan :

- W = lebar pemadatan (m)
- L = tebal lapisan (m)
- S = Kecepatan rata – rata (km/jam)
- E = faktor efisiensi
- P = Jumlah laluan yang diperlukan

Yang dimaksud satu pass adalah satu lintasan dengan roda gilas melewati satu jalur tertentu. Agar dicapai hasil penggilas dengan permukaan yang rata, maka tiap pass dengan pass yang berikutnya harus saling menindih (*overlap*) antara 15-30 cm.

Pada dasarnya tipe dan jenis *compactor* adalah sebagai berikut :

1. *Smooth steel rollers* (penggilas besi dengan permukaan halus). Jenis ini dibedakan lagi menjadi beberapa macam, jika ditinjau dari cara pengaturan rodanya, diantaranya :
 - *Three wheel rollers* (penggilas roda tiga)
 - *Tandem rollers* (penggilas tandem)
2. *Pneumatic tired rollers* (penggilas roda ban angin)
3. *Sheep foot type rollers* (penggilas kaki kambing)
4. *Vibratory rollers* (penggilas getar)
5. *Vibratory plate compactor* (alat pemadat-getaran)
6. Alat-alat penggilas lain :
 - *Mesh grid rollers* (penggilas dengan roda anyaman)
 - *Segment rollers* (penggilas dengan roda terdiri dari lempengan – lempengan).

Jenis – jenis *compactor* di atas mempunyai spesifikasi tersendiri untuk dipakai dalam usaha pemadatan bagi berbagai jenis tanah, atau dengan memperhatikan berbagai faktor, seperti pada tabel 2.5 :

Tabel 2.5 Pembagian Fungsi Alat Pematik Berdasarkan Jenis Tanah

Material	Steel Wheel	Pneumatic	Vibratory	Tamping Foot	Grid
Batuan	1	3	1	1	1
Kerikil, bersih atau berlumpur	1	2	1	1	1
Kerikil, berlempung	1	2	2	1	2
Pasir, bersih atau berlumpur	3	3	1	3	2
Pasir, berlempung	3	2	2	1	3
Lempung, berpasir atau berlumpur	3	1	2	1	3
Lempung, berat	3	1	2	1	3

Sumber: Fatena, 2008 (dikutip dari *construction methods and management, 1998*)

Keterangan : 1 = direkomendasikan

2 = dapat dipakai

3 = kurang direkomendasikan

Untuk kategori *compactor* lebih lanjut hanya dibahas mengenai *vibration roller* karena alat inilah yang digunakan untuk pemadatan tanah timbunan.

1. Vibration Roller

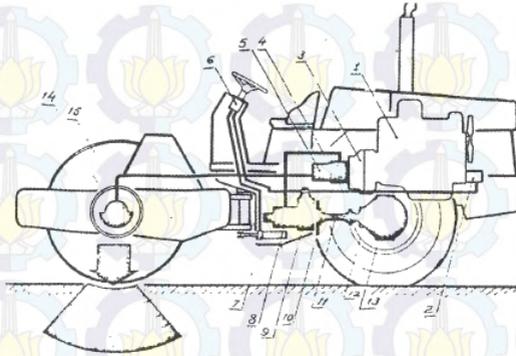
Jenis lain dari *tandem roller* adalah *vibration roller* (penggilas getar). *Vibration roller* mempunyai efisiensi pemadatan yang sangat baik. Alat ini memungkinkan digunakan secara luas dalam tiap jenis pekerjaan pemadatan. Efek yang diakibatkan oleh *vibration roller* adalah gaya dinamis terhadap 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 *vibration roller*, perlu diperhatikan faktor – faktor berikut : (1) frekuensi getaran, (2) amplitude getaran, dan (3) gaya sentrifugal yang bekerja. Sistem pendorong, *vibrasi* dan sistem mengemudi dioperasikan oleh tekanan *hidrostatik*, untuk menjamin penanganan yang termudah.



Gambar 2.9. Vibration Roller

Bagian – bagian penting dari penggilas dengan getaran (*vibration roller*) dapat dilihat pada Gambar 2.10. sebagai berikut :



Gambar 2.10. Bagian – bagian Vibration Roller

Keterangan :

1. *Engine* (mesin)
2. *Steering pump* (pompa kemudi)
3. *Power driver* (pembagi daya)
4. *Propelling pump* (pompa propeller)
5. *Vibration pump* (pompa penggetar)
6. *Steering valve* (katup kemudi)
7. *Steering silinder* (silinder kemudi)
8. *Propelling motor* (motor penggerak/pemutar)
9. *Transmission* (transmisi)
10. *Parking brake* (rem parkir)
11. *Universal joint* (sambungan universal)
12. *Differential gear* (roda gigi planet)
13. *Planetary gear* (roda gigi planet)
14. *Vibration motor* (motor getaran)
15. *Vibration* (penggetar)

2.2.3 Excavator

Karakteristik penting dari excavator adalah pada umumnya menggunakan tenaga diesel engine dan full hydraulic system. Excavating operation paling efisien adalah menggunakan metode heel and toe, mulai dari atas. Dalam konfigurasi back hoe, ukuran boom lebih panjang sehingga jangkauan lebih jauh, tetapi bucket lebih kecil. Faktor dalam pemilihan excavator yang perlu dipertimbangkan adalah dalam hal kapasitas bucket, kondisi kerja, bisa menggali pada daerah yang lunak sampai keras (Tenrisukki, 2003).



Gambar 2.11. *Excavator*

2.2.4 Motor Grader

Untuk keperluan perataan tanah, digunakan grader, disamping itu untuk membentuk permukaan yang dikehendaki. Hal ini bias dilaksanakan karena blade dari grader dapat diatur sedemikian rupa. Motor grader digunakan untuk mengupas, memotong, meratakan suatu pekerjaan tanah, terutama pada tahap finishing agar diperoleh hasil pekerjaan dengan kerataan dan ketelitian yang optimal (Tenrisukki, 2003).

Untuk menghitung produksi perjam motor grader adalah sebagai berikut :

$$TP = \frac{60 \times V \times W \times L \times E}{N} \dots\dots(4)$$

Keterangan :

TP = Tasiran produksi (m³/jam)

W = Lebar efektif (m)

V = Kecepatan rata-rata (m/menit)

L = Tebal lapisan (m)

E = Efisiensi

N = Jumlah passing yang diperlukan



Gambar 2.12. Motor Grader

2.2.5 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 golongan, yaitu :

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

Kebutuhan jumlah *dump truck* dapat dihitung dengan cara sebagai berikut :

$$\text{JumlahDT} = \frac{\text{Target Produksi}}{(\text{Kapasitas Bak} \times \text{Jumlah Trip})} \dots\dots(4)$$

Sedangkan untuk taksiran produksi *dump truck* dapat dihitung dengan menggunakan formula sebagai berikut (Tenrisukki, 2003) :

$$\begin{aligned} \text{TP} &= \frac{C \times 60 \times FK}{CT} \dots\dots\dots(5) \\ &= \frac{C \times 60 \times FK}{LT + HT + RT + t_1 + t_2} \\ &= \frac{C \times 60 \times FK}{(n \times ct) + \frac{1}{v_1} + \frac{1}{v_2} + t_1 + t_2} \left(\text{m}^3 / \text{jam} \right) \end{aligned}$$

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 sebagai berikut (Tenrisukki, 2003) :

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

Keterangan :

n : Jumlah rit pengisian

KB : Kapasitas bucket shovel

BF: Bucket faktor

Sedangkan nilai n ditentukan dengan formula (Tenrisukki, 2003) :

$$n = \frac{C}{KB \times BF} \dots\dots\dots(7)$$

Keterangan :

C : Kapasitas vessel

KB : Kapasitas bucket shovel

BF: Bucket factor

Biasanya nilai n *Cycle Time* (CT) dalam satuan menit dapat dihitung dengan menggunakan formula (Tenrisukki, 2003) :

$$CT = LT + HT + RT + t_1 + t_2 \dots\dots\dots(8)$$

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 muat (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 tiga macam yaitu :

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

Pemilihan tergantung dari tempat kerja, artinya tergantung dari keadaan dan letak tempat pembuangan material (*dump site*).



Gambar 2.13. *Dump Truck*

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, dan
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 2.6

Tabel 2.6. Efisiensi Waktu Berdasarkan Kondisi Kerja

Kondisi Kerja	Efisiensi
Menyenangkan	0.90
Normal	0.83
Buruk / Jelek	0.75

Sumber : Tenrisukki (2003)

2. Faktor Efisiensi Kerja

Sebagaimana efisiensi waktu, efisiensi kerja pun mutlak diperhitungkan untuk menentukan taksiran produksi alat dengan memperhatikan keadaan medan dan keadaan alat. 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 2.7 :

Tabel 2.7. Nilai Efisiensi Kerja Alat

Keadaan Medan	Keadaan Alat			
	Memuaskan	Bagus	Biasa	Buruk
Memuaskan	0.84	0.81	0.76	0.70
Bagus	0.78	0.75	0.71	0.65
Biasa	0.72	0.69	0.65	0.60
Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52

Sumber : Tenrisukki (2003)

3. Faktor Efisiensi Operator

Sebagaimana efisiensi waktu dan efisiensi kerja, efisiensi operator mutlak mutlak harus diperhitungkan dalam penentuan taksiran produksi alat. Nilai efisiensi di sini sangat dipengaruhi oleh ketrampilan operator yang mengoperasikan alat bersangkutan. Nilai efisiensi operator dapat dilihat pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8. Nilai Efisiensi Operator

Kondisi Kerja	Effisiensi
Baik	0.90 - 1.00
Normal	0.83
Jelek	0.50 - 0.60

Sumber : Tenrisukki (2003)

4. Faktor Ketersediaan Alat (*Machine Availability*)

Faktor ketersediaan alat (*machine availability*) adalah ketersediaan mesin agar selalu dapat dioperasikan. Hal ini tidak hanya tergantung kepada kualitas maupun kemampuan mesin, tetapi juga tergantung kepada dukungan *spare parts & service* dari *dealer* atau pabrik pembuat alat. Demikian juga dengan kualitas kemampuan pemeliharaan, fasilitas *workshop & parts stock* yang dimiliki user sangat mempengaruhi ketersediaan (*availability*) mesin.



Halaman ini sengaja di kosongkan

BAB III METODOLOGI

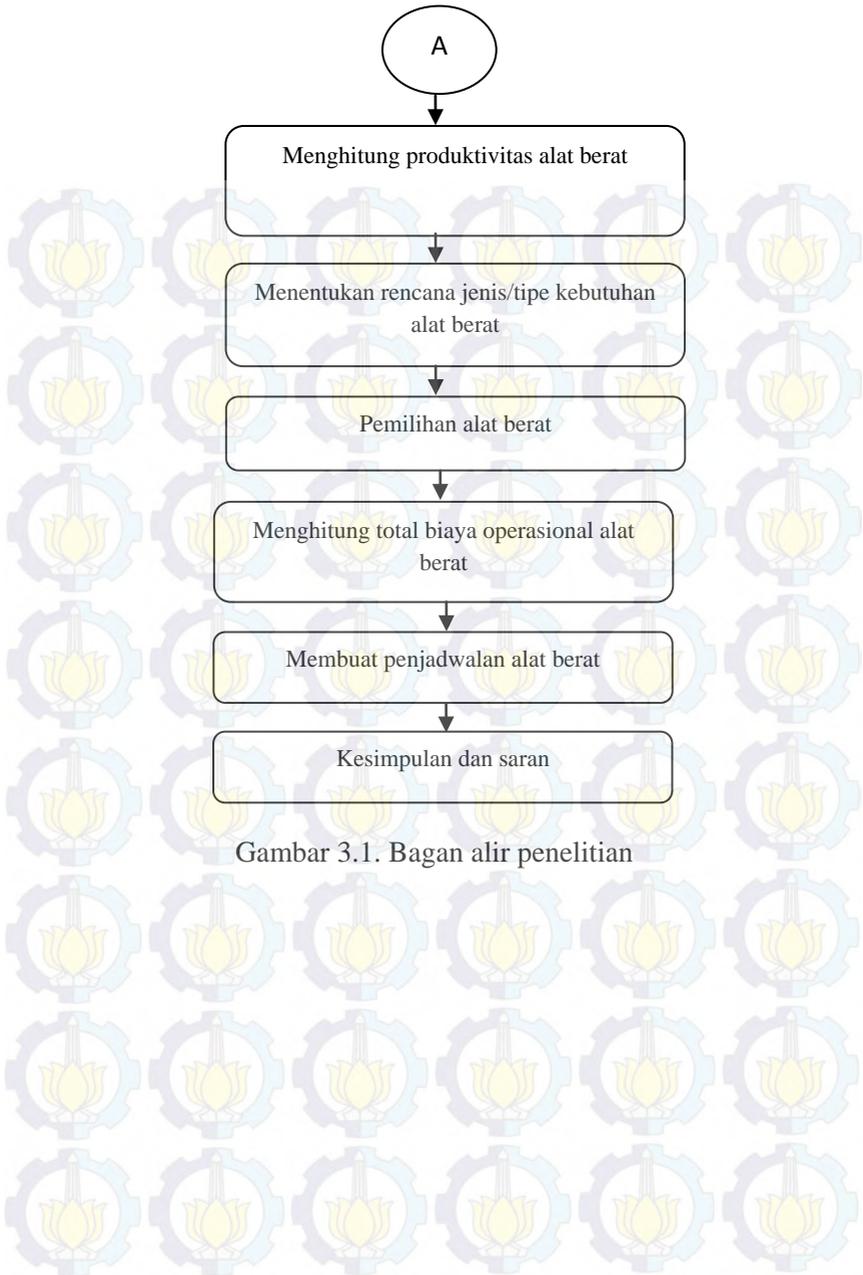
3.1 Umum

Alat berat yang dikenal dalam teknik sipil adalah alat berat yang digunakan oleh manusia sebagai alat bantu dalam membangun sebuah pekerjaan bangunan. Alat berat itu sendiri di dalam proyek konstruksi memegang peranan yang sangat penting, terutama untuk proyek konstruksi dengan skala besar.

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 alir penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1





Gambar 3.1. Bagan alir penelitian

3.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengambil data. Untuk cara atau metode perhitungan kesesuaian jumlah alat berat digunakan referensi - referensi yang relevan terkait pemindahan tanah mekanis (PTM). Jenis data pada penelitian ini adalah menggunakan data sekunder karena data diperoleh secara tidak langsung

Data Sekunder adalah data yang diperoleh secara tidak langsung. Dimana data – data yang digunakan diperoleh dari PT. Semen Indonesia selaku pemilik dari proyek pembangunan Packing Plant tersebut. Data sekunder yang dipakai dalam penelitian ini yaitu :

1. Spesifikasi Teknis Proyek Pembangunan Packing Plant Laporan progress mingguan & bulanan Proyek Pembangunan Packing Plant
2. Brosur Alat Berat
3. Produksi harian timbunan dan pemdatan tanah
4. Produksi harian alat berat
5. Biaya operasional alat berat

3.4 Rencana Produksi Harian Tanah Timbunan

Rencana produksi harian tanah timbunan dihitung berdasarkan kuantitas tanah pekerjaan sesuai kurva S.

3.5 Menghitung Produktivitas dan Kebutuhan Alat

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, yaitu :

Produksi per Satuan Waktu = Produksi per Trip x Trip per Satuan Waktu x Faktor Koreksi

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

- Bulldozer
- Compactor (Vibration Roller)
- Dump Truck
- Excavator
- Motor Grader

3.6 Menghitung Biaya Operasional Alat Berat

Biaya-biaya yang termasuk biaya pengeluaran alat berat adalah biaya penyewaan alat, biaya mobilisasi dan demobilisasi, dan biaya upah tenaga operator. Peralatan konstruksi yang digerakkan oleh motor bakar (*internal combustion engine*) memerlukan solar, yang juga harus diperhitungkan sebagai biaya operasional.

a. Biaya penyewaan alat

Tidak semua peralatan konstruksi dimiliki oleh kontraktor. Dalam menyelesaikan pekerjaan-pekerjaan tertentu, diperlukan peralatan-peralatan khusus yang diperoleh dengan cara menyewa. 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.

b. Bahan bakar

Bahan bakar/solar yang diperlukan = $a \text{ ltr/jam} \times A$
Rp/ltr.

c. Upah operator untuk alat berat.**d. 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. Untuk alat-alat berat tertentu bahkan diperlukan kendaraan khusus untuk mengangkat alat berat tersebut ke lokasi proyek dan sebaliknya. Biaya-biaya yang diperlukan ini termasuk biaya mobilisasi dan demobilisasi. Biaya mobilisasi dan demobilisasi tergantung dari kendaraan untuk mengangkut alat berat yang disewa, dan jauh dekatnya tempat penyewaan ke lokasi proyek. Jadi masing-masing alat yang disewa dari tempat penyewaan yang berbeda, mempunyai biaya mobilisasi dan demobilisasi yang berbeda.

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 solar selama waktu pelaksanaan pekerjaan ditambah biaya mobilisasi dan demobilisasi alat.

Kegiatan perhitungan produksi timbunan, pemadatan tanah dan biaya operasional alat berat dilakukan setelah perhitungan rencana produksi harian timbunan tanah dan jumlah alat berat dilakukan.

3.7 Penjadwalan Alat Berat

Dengan menggunakan metode PDM serta program Microsoft project akan didapatkan suatu diagram dengan menggunakan metode diagram panah dan diagram balok. Penjadwalan penggunaan alat berat sesuai dengan kebutuhan dilapangan dalam pekerjaan tanah.

3.8 Pemilihan alat berat

Setelah menghitung suatu pekerjaan, maka untuk tipe alat berat, maka untuk pemilihan alternatif alat berat tersebut dipilih yang paling baik, yakni meliputi biaya dan waktu (idle time) yang terbaik, tetapi apabila salah satunya berkebalikan maka digunakan pemilihan dengan metode pengambilan keputusan multi kriteria melalui pertimbangan – pertimbangan tertentu.

BAB IV

METODE PELAKSANAAN

4.1 Umum

Proyek konstruksi terdiri atas banyak pekerjaan yang saling berhubungan. Begitu banyaknya item pekerjaan yang ada sehingga menuntut perencanaan yang detail terhadap *schedule* (penjadwalan) pelaksanaan. Hubungan antar pekerjaan, volume, dan spesifikasi pekerjaan, metode pelaksanaan serta aspek lain yang harus diperhatikan.

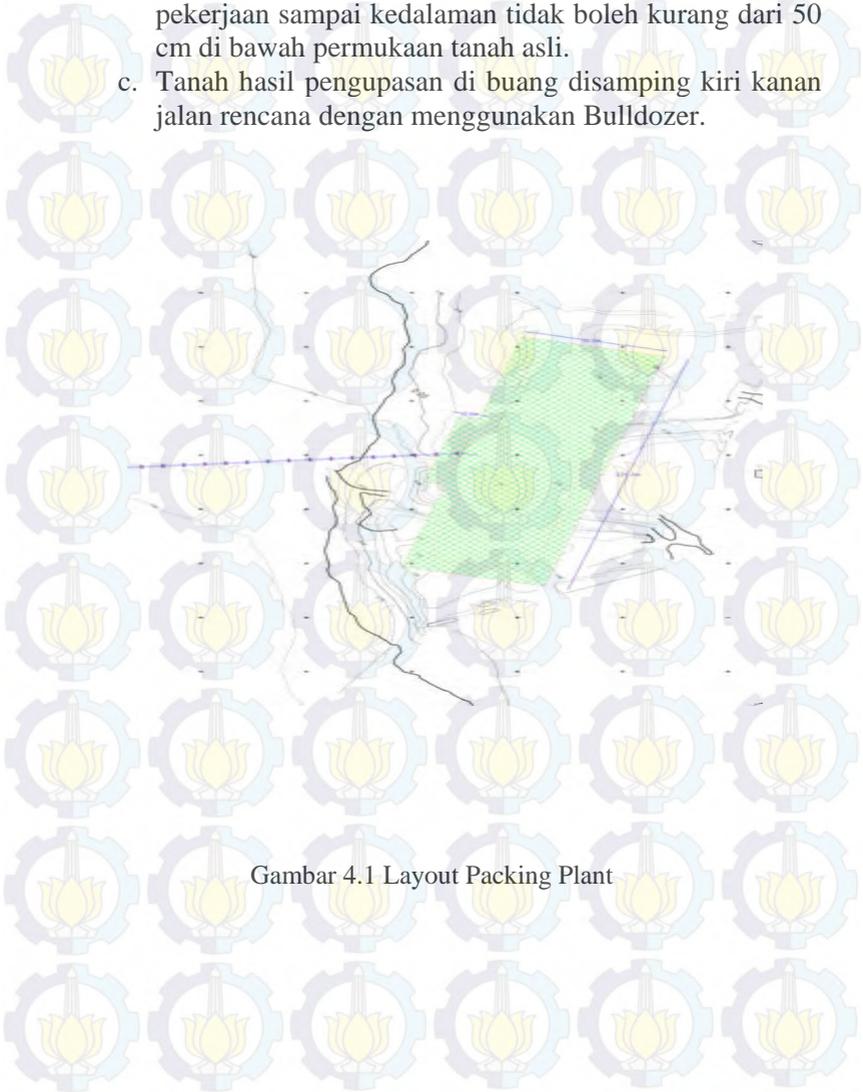
Pada pelaksanaan Proyek Pembangunan packing plant PT. Semen Indonesia di Balikpapan memiliki beberapa item pekerjaan, salah satunya adalah pekerjaan tanah. Metode pelaksanaan pada pekerjaan tanah terbagi menjadi beberapa pekerjaan diantaranya adalah pekerjaan pembersihan lahan, pekerjaan timbunan dan pemadatan tanah.

4.2 Pekerjaan Pembersihan Lahan

Pada pekerjaan pembersihan lahan ini tanah permukaan di kupas dari elevasi muka tanah. Pada pekerjaan ini bertujuan untuk membersihkan lokasi proyek dari humus tumbuh – tumbuhan, benda – benda sisa konstruksi, akar pohon, sampah, dan atau bahan yang dapat mengganggu pelaksanaan pekerjaan. Pembersihan lahan ini meliputi seluruh area yang akan digunakan untuk pekerjaan pembangunan konstruksi dengan menggunakan alat berat bulldozer. Langkah – langkah yang dilakukan dalam pekerjaan pembersihan lahan antara lain :

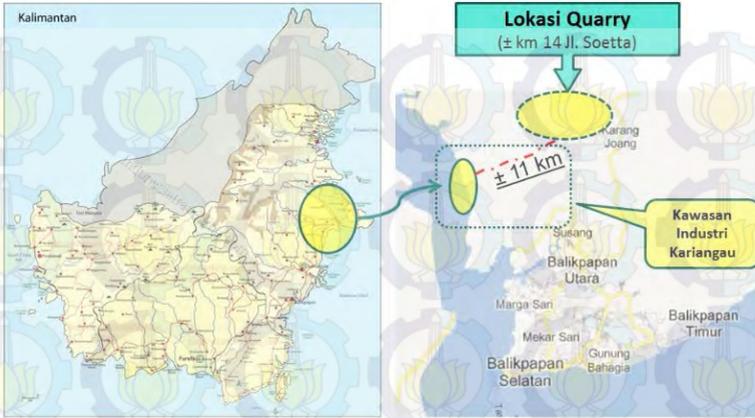
- a. Peninjauan lokasi yang akan digunakan untuk pelaksanaan Proyek packing plant PT. Semen Indonesia di Balikpapan.

- b. Pekerjaan pembersihan lokasi ini mencakup pembersihan terhadap humus, tumbuh – tumbuhan, benda – benda sisa konstruksi, akar pohon, sampah, dan atau bahan yang dapat mengganggu pelaksanaan pekerjaan sampai kedalaman tidak boleh kurang dari 50 cm di bawah permukaan tanah asli.
- c. Tanah hasil pengupasan di buang disamping kiri kanan jalan rencana dengan menggunakan Bulldozer.



Gambar 4.1 Layout Packing Plant

Peta Lokasi



Gambar 4.2 Lay Out Jalur Pengangkutan Tanah Dari Quarry ke Titik Timbun

Lokasi pengambilan tanah dari quarry di kawasan industri Kariangau, yang berjarak ± 11 Km. Dari quarry tersebut, tanah timbunan langsung diangkut dengan menggunakan DT menuju ke titik timbunan awal.



Gambar 4.3 Tahapan Pekerjaan Timbunan, Penghamparan, dan Pematatan



Gambar 4.4 Sketsa Alur Pekerjaan

4.3 Pekerjaan Timbunan dan Penghamparan Tanah

Pada pekerjaan timbunan tanah merupakan suatu proses penambahan material berupa tanah untuk mendapatkan elevasi yang direncanakan, selain itu juga berguna untuk perbaikan tanah dasar (*subgrade*). Dalam pekerjaan timbunan tanah juga dilakukan perataan permukaan secara bertahap tiap lapis, alat berat yang digunakan adalah bulldozer, dan dump truck. Langkah – langkah yang dilakukan dalam pekerjaan pembersihan lahan antara lain :

- Sebelum pelaksanaan pekerjaan timbunan tanah, seluruh area harus sudah bersih dari humus, tumbuh – tumbuhan, benda – benda sisa konstruksi, akar pohon, sampah, dan atau bahan yang dapat mengganggu pelaksanaan pekerjaan.
- Tanah urug yang akan digunakan harus bebas dari segala bahan yang dapat membusuk, sisa bongkaran, maupun material yang dapat mempengaruhi kepadatan urugan nantinya. Tanah urug yang digunakan dapat diambil dari bekas galian, gunung/bukit, atau tanah yang tidak mengandung seperti tersebut diatas.
- Penghamparan tanah urug dilakukan secara bertahap lapis demi lapis dengan dilakukan pemadatan secara langsung tiap lapisnya sampai mencapai elevasi permukaan yang diinginkan.

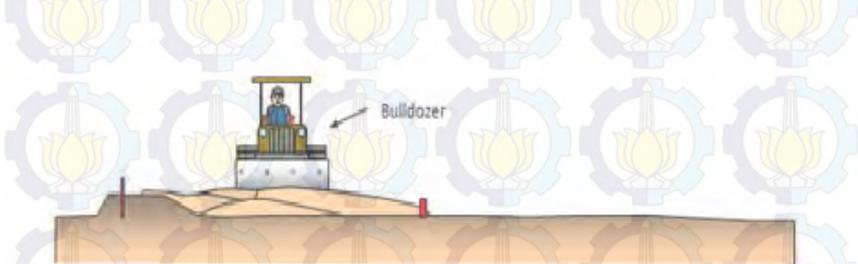
Berikut gambaran metode pelaksanaan pekerjaan timbunan dan penghamparna tanah :



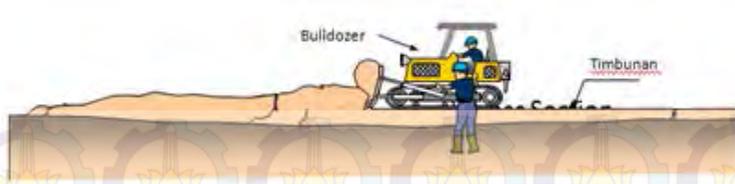
Gambar 4.5 Pengangkutan Tanah Dari Quarry ke Lokasi Proyek



Gambar 4.6 Penimbunan Pada Lokasi



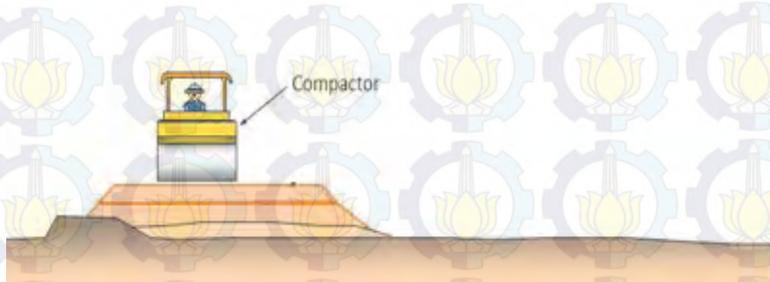
Gambar 4.7 Penghamparan Tanah Timbunan Dengan Bulldozer



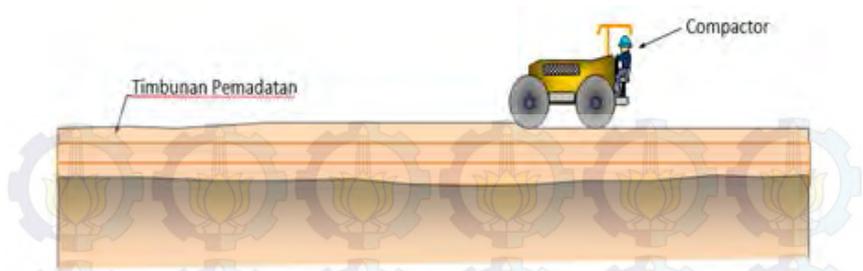
Gambar 4.8 Penghamparan Tanah Timbunan Dengan Bulldozer

4.4 Pekerjaan Pemasatan Tanah

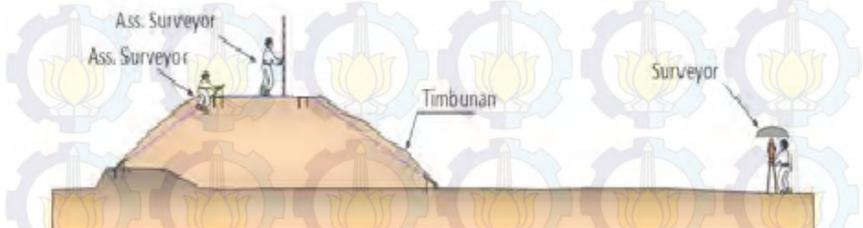
Proses selanjutnya adalah pekerjaan pemasatan tanah. Pekerjaan ini dilakukan untuk menghilangkan kandungan air tanah dan pori – pori (rongga udara) yang ada dalam tanah. Alat yang digunakan adalah vibration roller, dimana alat tersebut berfungsi untuk mengurangi rongga udara dalam tanah agar tanah menjadi lebih rapat dan saling merekat, sehingga bangunan yang ada di atasnya menjadi stabil. Berikut gambar tahapan pada pekerjaan pemasatan tanah :



Gambar 4.9 Pemasatan Tanah Dengan Compactor



Gambar 4.10 Pemadatan Tanah Dengan Compactor



Gambar 4.11 Pengukuran Kemiringan

4.5 Pekerjaan Pemasangan Geotextile

Geo Textile merupakan salah satu produk yang sangat dibutuhkan oleh perindustrian di Indonesia terhadap pembangunan jalan, langkah-langkah dalam pemasangan Non Woven Geotextile. Dalam pemasangan geo textile ada 2 langkah yang harus dilakukan, berikut 2 langkah tersebut :

- a. Pemasangan Subgrade/tanah dasar
 - Hal yang pertama dilakukan adalah membersihkan lokasi dari benda-benda tajam dan benda lainnya yang dapat menghambat proses subgarade
 - Hal kedua, singkirkan atau ganti tanah dasar yang lunak dengan material yang lebih baik. Hal ini disesuaikan dengan perencanaan
 - Hal ketiga, padatkan tanah dasar dengan alat pemadatan yang memadai.
- b. Penggelaran Geotextile dan Penyambungan
 - Dalam tahap penggelaran yang harus dilakukan adalah geotextile harus digelar secara melintang di jalan.
 - Sesudah itu Geotextile harus digelar di atas tanah dalam keadaan terhampar tanpa gelombang atau kerutan. Dan pada lahan yang luas pemasangan geotextile dapat dilakukan secara fleksibel (melintang atau memanjang).
 - Geotextile dapat dipotong terlebih dahulu ditempat yang memungkinkan. Hal ini bertujuan untuk lokasi yang sulit untuk dilakukan pemotongan dan penyambungan.
 - Penyambungan Geo Textile yang satu ke lainnya dapat dilakukan dengan cara saling melewati (overlapp) atau dengan cara dijahit (Sewn).

Gambar pekerjaan geotextile dapat dilihat pada gambar 4.12



Gambar 4.12 Pekerjaan Geotextile



BAB V

PERHITUNGAN ALAT BERAT

5.1 Umum

Dalam sebuah proyek, alat berat sangatlah berpengaruh penting. Terutama dalam hal pekerjaan yang berhubungan dengan pemindahan tanah mekanis. Dengan hanya mengandalkan sumber daya manusia saja belum cukup. Waktu dalam sebuah proyek memiliki arti yang sangat besar, oleh karena itu kombinasi sumber daya manusia dengan alat berat sangatlah menguntungkan dari segi waktu dan biaya.

Dengan makin banyaknya jenis dan tipe alat berat yang digunakan dalam sebuah pekerjaan pemindahan tanah mekanis sering membuat bingung dalam memilih. Oleh karena itu, harus dilakukan pemilihan alat berat dengan jenis dan tipe tertentu dengan berbagai pertimbangan, yakni waktu, idle time dan total biaya yang dikeluarkan.

5.2 Gambaran Umum Proyek

Dengan membangun unit pengantongan (*packing plant*) di Balikpapan kita menghemat banyak sekali biaya, terutama biaya transportasi, *packing plant* tersebut diyakini mampu memacu gerak perekonomian Balikpapan yang selama ini sudah dikenal sebagai salah satu pusat pertumbuhan ekonomi di Kalimantan. Kehadiran *packing plant* juga menimbulkan multiplier effect seperti tumbuhnya sektor ekonomi penunjang, seperti sektor makanan dan minuman, properti, serta transportasi.

4.2.1 Data Teknis Proyek

Nama paket : Pembangunan *packing plant* Balikpapan
Luas lahan : ±21.4 ha
Lokasi : Balikpapan

Kontraktor : PT. Adhi Karya (persero) Tbk.

Konsultan : CV. Geospasia Wahana Jaya

Pemilik : PT. Semen Indonesia

5.3 Perhitungan Produktivitas Peralatan

5.3.1 Excavator

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

$$TP = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Keterangan : TP = Taksiran Produksi

q = Produksi per siklus (m³)

E = Efisiensi kerja

Cm = Waktu siklus (menit)

Contoh perhitungan digunakan Excavator dengan type PC-200 :

1. Peoduksi per siklus (q)

$$q = KB \times BF$$

Keterangan :

KB : Kapasitas Bucket = 0.80 m³

BF : Bucket Factor = 0.95 (tabel)

Jadi produksi per siklus :

$$q = 0,80 \times 0,95$$

$$= 0,76 \text{ m}^3$$

Tabel 5.1 Bucket Factor

Kondisi Operasi Penggalian		Bucket Factor
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 (tabel4.2)

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

Jadi waktu siklus

Cm = 18 x 1

= 18 detik

= 0.3 menit

Tabel 5.2 Standart Cycle Time Excavator

Type	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 5.3 Kedalaman dan Kondisi Penggalian Excavator

Kedalaman Galian	Kondisi Penggalian			
	Mudah	Normal	Agak Sulit	Suit sekali
Dibawah 40%	0.7	0.9	1.10	1.40
40%-75%	0.8	1.00	1.30	1.60
Diatas 75%	0.9	1.10	1.50	1.80

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

Tabel 5.4 Faktor Efisiensi Kerja

Kondisi operasi	Efisiensi kerja
Baik	0.83
Normal - Sedang	0.75
Kurang Baik	0.67
Buruk	0.58

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

Tabel 5.5 Faktor Effisiensi Waktu

Kondisi Kerja	Effisiensi
Menyenangkan	0.9
Normal	0.83
Buruk/jelek	0.75

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

Tabel 5.6 Faktor Efisiensi Operator

Keterampilan Operator	Effisiensi
Baik	0.90 - 1.00
Normal	0.75
Buruk	0.50 - 0.60

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 = 0.95 (tabel 4.6)

Maka effisiensinya adalah :

$$E = 0.75 \times 0.83 \times 0.95 \\ = 0.591$$

Jadi produksi excavator per jam adalah :

$$TP = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \\ = \frac{0.76 \times 60 \times 0.591}{0.30} \\ = 89,832 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Hasil perhitungan taksiran produksi excavator lain dengan merk Komatsu dapat dilihat pada tabel 5.7

Tabel 5.7 Hasil Perhitungan Produktivitas Model Lain

Model	Kapasitas Bucket	Bucket Factor	Faktor Koreksi	Waktu Siklus	Produktivitas
	(KB)	(FB)	(FK)	(CM)	(TP)
	m ³			menit	m ³ /jam
PC - 100	0.55	0.95	0.591	0.27	68.622
PC - 200	0.80	0.95	0.591	0.30	89.832
PC - 300	1.30	0.95	0.591	0.33	132.706

5.3.2 Dump Truck

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

$$TP = \frac{C \times 60 \times FK}{CT}$$

Sebagai contoh perhitungan digunakan dump truck CWA 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

$$n = \frac{KV}{KB \times BF}$$

Keterangan :

n = Jumlah Pemuatan

KV = Kapasitas Dump Truck = 10 m³

KB = Kapasitas Bucket = 0.80 m³

BF = Bucket Factor = 0.95 (tabel

4.1)

Sehingga :

$$n = \frac{10}{0.80 \times 0.95} = 13.16 = 14 \text{ kali}$$

Jadi produksi per siklus dapat dihitung sebagai berikut

$$\begin{aligned} C &= n \times KB \times BF \\ &= 14 \times 0.8 \times 0.95 \end{aligned}$$

$$= 10.64 \text{ m}^3$$

2. Effisiensi

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

Faktor efisiensi waktu, normal = 0.83 (tabel 4.5)

Faktor efisiensi operator, baik = 0.95 (tabel 4.6)

Jadi effisiensinya

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

$$= 0.591$$

3. Waktu Siklus

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

Keterangan :

CT = Waktu siklus

HT = Waktu angkut

RT = Waktu kembali

LT = Waktu pengisian bucket

t1 = Waktu dumping

t2 = Waktu mengatur posisi muat

- Waktu angkut (HT)

$$HT = \frac{J}{v1}$$

Keterangan:

J = jarak angkut dump truck

V1 = kecepatan angkut dump truck = 30 km/jam

$$= 500 \text{ m/menit}$$

- Waktu siklus dari daerah cut ke daerah fill

$$J = 150 \text{ m}$$

$$\text{Jadi HT} = \frac{150}{500} = 0.3 \text{ menit}$$

- Waktu kembali (RT)

$$\text{RT} = \frac{J}{V2}$$

Keterangan :

J = jarak angkut dump truck

V2 = kecepatan angkut dump truck 40 km/jam
= 666.67 m/menit

- Waktu siklus dari daerah fill ke daerah cut

$$J = \frac{150}{666.7} = 0.225 \text{ menit}$$

- Waktu pengisian bucket (LT)

$$\begin{aligned} \text{LT} &= n \times \text{Cmsexec} \\ &= 14 \times 0.3 \\ &= 4.2 \text{ menit} \end{aligned}$$

- Waktu dumping dan loading (t1 dan t2)

Tabel 5.8 waktu dumping dan persiapan loading

Kondisi operasi	Waktu dumping t1	Waktu Loading t2
Baik	0.5 - 0.7	0.10 - 0.20
Sedang	1.00 - 1.3	0.25 - 0.35
Buruk	1.50 - 2.00	0.40 - 0.50

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

Jadi :

Waktu dumping (t_1) = 1.20 menit

Waktu loading (t_2) = 0.30 menit

Maka waktu siklus dump truck adalah :

$$CT = HT + RT + LT + t_1 + t_2$$

$$CT = 0.3 + 0.225 + 4.2 + 1.2 + 0.3 = 6.225 \text{ menit}$$

Jadi produksi Dump Truck per jam adalah :

$$TP = \frac{C \times 60 \times FK}{CT} = \frac{10.64 \times 60 \times 0.591}{6.225} = 60,61 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Hasil perhitungan taksiran produksi excavator tipe lain dapat dilihat pada tabel 5.9

Tabel 5.9 Kombinasi dump truck dan excavator

Jenis Alat		Kapasitas		Bucket Factor	Loading n	Kapasitas viesel C m ³
Excavator	Dump Truck	Truck	Bucket KB			
		m ³	m ³	BF		
CWB 10T	PC 100	5.5	0.55	0.95	11	5.5
CWB 10T	PC 200	5.5	0.8	0.95	8	6.08
CWB 10T	PC 300	5.5	1.3	0.95	5	6.175
CWA 18T	PC 100	10	0.55	0.95	20	10.45
CWA 18T	PC 200	10	0.8	0.95	14	10.64
CWA 18T	PC 300	10	1.3	0.95	9	11.115
CWB 25T	PC 100	14	0.55	0.95	27	14.1075
CWB 25T	PC 200	14	0.8	0.95	19	14.44
CWB 25T	PC 300	14	1.3	0.95	12	14.82

Dilanjutkan...

Jenis Alat		Cycle time Excavator	Faktor koreksi	Jarak angkut	Kecepatan angkut	Kecepatan kembali	Waktu angkut
Excavator	Dump Truck	Ct	FK	j	v1	v2	HT
		Detik		m	km/jam	km/jam	menit
CWB 10T	PC 100	16	0.591	11000	35	40	18.86
CWB 10T	PC 200	18	0.591	11000	35	40	18.86
CWB 10T	PC 300	20	0.591	11000	35	40	18.86
CWA 18T	PC 100	16	0.591	11000	30	40	22
CWA 18T	PC 200	18	0.591	11000	30	40	22
CWA 18T	PC 300	20	0.591	11000	30	40	22
CWB 25T	PC 100	16	0.591	11000	25	35	26.40
CWB 25T	PC 200	18	0.591	11000	25	35	26.40
CWB 25T	PC 300	20	0.591	11000	25	35	26.40

Lanjutan...

Dilanjutkan.....

Lanjutan...

Jenis Alat		Waktu Kembali	Pengisian bucket	Waktu dumping	Waktu loading	Cycle time dump truck	Produktivitas dump truck
Excavator	Dump Truck	RT	Lt	t1	t2	CT	TP
		menit	menit	menit	menit	menit	m ³ /jam
CWB 10T	PC 100	16.50	2.933	1.1	0.25	39.64	4.92
CWB 10T	PC 200	16.50	2.4	1.1	0.25	39.11	5.51
CWB 10T	PC 300	16.50	1.667	1.1	0.25	38.38	5.71
CWA 18T	PC 100	16.50	5.33	1.2	0.3	45.33	8.17
CWA 18T	PC 200	16.50	4.2	1.2	0.3	44.20	8.54
CWA 18T	PC 300	16.50	3	1.2	0.3	43.00	9.17
CWB 25T	PC 100	18.86	7.2	1.3	0.35	54.11	9.24
CWB 25T	PC 200	18.86	5.7	1.3	0.35	52.61	9.73
CWB 25T	PC 300	18.86	4	1.3	0.35	50.91	10.32

5.3.3 Bulldozer

5.3.3.1 Untuk pekerjaan urugan (filing)

Produksi per jam suatu bulldozer pada suatu pekerjaan urugan adalah sebagai berikut

$$TP = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \text{ (m}^3\text{/jam)}$$

Keterangan :

TP = Taksiran produksi (m³/jam)

q = Produksi per siklus (m³)

E = Efisiensi kerja

Cm = Waktu siklus (menit)

Perhitungan bulldozer yang digunakan tipe D41 p-3 dengan asumsi sebagai berikut

- Produksi per siklus (q)

$$q = L \times H^2 \times BF$$

Keterangan :

L = Lebar sudut = 3.025 m

H = Tinggi sudut = 0.92 m

BF = Blade factor = 0.8 (tabel 4.....)

Jadi produksi per siklus dapat dihitung :

$$\begin{aligned} q &= 3.025 \times 0.92^2 \times 0.8 \\ &= 2.05 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 5.10 Blade factor untuk bulldozer

Kodisi Operasi Bulldozer	Blade Factor	
Mudah digusur	Blade mendorong tanah penuh, untuk kadar yang loose, lepas, kandungannya air rendah	1.00 - 0.90
Sedang	Blade tidak penuh mendorong tanah, untuk tanah dengan campuran gravel. Pasir atau lepas	0.90 - 0.70
Agak sukar digusur	Untuk tanah liat yang kandungannya airnya tinggi, pasir campur kerikil, tanah liat yang keras	0.70 - 0.60
Sulit	Untuk batuan hasil ledakan atau batuan berukuran besar dan tertanam kuat pada tanah	0.60 - 0.40

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

- Effisiesnsi

Tabel 5.11 Faktor efisiensi kerja bulldozer

Kondisi medan	Kondisi Penggalan			
	Memuaskan	Bagus	Biasa	Buruk
Memuaskan	0.84	0.81	0.76	0.70
Bagus	0.78	0.75	0.71	0.65
Biasa	0.72	0.69	0.65	0.60
Buruk	0.63	0.61	0.57	0.52

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

Faktor efisiensi kerja, medan biasa, alar bagus = 0.69 (tabel 4.4)

Faktor efisiensi waktu, normal = 0.83 (tabel 4.5)

Faktor efisiensi operator, baik = 0.95 (tabel 4.6)

Jadi :

$$\begin{aligned} \text{FK} &= 0.69 \times 0.83 \times 0.95 \\ &= 0.544 \end{aligned}$$

- Waktu siklus (Cm)

Kecepatan maju $F = 3.4 \text{ km/jam} = 56.7 \text{ m/menit}$

Kecepatan mundur $R = 5.5 \text{ km/jam} = 91.67 \text{ m/menit}$

Waktu ganti persnelling $Z = 0.05 \text{ menit}$

Jarak gusur = 50 m

Jadi waktu siklus:

$$Cm = \frac{50}{56.7} + \frac{50}{91.67} + 0.05 = 1.477 \text{ menit}$$

Maka produktivitas bulldozer per jam adalah :

$$TP = \frac{2.05 \times 60 \times 0.544}{1.477} = 45.30 \text{ m}^3/\text{jam (loose atau lepas)}$$

Hasil perhitungan taksiran produksi bulldozer dengan type lain dapat dilihat pada tabel 5.12

Tabel 5.12 Perhitungan produktivitas bulldozer pekerjaan urugan

Model	Kapasitas Blade	Jarak Dorong	Faktor Koreksi	Kec maju	Kec mundur	Waktu tetap	Waktu Siklus	Produktivitas
	(KB)	(J)	(FK)	(F)	(R)	(R)	(Ct)	(TP)
	m ³	m		km/jam	km/jam	menit	menit	m ³ /jam
D 41 P-3	2.05	50	0.544	3.40	5.50	0.05	1.477	45.30
D 53 A	2.36	50	0.544	3.20	5.80	0.05	1.505	51.18
D 70 LE	3.31	50	0.544	3.60	6.20	0.05	1.367	79.03
D 85 E SS	3.63	50	0.544	3.80	6.40	0.05	1.308	90.58

5.3.3.2 Untuk pekerjaan pembersihan lahan (land clearing)

Sebelum pembangunan proyek konstruksi pada suatu lahan kosong, lahan tersebut harus dibersihkan dari semak atau pepohonan. Untuk kebanyakan land clearing produksinya digitung dari perkalian antara kecepatan traktor dengan lebar cut. Jadi dapat dituliskan sebagai berikut :

$$TP = \frac{L (m) \times V(km/jam) \times E}{10} \text{ m}^3/\text{jam}$$

Keterangan :

TP = Taksiran Produksi (m³/jam)

L = Lebar cut (m)

V = Kecepatan rata rata (km/jam)

E = Efisiensi kerja

Sebagai contoh perhitungan digunakan bulldozer dengan type D 41 P-3

L = 3.025 m

V = 3.4 km/jam (kecepatan maju)

E = 0.544

Jadi total produksi bulldozer perjam untuk pekerjaan land clearing adalah :

$$TP = \frac{3.025 \times 3.4 \times 0.544}{10} = 0.359 \text{ ha /jam}$$

Dengan cara yang sama, hasil perhitungan produktivitas bulldozer untuk type lain dapat dilihat pada tabel 5.13 dibawah ini :

Tabel 5.13 Faktor efisiensi kerja bulldozer untuk pekerjaan land clearing

Model	Lebar cut	Faktor Koreksi	Kec rata rata	Produktivitas
	(L)	(FK)	(V)	(TP)
	m		km/jam	ha / jam
D 41 P-3	3.025	0.544	3.40	0.359
D 53 A	3.49	0.544	3.20	0.606
D 70 LE	4.89	0.544	3.60	0.957
D 85 E SS	5.36	0.544	3.80	1.108

5.3.4 Motor Grader

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

$$TP = \frac{60 \times V \times W \times L \times E}{N}$$

Keterangan :

- TP = Tasiran 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 31-3H dengan asumsi sebagai berikut “

- a. Lebar efektif (W)

Dimana :

Panjang blade efektif = 2.190 m

Lebar overlap = 0.3 m

Maka lebar efektifnya adalah :

$$\begin{aligned} W &= (Le - Lo) \\ &= (2.190 - 0.3) \\ &= 1.89 \text{ m} \end{aligned}$$

- b. Kecepatan kerja

$$V = 4 \text{ km/jam} = 66.67 \text{ menit}$$

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. Penggusuran salju = 7 – 25 km/jam

c. Effisiensi

Faktor efisiensi kerja, normal - sedang = 0.69 (tabel 4.4)

Faktor efisiensi waktu, normal = 0.83 (tabel 4.5)

Faktor efisiensi operator, baik = 0.95 (tabel 4.6)

Jadi effisiensinya

$$FK = 0.75 \times 0.83 \times 0.95 = 0.591$$

Jadi produksi motor grader perjam :

$$\begin{aligned}
 TP &= \frac{60 \times V \times W \times L \times E}{N} \\
 &= \frac{60 \times 66.67 \times 1.89 \times 0.20 \times 0.591}{4} \\
 &= 223.41 \text{ m}^3/\text{jam (loose/lepas)}
 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, untuk perhitungan produktivitas motor grader dengan type lain dapat dilihat pada tabel 5.14 Di bawah ini

Tabel 5.14 Perhitungan produktivitas Motor grader pekerjaan urugan

Model	Panjang pisau	Lebar Efektif	Kecepatan	Jumlah	Effisiensi	Tebal Lapisan	Produktivitas
	mm	(W) mm	(V) Km/jam	lalu (N)	E	(L) m	(TP) m ³ /jam
GD 31- 3H	2190	1890	4	4	0.591	0.2	223.41
GD 200 - A1	2200	1600	4	4	0.591	0.2	189.13
GD 300 - A1	3100	2390	4	4	0.591	0.2	282.51
GD 500 - R2	3710	2910	4	4	0.591	0.2	343.98

5.3.5 Compactor

Produksi per jam suatu compactor pada pekerjaan pemadatan tanah adalah sebagai berikut :

$$TP = \frac{W \times L \times S \times E}{P}$$

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 tipe 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, baik = 0.95 (tabel 4.6)

Jadi effisieninya

- FK = $0.75 \times 0.83 \times 0.95 = 0.591$
- Lebar pemadatan = 2 m
- Tebal lapisan = 0.2 m
- Kecepatan rata – rata = 10km/jam = 10000 m/jam

Maka :

$$\begin{aligned} TP &= \frac{W \times L \times S \times E}{P} \\ TP &= \frac{2 \times 0.2 \times 10000 \times E}{5} \\ &= 251.766 \text{ m}^3/\text{jam} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama, untuk perhitungan produktivitas compactor dengan type lain dapat dilihat pada tabel 4.15 di bawah ini :

Tabel 5.15 Perhitungan produktivitas Compactor pekerjaan pemadatan

Model	Lebar Pemadatan	Kecepatan	Jumlah	Effisiensi	Tebal Lapisan	Produktivitas
	(W)	(V)	laluhan	E	(L)	(TP)
	m	Km/jam	(N)		m	m ³ /jam
JV 100 A-1	2.13	10000	5	0.591	0.2	251.766
BW 142 PD	1.426	7500	5	0.591	0.2	126.415
BW 212	2	9600	5	0.591	0.2	240.561

5.4 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 pembersihan lahan, pekerjaan pemindahan tanah, pekerjaan pengurugan tanah (*filling*) dan pekerjaan pemadatan tanah (*compacting*).

5.4.1 Pekerjaan pembersihan lahan (*land clearing*)

Pekerjaan pembersihan lahan adalah proses membersihkan tanah dari semak atau pepohonan. Alat berat yang digunakan untuk pekerjaan ini adalah *bulldozer*. Tipe bulldozer yang akan digunakan untuk pekerjaan ini adalah tipe D-41 P-3 karena tipe tersebut hanya membutuhkan 1 unit bulldozer dengan harga sewa paling murah daripada tipe lain.

- a. Menentukan area yang akan dibersihkan.
- b. Melakukan kegiatan *land clearing* dengan menggunakan bulldozer
 - Menentukan titik awal dan akhir serta arah mengerjakan
 - Membersihkan lahan dengan bulldozer

Sebagai contoh perhitungan untuk pekerjaan pembersihan lahan, bulldozer yang digunakan dalam perhitungan adalah D41 P-3. Untuk menghitung jumlah bulldozer, dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$n = \frac{Vt}{TP \times T}$$

keterangan:	T	= rencana waktu penyelesaian
	n	= jumlah alat
	TP	= taksiran produksi
	Vt	= volume pekerjaan

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

Rencana waktu penyelesaian = 6 hari
 = 48 jam
 Volume pekerjaan = 21.400,131 m²

Maka jumlah alat yang dibutuhkan :

$$n = \frac{Vt}{TP \times T}$$

maka :

$$n = \frac{21.4}{0.359 \times 48} = 1.24 \approx \mathbf{1 \text{ unit}}$$

untuk menghitung lama waktu penggunaan bulldozer adalah :

$$t = \frac{Vt}{TP \times n}$$

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

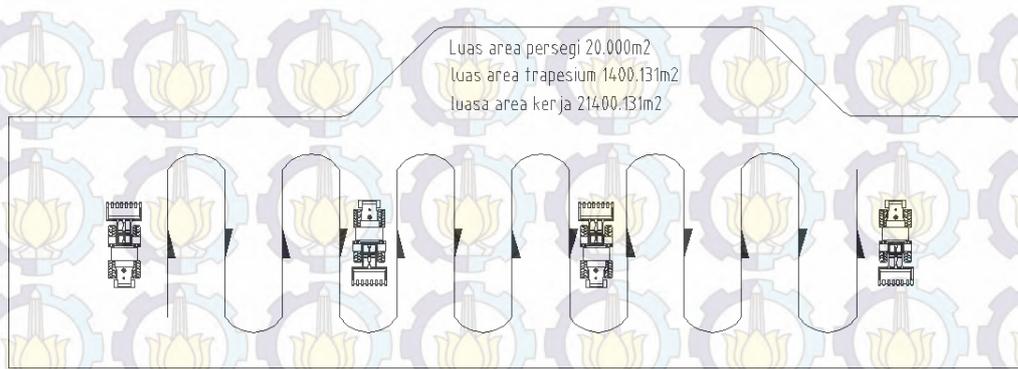
Maka waktu yang diperlukan bagi bulldozer untuk menyelesaikan pekerjaan pembersihan adalah :

$$t = \frac{21.4}{0.359 \times 1} = 59.610 \text{ jam}$$

$$t = \frac{59.610}{8} = 7.45 \text{ jam/hari}$$

Ilustrasi atau gambaran pekerjaan pembersihan lahan dapat dilihat pada gambar 5.1

Perhitungan kebutuhan alat untuk bulldozer tipe lain dapat dilihat pada tabel 5.16



Gambar 5.1 Ilustrasi pekerjaan pembersihan lahan

Tabel 5.16 Kebutuhan Bulldozer tipe lain

21.4 (vol pekerjaan dalam Ha)	Produktivitas	Waktu	Kebutuhan
		(jam)	
D 41 P-3	0.359	48	1
D 53 A	0.608	48	1
D 70 LE	0.958	48	0
D 85 E SS	1.108	48	0

5.4.2 Pekerjaan penggalian tanah

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*

$$n = \frac{V_t}{TP \times T}$$

keterangan: T = rencana waktu penyelesaian
 n = jumlah alat
 TP = taksiran produksi
 Vt = volume pekerjaan

- Asumsi 1 bulan = 25 hari kerja, dimana
 1 hari kerja = 8 jam kerja
- Rencana waktu penyelesaian = 3 bulan = 75 hari =
 600 jam
- Volume pekerjaan = 133857.53 m³

1. Maka jumlah excavator PC – 100 yang dibutuhkan :

$$n = \frac{133857.53 \times 1.39}{68.622 \times 600} = 3.251 \approx \mathbf{3 \text{ unit}}$$

2. Maka jumlah excavator PC – 200 yang dibutuhkan :

$$n = \frac{133857.53 \times 1.39}{89.8 \times 600} = 2.48 \approx \mathbf{2 \text{ unit}}$$

3. Maka jumlah excavator PC – 300 yang dibutuhkan :

$$n = \frac{133857.53 \times 1.39}{132.706 \times 600} = 1.58 \approx \mathbf{1 \text{ unit}}$$

Untuk menghitung lama waktu penggunaan excavator adalah :

$$t = \frac{Vt}{TP \times n}$$

keterangan: n = jumlah dozer 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

$$t = \frac{133857.53}{68.622 \times 3} = 467.78 \text{ jam}$$

$$t = \frac{467.78}{756} = 6.23 \text{ jam}$$

2. PC – 200

$$t = \frac{133857.53}{89.8 \times 2} = 536.19 \text{ jam}$$

$$t = \frac{536.19}{75} = 7.14 \text{ jam}$$

3. PC – 300

$$t = \frac{133857.53}{132.706 \times 1} = 725.66 \text{ jam}$$

$$t = \frac{725.66}{75} = 9.67 \text{ jam}$$

Dengan asumsi peralatan bekerja 1 hari = 8 jam, dihitung lamanya alat mengalami idle time, yaitu dengan rumus

$$\text{Idle time} = 8 \text{ jam} - t \text{ jam}$$

Maka :

1. PC – 100

$$\text{Idle time} = 8 \text{ jam} - 6.23 \text{ jam} = 1.77 \text{ jam}$$

2. PC – 200

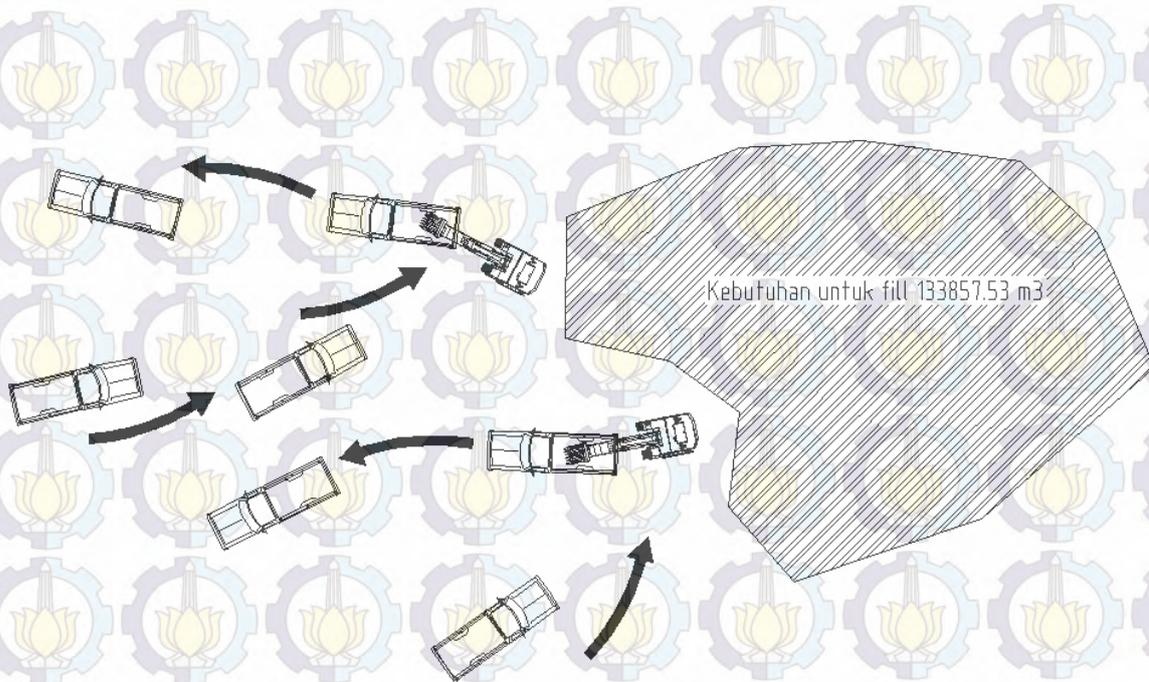
$$\text{Idle time} = 8 \text{ jam} - 7.14 \text{ jam} = 0.86 \text{ jam}$$

3. PC – 300

$$\text{Idle time} = 8 \text{ jam} - 9.67 \text{ jam} = - 1.67 \text{ jam (lembur)}$$

Ilustrasi atau gambaran pekerjaan galian (*cut and fill*) dilihat pada gambar 5.2

Perhitungan kebutuhan alat tipe lain dapat dilihat pada tabel 5.17



Gambar 5.2 Ilustrasi pekerjaan galian (*Cut and Fill*)

5.4.3 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 CWB 10t, CWA 18t, CWB 25t. metode pelaksanaan pekerjaan pemindahan tanah.

- a. Memuat material dari lokasi cutting ke dump truck 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 CWB 18t dan excavator PC 100. Untuk pekerjaan pembuangan dapat dihitung dengan cara seperti berikut :

$$n = \frac{TP_{excv} (m^3 / jam)}{TP_d (m^3 / jam)}$$

keterangan: TP_d = Taksiran produksi dump truck (m³/ jam)

n = Jumlah dump truck

TP_{excv} = taksiran produksi excavator (m³/ jam)

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

Rencana waktu penyelesaian = 3 bulan = 75 hari = 600 jam

Volume pekerjaan = 96300.39 m³

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

- Dump truck CWB 10t dan PC 100

$$n = \frac{68.622 (m^3 / jam)}{4.92 (m^3 / jam)} = 13.94 \approx \mathbf{14 \text{ unit}}$$

Untuk menghitung lama waktu penggunaan dumptruck adalah :

$$t = \frac{Vt}{TP \times n}$$

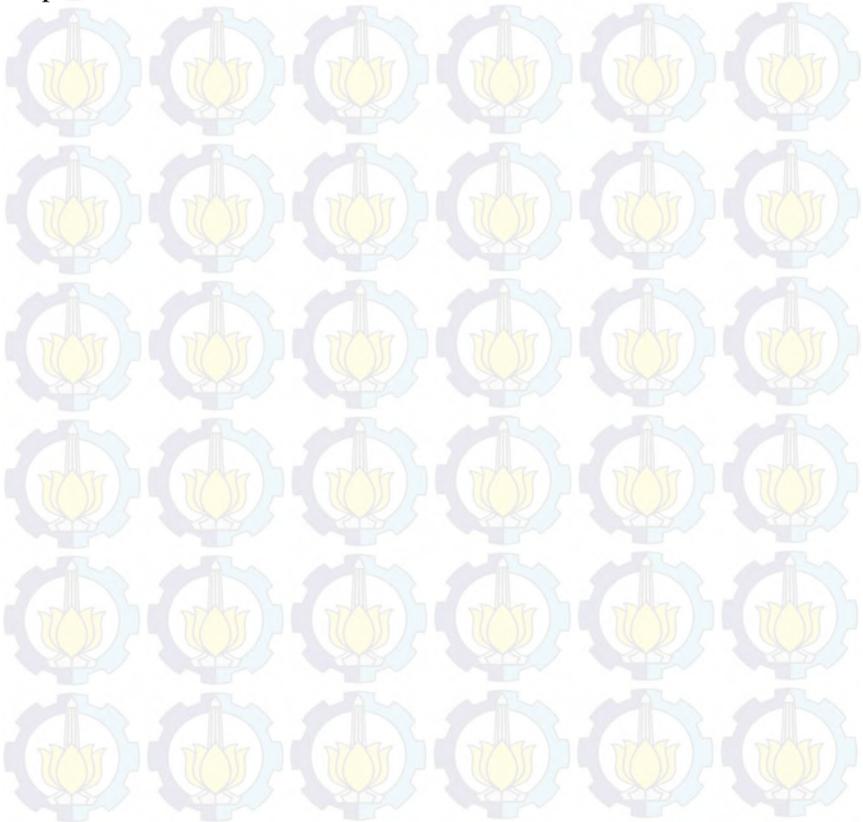
keterangan: n = jumlah dump truck yang diperlukan
 Vt = volume pekerjaan
 TP = taksiran produksi
 T = lama waktu penyelesaian dengan alat

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

$$t = \frac{133857.54}{4.92 \times 14} = 650.22 \text{ jam}$$

$$t = \frac{650.22}{75} = 7.67 \text{ jam}$$

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 dump truck berdasarkan atas idle time yang paling minimum, dilakukan dengan pertimbangan bahwa alat tersebut tidak mengalami 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 negative karena berarti harus lembur. Perhitungan jumlah serta idle time untuk tipe lain dapat dilihat pada tabel 5.17 berikut ini.



Tabel 5.17 Kombinasi Dump truck dengan Excavator

Jenis Alat		Produksi alat excv (Tpexcv)	Produksi Alat dump truck	Jumlah excavator	Jumlah dump truck per excavator	Jumlah dump truck yang dipakai	Volume pekerjaan kondisi padat ke lepas	Rencana penyelesaian (T)	Waktu penyelesaian dengan alat (T)	Waktu penyelesaian per hari	Idle time
Excavator	Dump Truck										
		m ³ / jam	m ³ / jam	unit		unit	m ³	hari	jam	jam	jam
a		b	c	d	e = b/c	f = e x d	g = 96300.39 x 1.39	h	l = g/(c x f)	j = i/h	k = 8 - j
CWB 10T	PC 100	68.622	4.92	3	14	42	133857.54	75	650.22	7.67	0.33
CWB 10T	PC 200	89.832	5.51	2	16	33	133857.54	75	645.05	8.60	-0.60
CWB 10T	PC 300	132.706	5.71	1	23	23	133857.54	75	1008.68	13.45	-5.45
CWA 18T	PC 100	68.622	8.17	3	8	25	133857.54	75	590.00	7.87	0.13
CWA 18T	PC 200	89.832	8.54	2	11	21	133857.54	75	598.09	7.97	0.03
CWA 18T	PC 300	132.706	9.17	1	14	14	133857.54	75	1008.68	13.45	-5.45
CWB 25T	PC 100	68.622	9.24	3	7	22	133857.54	75	650.22	8.67	-0.67
CWB 25T	PC 200	89.832	9.73	2	9	18	133857.54	75	745.04	9.93	-1.93
CWB 25T	PC 300	132.706	10.32	1	13	13	133857.54	75	1008.68	13.45	-5.45

Dari hasil perhitungan kombinasi alat pada tabel di atas maka tersisa 3 kombinasi dengan idle time yang tidak sampai negative, yaitu kombinasi :

- Dump truck CWB 10T dengan excavator PC 100
- Dump truck CWA 18T dengan excavator PC 100
- Dump truck CWA 18T dengan excavator PC 200

Sebagai pertimbangan untuk pemilihan alternative kombinasi yang diambil maka aspek yang ditinjau adalah biaya dan idle time. Berikut rincian biaya dari masing – masing kombinasi excavator dan dump truck :

- Dump truck CWB 10T dengan excavator PC 100

Tabel 5.17 Rincian Biaya Dump Truck 10T

Pekerjaan pemindahan tanah Dump truck 10T	Rincian	
Biaya bahan bakar	Rp	805,350.00
biaya operasi	Rp	1,435,350.00
Biaya sewa alat	Rp	3,445,690,000.00

Tabel 5.18 Rincian Biaya Excavator PC 100

Pekerjaan galian excavator PC 100	Rincian	
Biaya bahan bakar	Rp	546,210.00
biaya operasi	Rp	945,000.00
Biaya sewa alat	Rp	213,825,000.00

Biaya total excavator + dump truck = Rp. 3,659,515,000.00

- Dump truck CWA 18T dengan excavator PC 100

Tabel 5.19 Rincian Biaya Dump Truck 18T

Pekerjaan pemindahan tanah Dump truck 18T	Rincian
Biaya bahan bakar	Rp 1,298,550.00
biaya operasi	Rp 1,265,006.00
Biaya sewa alat	Rp 2,372,886,250.00

Tabel 5.20 Rincian Biaya Excavator PC 100

Pekerjaan galian excavator PC 100	Rincian
Biaya bahan bakar	Rp 546,210.00
biaya operasi	Rp 945,000.00
Biaya sewa alat	Rp 213,825,000.00

Biaya total excavator + dump truck = Rp. 2,586,711,250.00

- Dump truck CWA 18T dengan excavator PC 200

Tabel 5.21 Rincian Biaya Dump Truck 18T

Pekerjaan pemindahan tanah Dump truck 18T	Rincian
Biaya bahan bakar	Rp 1,298,550.00
biaya operasi	Rp 1,265,006.00
Biaya sewa alat	Rp 1,993,234,450.00

Tabel 5.22 Rincian Biaya Excavator PC 200

Pekerjaan galian excavator PC 200	Rincian	
Biaya bahan bakar	Rp	546,210.00
biaya operasi	Rp	1,491,210.00
Biaya sewa alat	Rp	336,722,250.00

Biaya total excavator + dump truck = Rp. 2,329,956,750.00



Gambar 5.3 Hubungan Biaya dan Idle Time

Maka kombinasi Excavator dan Dump truck yang paling efektif dari segi biaya dan waktu adalah Dump truck CWA 18T dengan excavator PC 200.

5.4.4 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 bulldozer atau motor grader. Beberapa tipe bulldozer yang ditinjau adalah D-70 LE sedangkan untuk tipe motor grader yang akan ditinjau adalah GD 31-3H Metode pelaksanaan pekerjaan penimbunan dan perataan tanah:

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

4.4.4.1 Bulldozer

Sebagai contoh perhitungan untuk pekerjaan penimbunan tanah dan perataan tanah, bulldozer yang digunakan adalah D70-LE. karena tipe tersebut hanya membutuhkan 1 unit bulldozer dengan harga sewa paling murah daripada tipe lain. Jika tipe lain membutuhkan 2 unit, maka harga sewa akan lebih tinggi dikarenakan biaya mobilisasi per unit. Untuk menghitung jumlah bulldozer, dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$n = \frac{Vt}{TP \times T}$$

keterangan: T = rencana waktu penyelesaian
 n = jumlah alat
 TP = taksiran produksi
 Vt = volume pekerjaan

- Asumsi 1 bulan = 25 hari kerja, dimana
1 hari kerja = 8 jam kerja
- Rencana waktu penyelesaian = 6 bulan = 150 hari =
1200 jam

- Volume pekerjaan = 96300.39 m³
Maka jumlah alat yang dibutuhkan adalah :

$$n = \frac{96300.39 \times 1.39}{79.03 \times 1200} = 1.411 \text{ unit} \approx \mathbf{1 \text{ unit}}$$

Untuk menghitung lama waktu penggunaan bulldozer adalah :

$$t = \frac{Vt}{TP \times n}$$

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

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

$$t = \frac{96300.39}{45.30 \times 1} = 1062.91 \text{ jam}$$

$$t = \frac{1062.91}{150} = 7.08 \text{ jam/hari}$$

Perhitungan kebutuhan Bulldozer tipe lain untuk pekerjaan urugan dapat dilihat pada tabel 5.23

Tabel 5.23 Perhitungan jumlah kebutuhan Bulldozer tipe lain

96300.39 (m ³)	Produktivitas	Waktu	Kebutuhan
		(jam)	
D 41 P-3	45.30	1200	2
D 53 A	51.18	1200	2
D 70 LE	79.03	1200	1
D 85 E SS	90.58	1200	1

5.4.4.2 Motor Grader

Sesbagai contoh perhitungan untuk pekerjaan penimbunan dan perataan tanah, motor grader yang digunakan dalam perhitungan adalah GD 31-3H, karena tipe tersebut hanya membutuhkan 1 unit Motor Grader dengan harga sewa paling murah daripada tipe lain. Untuk menghitung jumlah motor grader, dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$n = \frac{Vt}{TP \times T}$$

keterangan: T = rencana waktu penyelesaian
 n = jumlah alat
 TP = taksiran produksi
 Vt = volume pekerjaan

- Asumsi 1 bulan = 25 hari kerja, dimana
 1 hari kerja = 8 jam kerja
- Rencana waktu penyelesaian = 5 bulan = 125 hari =
 1000 jam
- Volume pekerjaan = 96300.39 m³

Maka jumlah alat yang dibutuhkan adalah :

$$n = \frac{96300.39}{223.41 \times 1000} = 0.53 \text{ unit} \approx \mathbf{1 \text{ unit}}$$

Untuk menghitung lama waktu penggunaan motor grader adalah

$$t = \frac{Vt}{TP \times n}$$

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 :

$$t = \frac{96300.39 \times 1.39}{223.41 \times 1} = 599.15 \text{ jam}$$

$$t = \frac{599.15}{125} = 5.79 \text{ jam/hari}$$

Perhitungan kebutuhan Motor Grader tipe lain untuk pekerjaan urugan dapat dilihat pada tabel 5.24

Tabel 5.24 Perhitungan jumlah kebutuhan Bulldozer tipe lain

96300.39	Produktivitas	Waktu	Kebutuhan
(m3)		(jam)	
GD 31- 3H	223.4	1000	1
GD 200 - A1	189.1	1000	0
GD 300 - A1	282.5	1000	0
GD 500 - R2	343.9	1000	0

Maka jumlah alat yang dibutuhkan adalah :

$$n = \frac{96300.39}{251.77 \times 800} = 0.66 \text{ unit} \approx \mathbf{1 \text{ unit}}$$

Untuk menghitung lama waktu penggunaan compactor adalah :

$$t = \frac{Vt}{TP \times n}$$

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

Maka waktu yang diperlkan bagi compactor untuk pemadatan tanah adalah :

$$t = \frac{96300.39}{251.77 \times 1} = 582.14 \text{ jam}$$

$$t = \frac{582.14}{100} = 5.82 \text{ jam/hari}$$

Perhitungan kebutuhan Vibration Roller tipe lain untuk pekerjaan urugan dapat dilihat pada tabel 5.25

Tabel 5.25 Perhitungan jumlah kebutuhan Vibro Roller tipe lain

96300.39 (m3)	Produktivitas	Waktu (jam)	Kebutuhan
JV 100 A-1	251.8	800	1
BW 142 PD	126.4	800	0
BW 212	240.6	800	1



Gambar 5.4 Detail potongan melintang pekerjaan urugan dan perataan tanah

5.5 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 dan pelumas.

5.5.1 Biaya operasi alat

Untuk menghitung biaya operasi alat dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut

$$\text{Biaya operasi} = \text{Biaya sewa alat/hari} + \text{biaya operator/hari} + \text{biaya bahan bakar/hari}$$

Sebagai contoh perhitungan, digunakan rincian biaya pada pekerjaan pembersihan lahan

1 liter solar	= Rp. 13.500,00 / liter , maka :
Biaya mobilisasi/demobilisasi	= RP. 1000.000,00
Sewa operator	= Rp. 65.000 / hari
- Pekerjaan pembersihan lahan	
Alat yang digunakan bulldozer tipe D41 P-3	
Biaya sewa bulldozer	= Rp. 840.000,00 / hari
Biaya operator	= Rp. 65.000 / hari
Biaya bahan bakar	= 11.9 liter/jam x Rp. 13.500,00 / liter x 7,45 jam/hari
	= Rp. 1.196.842.5/ hari
Biaya operasi	= Rp. 840.000,00 + Rp. 65.000 + Rp. . 1.196.842.5
	= Rp. 2.101.842.5/ hari

5.5.2 Total biaya sewa alat berat yang dipakai

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

$$\text{Biaya sewa} = \text{Biaya operasi/hari} \times \text{jumlah alat} \times \text{lama sewa} + (\text{biaya mobilisasi/demobilisasi} \times \text{jumlah alat})$$

- Pekerjaan pembersihan lahan
 - Lama sewa = 6 hari
 - Jumlah alat = 1 unit
 - Biaya mobilisasi = Rp. 1.000.000,00
- Biaya sewa alat = Rp. 2.101.842,00/ hari x 1 unit x 6 hari
+ (Rp. 1.000.000,00 x 1 unit)
= Rp. 13.611.055,00

Rincian perhitungan biaya pada pekerjaan lain dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 5.24 Rekapitulasi biaya sewa alat

Jenis Pekerjaan	Jenis alat	Jumlah alat	Biaya
Pembersihan lahan	Bulldozer D 41 P-3	1	Rp 13,611,055.00
Pekerjaan galian	Excavator PC 200	2	Rp 435,040,050.00
Pekerjaan pemindahan tanah	Dump truck 18T	21	Rp 1,993,234,450.00
Pekerjaan penimbunan dan perataan tanah	Bulldozer D 70 LE	1	Rp 327,784,320.00
Pekerjaan penimbunan dan perataan tanah	Motor grader GD 31-3H	1	Rp 204,531,250.00
Pekerjaan pemadatan tanah	Compactor JV 100 A-1	1	Rp 361,267,000.00
	Total		Rp 3,335,468,125.00

5.6 Penjadwalan

5.6.1 Durasi Pekerjaan

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

- a. Pekerjaan land clearing (pembersihan lahan)
Jenis alat : Bullzoder D 41 P-3, 1 unit
Durasi pekerjaan : 6 hari
- b. Pekerjaan penggalan tanah
Jenis alat : Excavator PC – 200, 2 unit
Durasi pekerjaan : 75 hari
- c. Pekerjaan pemindahan tanah
Pemindahan tanah dari lokasi cutting ke lokasi filling
Jenis alat : Dump truck CWB 18T, 21 unit
Durasi pekerjaan : 75 hari
- d. Pekerjaan filling and spreading (penimbunan dan perataan tanah)
Jenis alat : Bullzoder D 70-LE, 1 unit
Durasi pekerjaan : 160 hari
- e. Pekerjaan filling and spreading (penimbunan dan perataan tanah)
Jenis alat : Moto grader GD 31-3H, 1 unit
Durasi pekerjaan : 125 hari
- f. Pekerjaan compacting (pemadatan tanah)
Jenis alat : Compactor JV 100 A-1, 1 unit
Durasi pekerjaan : 100 hari

5.6.2 Penjadwalan Proyek

Penjadwalan akan dicoba dengan menggunakan metode Precedence Diagram Method (PDM). Penyelesaian proyek menggunakan kegiatan tumpang tindih, kegiatan satu belum selesai dikerjakan, kegiatan berikutnya mulai dikerjakan, sehingga bias menghemat waktu yang diperlukan. Predecessor adalah kegiatan yang mendahului kegiatan lainnya.

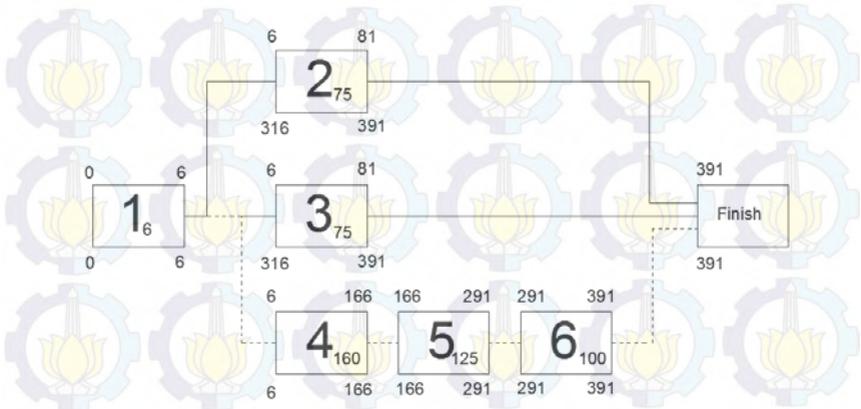
Dari proses pelaksanaan pekerjaan yang ada, dimana pertama – tama akan dilakukan pembersihan lahan dengan bulldozer. Kemudian setelah pembersihan lahan dilakukan akan dilanjutkan dengan pekerjaan penggalian tanah dengan excavator. Tanah hasil galian akan dimuat ke truck yang kemudian akan diletakkan di daerah fill. Jadi pada penjadwalannya pekerjaan penggalian tanah, pemindahan tanah serta penimbunan dan perataan tanah dapat dilakukan secara bersamaan dalam satu hari. Setelah tanah dirug di daerah fill kemudian akan dilanjutkan dengan pemadatan tanah dengan compactor.

Untuk hubungan antar pekerjaan dapat dilihat pada tabel berikut ini

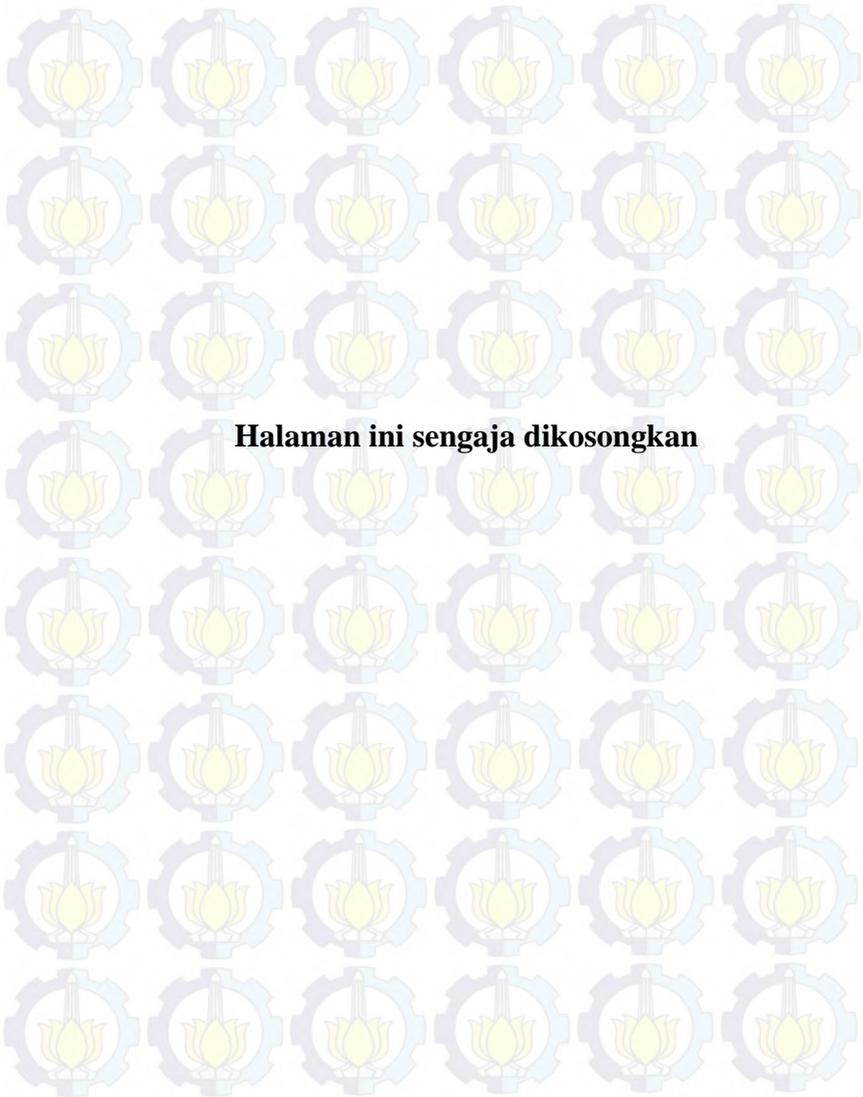
Tabel 5.25 Penjadwalan proyek dengan PDM

Kode	Pekerjaan	Durasi	Predecessor
1	Pekerjaan pembersihan lahan	6 hari	-
2	Pekerjaan penggalian tanah	75 hari	1 FS
3	Pekerjaan pemindahan tanah	75 hari	1 FS
4	Pekerjaan pengurangan tanah	160 hari	3 SS
5	Pekerjaan perataan tanah	125 hari	4 FS
6	Pekerjaan pemadatan tanah	100 hari	5 FS

Bila digambarkan dalam Precedence Diagram Method menjadi :



Gambar 5.5 Penjadwalan dengan Precedence Diagram Method



Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari pembahasan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Jenis dan tipe alat berat yang dibutuhkan untuk pekerjaan tanah pada proyek Pembangunan Packing Plant PT. Semen Indonesia di Balikpapan adalah :
 - a. Pekerjaan pembersihan lahan dengan volume sebesar 21,4 ha.
Peralatan yang digunakan adalah :
 - 1 unit Bulldozer tipe D-41 P-3
 - b. Pekerjaan galian tanah (cut ke fill) dengan volume sebesar 133857.53 m³.
Peralatan yang digunakan adalah :
 - 2 unit Excavator tipe PC – 200
 - c. Pekerjaan pemindahan tanah dengan volume sebesar 133857.53 m³.
Peralatan yang digunakan adalah :
 - 21 unit Dump Truck CWA 18T
 - d. Pekerjaan penimbunan tanah dengan volume sebesar 96300.39 m³.
Peralatan yang digunakan adalah :
 - 1 unit Bulldozer tipe D70 - LE
 - e. Pekerjaan perataan tanah dengan volume sebesar 96300.39 m³.
Peralatan yang digunakan adalah :
 - 1 unit Motor Grader tipe GD 31-3H
 - f. Pekerjaan pemadatan tanah dengan volume sebesar 96300.39 m³.
Peralatan yang digunakan adalah :
 - 1 unit Vibration Roller JV 100 A-1

2. Total waktu penyelesaian untuk pekerjaan tanah pada proyek Pembangunan Pembangunan Packing Plant PT. Semen Indonesia di Balikpapan adalah 391 hari kalender.
3. Total biaya peralatan yang dibutuhkan untuk pekerjaan tanah pada proyek Pembangunan Packing Plant PT. Semen Indonesia di Balikpapan kurang lebih adalah Rp 3.335.468.125,00 (Tiga Milyar Ratus Tiga Puluh Lima Juta Empat Ratus Enam Puluh Delapan Ribu Seratus Dua Puluh Lima Rupiah).

6.2 Saran

Dari kesimpulan diatas, untuk memperoleh hasil penjadwalan, kombinasi alat berat, dan biaya yang lebih efisien lagi dalam perencanaan pekerjaan tanah, maka :

1. Pemilihan alat berat yang jumlahnya lebih bervariasi baik jenis maupun tipe agar didapatkan kombinasi alat berat yang lebih efisien
2. Diperlukan berbagai alternatif metode pelaksanaan yang dapat disesuaikan dengan kondisi lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

Fatena Rostiyanti, Susy. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi. Cetakan I, Edisi 2*. Jakarta: Rineka Cipta.

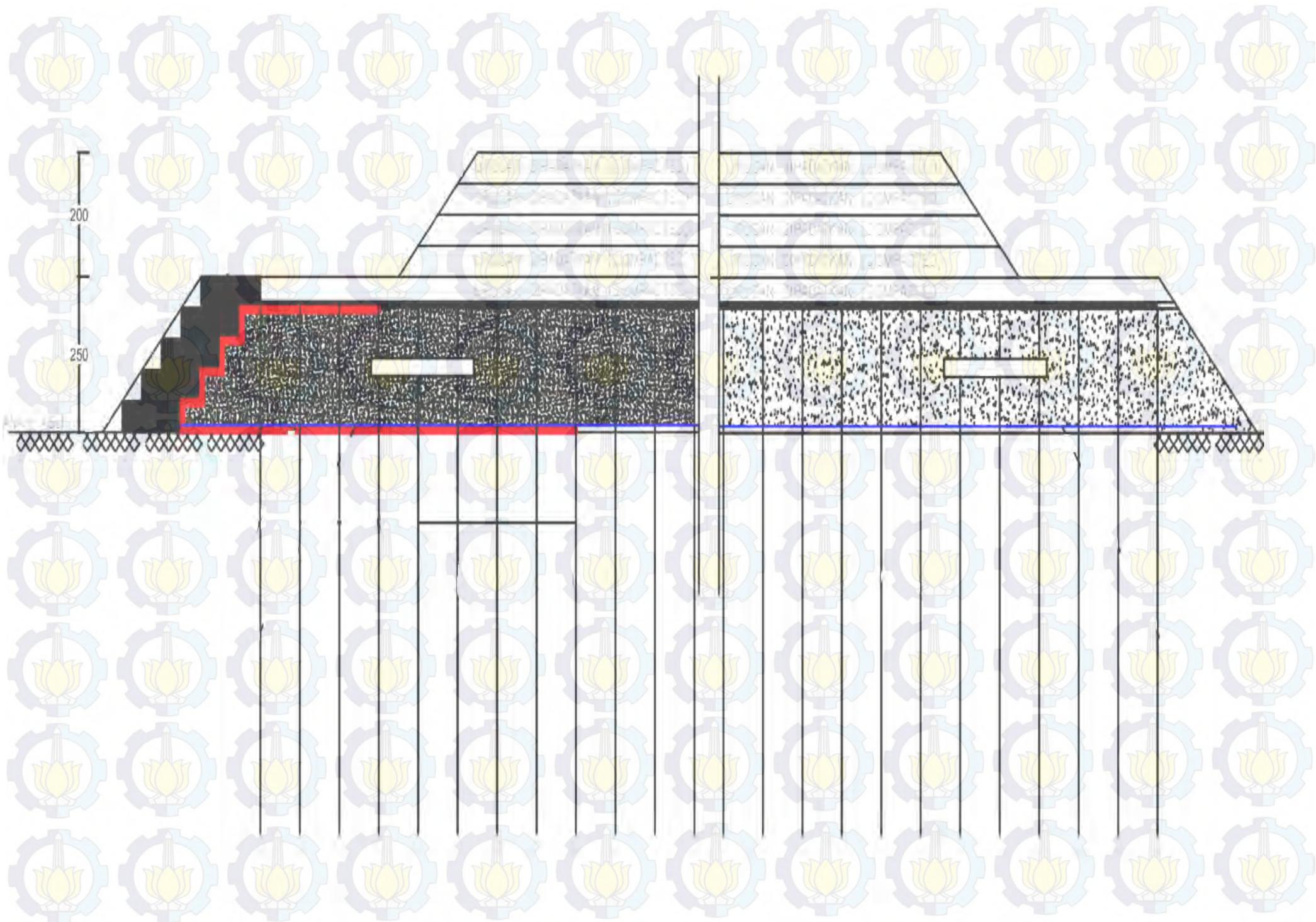
Kholil, Ahmad. 2012. *Alat Berat*. Bandung: PT. Remaja Rosda Karya Offset.

Rochmanhadi. 1985. *Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Dengan Menggunakan Alat-Alat Berat*. Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum.

Tenrisukki T., Andi. 2003. *Pemindahan Tanah Mekanis : Seri Diklat Kuliah..* Jakarta: Gunadarma.

Wilopo, Djoko. 2009. *Metode Konstruksi Dan Alat Berat*. Jakarta : Universitas Indonesia.

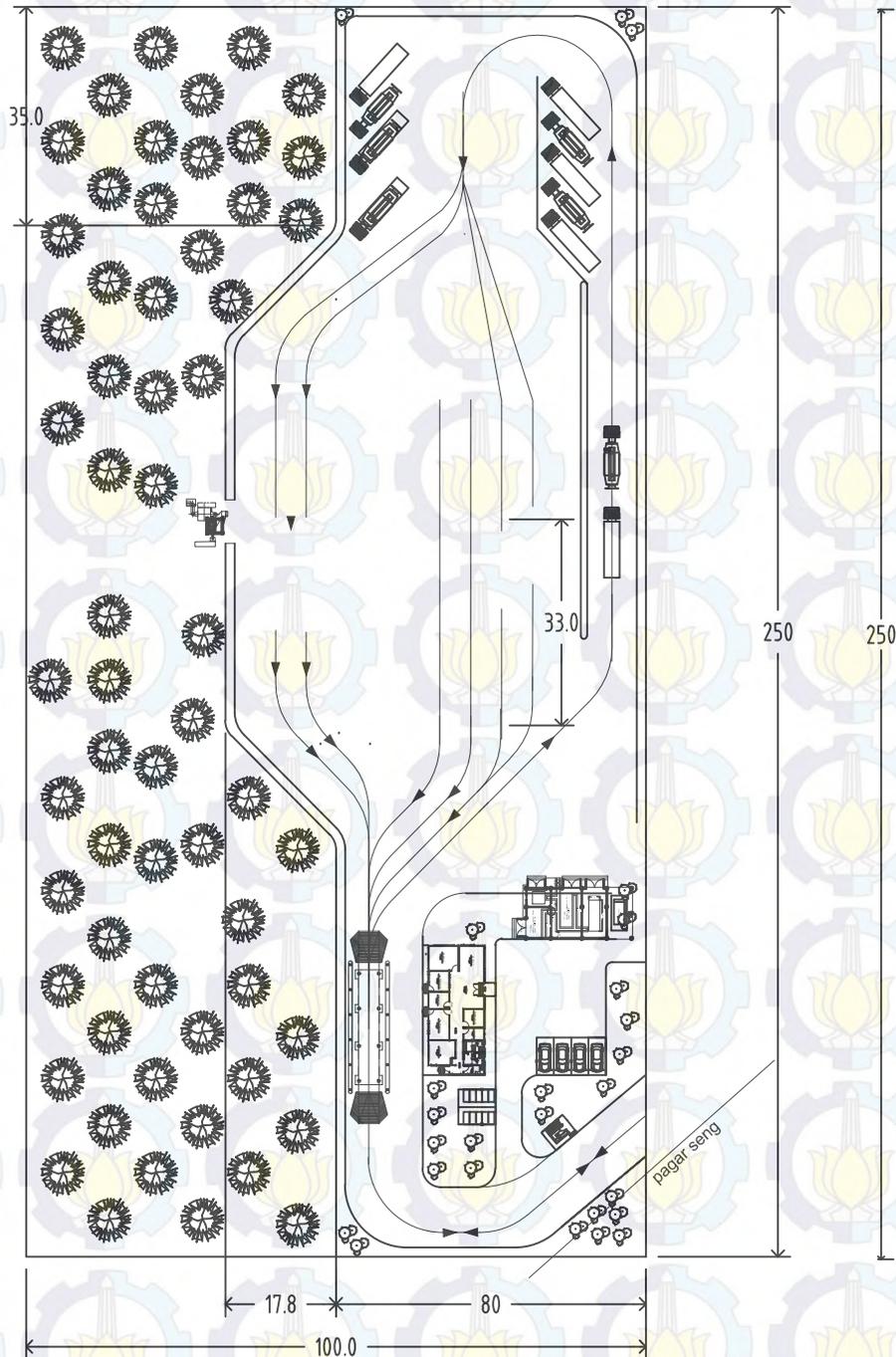
United Tractor, PT. 1996. *Latihan Dasar Sistem Mesin (Hand Book Edition 3)*, Jakarta : Training Center Department.



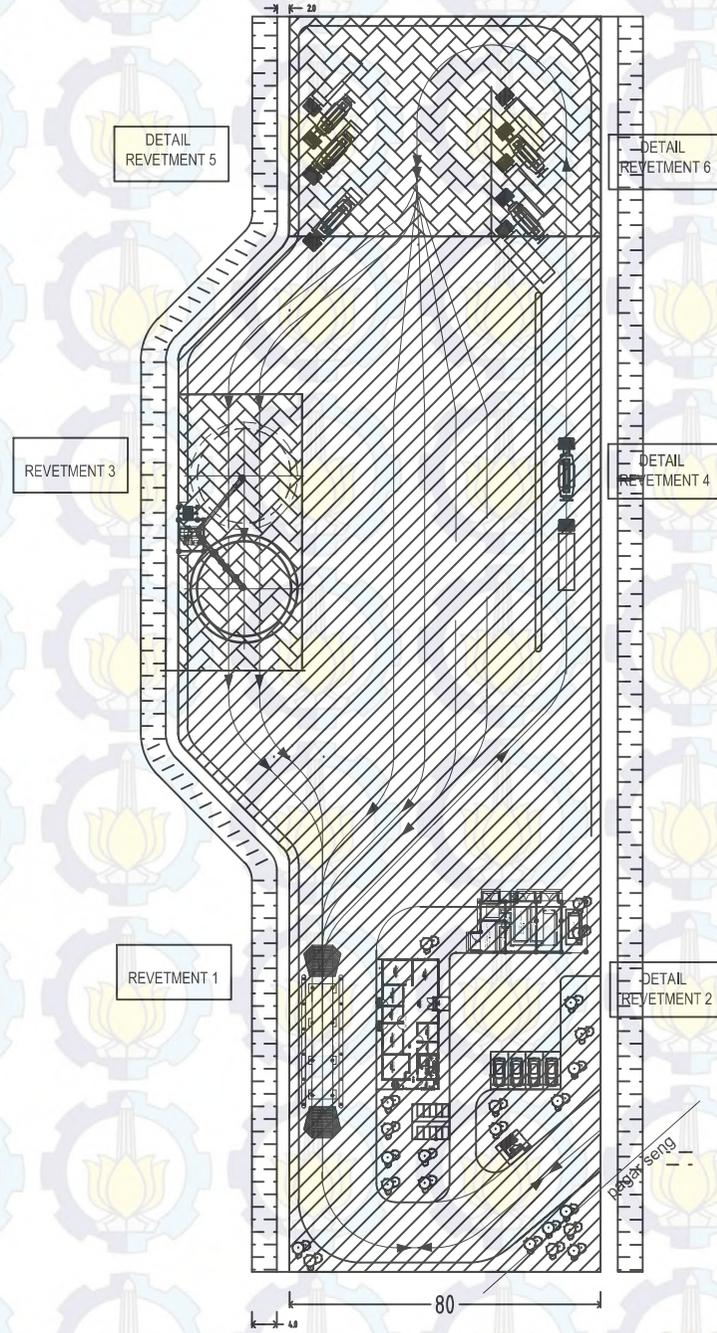
Peta Lokasi



LAYOUT PLAN



LAYOUT URUGAN



catatan

- 1 Silo Semen
- 2 Rencana Silo Semen
- 3 Bangunan Pengantongan (packer)
- 4 Tempat Parkir Mobil
- 5 Main office
- 6 Main Sub Station
- 7 Bangunan Jembatan Timbang
- 8 Pos Jaga
- 9 Parkir Truck
- 10 dermaga

REVISIONS	

PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk
 JAWA TIMUR
 INDONESIA

**DIREKTORAT LITBANG DAN OPERASIONAL
 DEPARTEMEN RANCANG BANGUN**

CV. GEOSPASIA WAHANA JAYA

PEMBANGUNAN PACKING PLANT
 BALIKPAPAN

PEKERJAAN PERENCANAAN LAIN

LAYOUT JURKAN

3/75 No. **P3G-BPN-GO-DW-001** 2 OF 11