

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu ini menjadi salah satu acuan dalam melakukan penelitian sehingga dapat memperkaya teori yang digunakan dalam mengkaji penelitian yang dilakukan. Dari penelitian terdahulu, tidak ditemukan penelitian dengan judul yang sama seperti judul penelitian penulis. Namun penulis mengangkat beberapa penelitian lain sebagai referensi dalam memperkaya bahan kajian yang dibutuhkan. Berikut merupakan penelitian terdahulu berupa beberapa jurnal terkait dengan penelitian yang dilakukan.

- a. Andi Maddeppungeng, Soedarsono dan Yusep Depyudin. (2012) menyajikan penelitian mengenai *Analisis Produktivitas Alat-Alat Berat (Studi Kasus Proyek Pembangunan Jalan Antartika II Di Kawasan Industri Krakatau Steel, Cilegon)*. Lokasi tempat studi kasus adalah proyek pembangunan jalan Antartika II, penelitian ini menggunakan metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual, yaitu perhitungan produktivitas alat berat dengan menentukan waktu siklus alat, penentuan faktor koreksi, perhitungan produksi masing-masing alat, dan menentukan komposisi alat berat yang digunakan. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini menemukan produktivitas alat berat, waktu dan biaya yang paling efektif dan efisien dari penggunaan komposisi alat berat yaitu terdiri dari 3 unit *Excavator*: 144,3 m³/jam, 1 unit *Crawler Tractor Dozer*: 88,83 m³/jam, 1 unit *Vibration Roller*: 16,93 m³/jam dan 4 unit *Dump Truck* dengan total produksi 111 m³/jam dengan biaya total sebesar Rp.331.260.000 dan waktu pelaksanaan 26 hari.
- b. Dicky Setiadi, Hadi Effendi, Puji Wiranto, Arif Mudianto menyajikan penelitian mengenai *Perhitungan Kebutuhan Alat Berat Pada Pekerjaan Tanah Proyek Pembangunan Pabrik Precast Di Sentul*. Untuk mengetahui jumlah alat berat yang dibutuhkan khususnya *Excavator*, *Dump truck*, *Bulldozer* dan *Vibration Roller* dengan metode perhitungan

berdasarkan data analisa di lapangan. Hasil dari perhitungan dan pengamatan di lapangan maka diperoleh produktivitas dan jumlah alat berat yang dibutuhkan adalah *Excavator* sebanyak 1 unit untuk membuang tanah sebesar 17.012,912 m³ dalam waktu 28,419 hari, *Dump Truck* sebanyak 2 unit untuk membuang tanah sebesar 17.012,912 m³, *Bulldozer* sebanyak 1 unit untuk meratakan tanah sebesar 17.012,912 m³, dan *Vibration Roller* sebanyak 1 unit untuk memadatkan tanah sebesar 13.221,92 m³.

- c. Dwi Novi Setiawati (2013) menyajikan penelitian mengenai *Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Pabrik Krakatau Posco Zone IV Di Cilegon*. Penelitian ini menggunakan metode perhitungan produksi kapasitas alat berat secara aktual. Analisis yang dilakukan yaitu perhitungan produktivitas masing-masing alat berat yang digunakan dengan menentukan waktu siklus alat berat, penentuan faktor koreksi alat, perhitungan produksi persiklus, produksi perjam, produksi perhari, besarnya harga sewa alat perjam, besarnya biaya dan waktu yang dibutuhkan selama alat bekerja, menentukan harga satuan pekerjaan dan penentuan komposisi alat berat yang tepat. Hasil dari perhitungan dan pengamatan di lapangan maka diperoleh produktivitas alat berat dengan biaya dan waktu paling efektif dan efisien yaitu 8 unit *Excavator* 609,6384 m³/jam, 5 unit *Bulldozer* 571,2079 m³/jam, 5 unit *Vibration Roller* 469,665 m³/jam, 22 unit *Dump Truck* 612,1302 m³/jam, 1 unit *Motor Grader* 987,84 m³/jam dan 5 unit *Wheel Loader* 446,135 m³/jam dengan biaya total Rp.37.547.895.680 dan total waktu pelaksanaan 1760 jam atau 220 hari.
- d. Edi Nurhadi, Kulo Joice E. Waani, Oscar H. Kaseke (2017) menyajikan penelitian mengenai *Analisa Produktivitas Alat Berat Untuk Pekerjaan Pembangunan Jalan (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Jalan Lingkar SKPD Tahap 2 Lokasi Kecamatan Tutuyan Kabupaten Bolaang Mongondow Timur)*. Penelitian dilakukan dengan metode mengumpulkan data yang ada dilapangan kemudian dilakukan analisis kapasitas produksi, keseimbangan penggunaan alat, serta harga satuan

alat sesuai teori yang dirangkum dari berbagai sumber untuk menunjang analisis yang dilakukan. Dari hasil analisis diperoleh jenis alat berat yang akan digunakan beserta kapasitas produksi dari masing-masing alat sesuai dengan pekerjaan utama yaitu Pekerjaan Galian kapasitas produksi *Excavator* 150,22 m³/jam, *Dump Truck* 57,73 m³/jam. Pekerjaan Timbunan kapasitas produksi *Wheel Loader* 23,22 m³/jam, *Dump Truck* 14,36 m³/jam, *Motor Grader* 1863 m³/jam, *Vibration Roller* 51,86 m³/jam. Pekerjaan Lapis Pondasi Agregat *Wheel Loader* 23,22 m³/jam, *Dump Truck* 5,39 m³/jam, *Motor Grader* 1397,3 m³/jam, *Vibration Roller* 51,86 m³/jam. Pekerjaan Perkerasan Aspal *Dump Truck* 6,78 m³/jam, *Asphalt Finisher* 39,69 m³/jam, *Tandem Roller* 45,9 m³/jam, *Pneumatic Tired Roller* 56,7 m³/jam.

2.2 Pengertian Optimalisasi

Dalam pelaksanaan pembangunan proyek konstruksi sering mengalami keterlambatan akibat berbagai hal yang menyebabkan terjadinya kerugian materi dan waktu. Oleh karena itu dilaksanakan optimalisasi sumber daya yang ada khususnya sumber daya biaya dan waktu. Adapun tujuan mengoptimalkan suatu proyek adalah agar dapat memperoleh keuntungan yang lebih baik tanpa mengurangi kualitas (mutu) suatu konstruksi.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia Optimalisasi adalah berasal dari kata dasar optimal yang berarti terbaik, tertinggi, paling menguntungkan, menjadikan paling baik, menjadikan paling tinggi, pengoptimalan proses, cara, perbuatan mengoptimalkan (menjadikan paling baik, paling tinggi, dan sebagainya) sehingga optimalisasi adalah suatu tindakan, proses, atau metodologi untuk membuat sesuatu (sebagai sebuah desain, sistem, atau keputusan) menjadi lebih/sepenuhnya sempurna, fungsional, atau lebih efektif.

Waktu dalam hal ini adalah lamanya suatu rangkaian ketika proses berlangsung, yang merupakan penjabaran perencanaan proyek menjadi urutan langkah-langkah kegiatan untuk mencapai sasaran. Sedangkan pengertian biaya adalah anggaran yang dikeluarkan untuk pelaksanaan proyek, dalam hal

ini merupakan penggunaan dana untuk melaksanakan pekerjaan dalam kurun waktu tertentu.

Jadi optimalisasi waktu dan biaya adalah usaha pemanfaatan waktu yang relatif singkat dengan biaya yang minimum untuk mencapai suatu pekerjaan dengan hasil dan keuntungan yang baik dengan tetap memperhatikan mutu dan kualitas suatu proyek, sehingga proyek tersebut mampu bersaing dengan proyek lain.

Menurut para ahli pengertian optimalisasi adalah sebagai berikut:

- a. *Poerdwadarminta (Ali, 2014)* adalah hasil yang dicapai sesuai dengan keinginan, jadi optimalisasi merupakan pencapaian hasil sesuai harapan secara efektif dan efisien". Optimalisasi banyak juga diartikan sebagai ukuran dimana semua kebutuhan dapat dipenuhi dari kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan.
- b. *Winardi (Ali, 2014)* optimalisasi adalah ukuran yang menyebabkan tercapainya tujuan jika dipandang dari sudut usaha.
- c. *Singiresu S Rao, John Wiley dan Sons (2009)* Optimalisasi juga dapat didefinisikan sebagai proses untuk mendapatkan keadaan yang memberikan nilai maksimum atau minimum dari suatu fungsi.

2.3 Alat Berat

Menurut (*Djoko Wilopo, 2009*), manajemen pemilihan dan pengendalian alat berat adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan alat berat untuk mencapai tujuan pekerjaan yang ditentukan.

Beberapa faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat, sehingga kesalahan dalam pemilihan alat dapat dihindari, antara lain adalah :

- a. Fungsi yang harus dilaksanakan. Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti untuk menggali, mengangkut, meratakan permukaan.
- b. Kapasitas peralatan. Pemilihan alat berat didasarkan pada volume total atau berat material yang harus dikerjakan. Kapasitas alat yang dipilih harus

sesuai sehingga pekerjaan dapat diselesaikan pada waktu yang telah ditentukan.

- c. Cara operasi. Alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan.
- d. Pembatasan dari metode yang dipakai. Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan pembongkaran. Selain itu metode konstruksi yang dipakai dapat membuat pemilihan alat dapat berubah.
- e. Ekonomi. Selain biaya investasi atau biaya sewa peralatan, biaya operasi dan pemeliharaan merupakan faktor penting didalam pemilihan alat berat.
- f. Jenis proyek. Ada beberapa jenis proyek yang umumnya menggunakan alat berat. Proyek-proyek tersebut antara lain proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, dan pembukaan hutan.
- g. Lokasi proyek. Lokasi proyek juga merupakan hal lain yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat. Sebagai contoh lokasi proyek di dataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah.
- h. Jenis dan daya dukung tanah. Jenis tanah di lokasi proyek dan jenis material yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai. Tanah dapat dalam kondisi padat, lepas, keras, atau lembek.
- i. Kondisi lapangan. Kondisi dengan medan yang sulit dan medan yang baik merupakan faktor lain yang mempengaruhi pemilihan alat berat.

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

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

2.4 Manajemen Alat Berat

a. Pengertian Alat Berat

Alat-alat berat yang sering dikenal di dalam ilmu Teknik Sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi maupun pertambangan dan kegiatan lainnya dengan skala yang besar. Tujuan dari penggunaan alat-alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat. (Rochmanhadi, 1992).

Menurut (Djoko Wilopo, 6:2009), menyatakan bahwa, keuntungan-keuntungan yang di peroleh dengan menggunakan alat berat antara lain:

1. Waktu pengerjaan lebih cepat, karena mempercepat proses pelaksanaan pekerjaan, terutama pada pekerjaan yang sedang dikejar target penyelesaiannya.
2. Memiliki tenaga yang besar, dapat melaksanakan jenis pekerjaan yang tidak dapat dikerjakan oleh manusia.
3. Ekonomis, karena alasan efisiensi, keterbatasan tenaga kerja, keamanan dan faktor-faktor ekonomis lainnya.
4. Mutu hasil kerja lebih baik.

b. Faktor Yang Mempengaruhi Pemilihan Alat Berat

Menurut (Susy Fatena Rostiyanti. 4:2008), menjelaskan bahwa faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat berat, sehingga kesalahan dalam pemilihan alat dapat dihindari, antara lain adalah :

1. Fungsi yang akan dilaksanakan, alat berat yang digunakan disesuaikan dengan fungsinya terhadap pekerjaan yang akan dilaksanakan.

2. Kapasitas peralatan, kesesuaian kapasitas pekerjaan dengan kapasitas alat merupakan hal yang penting untuk meminimalisir biaya konstruksi.
3. Cara pengoperasian, alat berat disesuaikan dengan mobilitas (arah gerak, kecepatan, siklus gerak dan lain-lain) yang telah ditetapkan.
4. Ekonomi, pemilihan alat juga harus mempertimbangkan biaya investasi atau sewa, biaya operasional, dan biaya pemeliharaan.
5. Jenis proyek, pada jenis proyek yang berbeda, akan digunakan jenis alat berat yang berbeda pula.
6. Lokasi proyek, lokasi proyek juga akan mempengaruhi pemilihan alat berat yang digunakan.
7. Jenis dan kekuatan tanah, kekuatan tanah serta jenis tanah yang akan diolah juga mempengaruhi pemilihan alat berat yang digunakan.
8. Kondisi lapangan, kondisi lapangan yang sulit akan berbeda dengan kondisi lapangan yang standar dalam pemilihan alat.

c. Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Kerja

1) Faktor Waktu

Yang dimaksud dengan faktor waktu adalah waktu yang diperlukan untuk merampungkan satu siklus pekerjaan. Waktu siklus secara garis besar terdiri dari dua, yaitu :

- Waktu tetap (*fixed time*) adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan gerakan-gerakan tetap, dimana besarnya hampir selalu konstan. Tiap jenis alat memiliki gerakan-gerakan yang berbeda-beda, misalnya pada *Dump Truck* waktu tetapnya adalah pada saat membuang muatan, pada *Excavator* waktu tetapnya pada saat mengayun baik bermuatan maupun kosong dan lain sebagainya.
- Waktu tidak tetap (*variabel time*) adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan gerakan-gerakan tidak tetap. Waktu tidak tetap ini lebih dipengaruhi oleh kondisi pekerjaan, misalnya pada *Bulldozer* kondisi medan kerja akan mempengaruhi waktu gusurnya, pada *Excavator*

kondisi material akan mempengaruhi waktu pengisian bucket dan lain sebagainya.

Dengan mengetahui waktu tetap dan waktu tidak tetap maka siklus kerja dari suatu alat berat dapat dihitung. Waktu siklus merupakan penjumlahan dari waktu tetap dan waktu tidak tetap. Waktu siklus ini akan sangat berpengaruh terhadap produksi kerja alat berat karena waktu siklus adalah faktor penentu dalam menghitung jumlah trip atau rit yang dapat dilakukan dalam satu jam kerja.

Jadi besar kecilnya waktu siklus akan menghasilkan tinggi rendahnya produksi kerja, dimana total waktu siklus yang relatif kecil tentunya akan mengakibatkan tingginya produksi kerja begitu pula sebaliknya besarnya waktu siklus akan mengakibatkan rendahnya produksi kerja yang dapat dihasilkan oleh suatu alat berat. Pada tabel 2.1 berikut ini akan dapat dilihat siklus kerja dan komponen waktu siklus pada beberapa jenis alat berat.

Tabel 2. 1 Siklus Kerja dari Alat Berat

No.	Jenis Alat	Bentuk Siklus			
		I	II	III	IV
1.	Excavator	Mengisi bucket	Mengayun bermuatan	Membuang Muatan	Mengayun kosong
2.	Dump Truk	Memuat	Mengangkut	Membuang	Kembali
3.	Bulldozer	Menggusur	Kembali	-	-

(Sumber : Nabar, 1998, *Pemindahan Tanah Mekanis dan Alat Berat*)

2) Faktor Material

Tanah merupakan faktor yang mempengaruhi pekerjaan konstruksi. Tanah mempunyai sifat yang khas, yang berbeda dengan beton atau baja. Beberapa

hal yang perlu dipertimbangkan terhadap perhitungan material dalam pekerjaan konstruksi antara lain yaitu:

- a) Klasifikasi material, dalam industri pemindahan tanah pada umumnya dibedakan dalam tiga jenis, yaitu: material batu, material tanah dan material batu-tanah. Dimana pada setiap jenis material ini akan memiliki tingkat kemudahan dan kesulitan di dalam pengolahannya sehingga akan mempengaruhi lamanya waktu didalam pengerjaannya.
- b) Berat isi material, perlu diperhitungkan didalam pekerjaan pemindahan tanah agar dapat diperkirakan apakah peralatan yang akan digunakan cukup mampu atau tidak untuk melakukan satu jenis pekerjaan berdasarkan kapasitas berat muatan, karena kapasitas ini mempunyai berat yang berbeda bila dimuati dengan material yang tidak sama. Sebagai contoh sebuah *Dump Truck* yang memiliki kapasitas bak 15 m³, tentunya akan memiliki berat yang berbeda jika dimuati oleh tanah liat dan dimuati dengan pasir, hal ini dikarenakan antara pasir dan tanah liat memiliki berat isi yang berbeda.
- c) Kegemburan material, dalam pekerjaan pemindahan tanah, seperti menggusur, mengangkat dan lain-lain, produksi kerja sebuah alat berat dinyatakan dalam meter kubik gembur per/jam (L-M³/ jam). Karena tanah yang tergusur atau terbawa dalam bak alat pengangkut atau yang berada di depan *blade* adalah dalam keadaan gembur. Pertambahan volume antara satu material dengan material lainnya berbeda tergantung dari jenis materialnya. Persentase pertambahan volume inilah yang dimaksudkan dengan kegemburan dan untuk menyatakan kegemburan ini biasanya digunakan angka yang disebut dengan faktor gembur. Dalam menghitung produksi kerja alat berat kegemburan ini perlu diketahui agar dapat dihitung jumlah material yang dapat dipindahkan berdasarkan volume material asli atau padat alami.
- d) Penyusutan material, pemadatan merupakan pekerjaan penting dan harus dilakukan pada setiap pekerjaan konstruksi. Setelah dilakukan pemadatan, biasanya volume material akan menyusut dari volume semula. Penyusutan ini tergantung dari jenis material, dengan

mengetahui besarnya penyusutan material yang dipadatkan maka jumlah material gembur atau material padat akan dapat dihitung. Jadi berapa besar jumlah material gembur yang diperlukan untuk suatu konstruksi.

3) Faktor Efisiensi

Pertimbangan terhadap faktor efisiensi perlu dilakukan agar kondisi lapangan dapat di sesuaikan. Beberapa faktor efisiensi yang perlu diperhatikan dalam perhitungan produksi kerja alat berat (Nabar, 1998) antara lain yaitu :

a) Faktor Efisiensi Kerja

Dua faktor yang menyebabkan perlu diperhitungkannya efisiensi kerja antara lain:

- Faktor alat, dimana apabila ditinjau dari segi peralatannya maka tidak mungkin menggunakan suatu alat dalam batas waktu yang tidak terbatas tanpa istirahat sehingga dibutuhkan waktu untuk pendinginan alat setelah bekerja dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan petunjuk/aturan pakai yang dikeluarkan dari pabrik. Hal inilah yang menyebabkan efisiensi dari suatu alat tidak dapat diperhitungkan 100%. Disamping itu pengaruh usia alat juga akan mempengaruhi produksi kerja dari suatu alat sehingga produksi kerja alat tidak menjadi 100%. Besarnya nilai efisiensi kerja alat ini sulit ditentukan secara tepat tetapi berdasarkan pengalaman-pengalaman dapat ditentukan efisiensi kerja alat yang mendekati kenyataan. Sebagai pendekatan dapat digunakan tabel 2.2 sebagai berikut ini.

Tabel 2. 2 Faktor Efisiensi Kerja

Keahlian Operator Alat	Kondisi Alat				
	Sangat Baik	Baik	Sedang	Buruk	Sangat Buruk
Baik sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60

Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
Buruk sekali	0,52	0,50	0,47	0,42	0,32

(Sumber: Rochmanhadi, 1992, *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*)

- Faktor manusia, dimana tenaga manusia yang mengoperasikan alat sebagai operator juga tidak mungkin dapat bekerja secara terus menerus dalam jangka waktu yang panjang dikarenakan keterbatasan dari tenaga manusia itu sendiri. Hal inilah yang menyebabkan perlu dilakukan koreksi terhadap faktor efisiensi dalam suatu perhitungan agar perhitungan produksi kerja menjadi lebih aktual.

b) Faktor Koreksi

Faktor koreksi digunakan untuk merubah taksiran produksi dengan pekerjaan tertentu dan kondisi setempat. Dimana faktor koreksi akan berbeda-beda sesuai dengan jenis pekerjaan dan jenis alat yang digunakan. Angka faktor dari berbagai jenis material dan alat disamping besarnya tidak sama, juga penamaan dari faktor-faktor tersebut sedikit terjadi perbedaan, misalnya ada yang menamakannya faktor isi untuk menyatakan tingkat kepenuhan *Wheel Loader*, ada yang menamakan faktor muatan untuk menyatakan tingkat kepenuhan bak *Dump Truck*, ada yang menamakannya *carry factor* untuk menyatakan faktor angkut atau tingkat kepenuhan *Excavator*, *Shovel* dan lain-lain serta ada yang hanya menyatakannya dengan faktor koreksi terhadap pengaruh kondisi kerja *Buldozer* di lapangan.

Disamping itu ada juga istilah yang digunakan dalam menentukan pengaruh faktor kondisi pengelolaan dan sebagainya yang digabung menjadi satu angka faktor, yang biasa disebut dengan istilah efisiensi kerja.

c) Faktor Lain-lain

Faktor-faktor lain ini diperhitungkan untuk menghindarkan kerugian akibat adanya kesalahan dari perhitungan ataupun kesalahan dalam memprediksi berbagai faktor yang akan mempengaruhi produksi kerja alat berat. Hal ini dimaksudkan untuk memperkecil kesalahan dan penyimpangan yang mungkin terjadi didalam perhitungan.

d. Jenis Dan Fungsi Alat Berat

Pada Proyek Pembangunan Jaringan Irigasi Saluran Sekunder Selebang D.I. Lematang Kota Pagaralam hanya menggunakan alat berat jenis *Excavator*, *Bulldozer*, dan *Dump truck* pada pekerjaan tanahnya.

1) *Excavator*

Kegunaan *Excavator* adalah sebagai peralatan dasar untuk alat-alat penggali dan memuat. Bagian-bagian utama dari *Excavator* adalah :

- Bagian atas yang dapat berputar (*Revolving Unit*)
- Bagian bawah untuk tujuan berpindah tempat (*Travel Unit*)
- Bagian-bagian tambahan (*Attachments*) yang dapat diganti-ganti, sesuai dengan pekerjaan yang hendak dikerjakan. *Attachment* tersebut antara lain, *dipper shovel*, *backhoe*, *dragline* dan *clamshell*.

Excavator ada yang digerakan dengan roda rantai (*trucks* atau *crawler mounted*) dan yang dengan roda ban karet (*Wheel* atau *truck mounted*).



Gambar 2.1 *Excavator*

2) *Bulldozer*

Bulldozer ialah suatu traktor yang diperlengkapi dengan *dozer blade* (pisau dozer). Kegunaan *Bulldozer* yang utama adalah :

- *Land Clearing*, yaitu pembersihan semak-semak, merobohkan pohon-pohon, pembongkaran tunggul dan akar kayu.
- *Stripping*, yaitu pengupasan *top soil* yang tidak dapat digunakan untuk material timbunan.
- *Pioneering* dan *Side Hill Cut*, yaitu membuat jalan darurat serta pemotongan tebing.
- *Back Filling*, yaitu meratakan timbunan serta penghamparan.
- Pemindahan dan penggusuran jarak dekat.

Berdasarkan *bladenya dozer* dapat dibagi menjadi :

1. *Universal Blade (U-Blade)*

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

2. *Stright Blade (S-Blade)*

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

3. *Angling Blade (A-Blade)*

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

4. *Cushion Blade (C-Blade)*

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

Dalam hal pekerjaan pemindahan tanah, *Bulldozer* adalah yang paling efektif untuk jarak penggusuran sekitar 100 meter, jarak yang lebih dari 100 meter maka daya guna dari *Bulldozer* sangat berkurang. Jadi *Bulldozer* sangat efektif untuk gerakan menggosur kurang dari 100 meter.



Gambar 2.2 *Bulldozer*

3) *Dump Truck*

Dump Truck adalah suatu alat pengangkut yang dapat menumpahkannya sendiri muatannya dari dalam baknya. *Dump truck* yang pembuangannya ke belakang cocok digunakan untuk pengangkutan berbagai bahan. Bentuk bak, seperti seberapa tajam sudut-sudutnya, pojok-pojok dan bentuk bagian belakang, tempat bahan itu mengalir selama pencurahan muatan akan mempengaruhi mudah atau sulitnya pencurahan.

Bak *dump truck* yang akan digunakan hendaknya disesuaikan dengan bahan yang akan diangkut sehingga mengurangi waktu yang diperlukan untuk membuang muatan tersebut.

Dalam pekerjaan konstruksi dikenal 3 macam jenis *dump truck*:

- *Side dump truck* (penumpahan ke samping)
- *Rear dump truck* (penumpahan ke belakang)

- *Rear and side dump truck* (penumpahan ke belakang dan ke samping).



Gambar 2.3 *Dump Truck*

e. Metode Perhitungan Produksi Alat Berat

Kapasitas produksi alat berat pada umumnya dinyatakan dalam m^3 per jam. Produksi didasarkan pada pelaksanaan volume yang dikerjakan tiap siklus waktu dan jumlah siklus dalam satu jam. (Sumber: Rochmanhadi, 1992, *Kapasitas dan Produksi Alat-Alat Berat*)

$$Q = q \times N \times E = q \times \frac{60}{C_m} \times E$$

.....Persamaan (2.1)

Keterangan:

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

q = Produksi per siklus (m^3)

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

E = Efisiensi kerja

C_m = Waktu siklus dalam menit

1) Produksi *Excavator*

Produksi *excavator* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :
(Sumber: Rochmanhadi, 1992, *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*).

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} \text{ m}^3/\text{jam}$$

.....Persamaan (2.2)

Keterangan :

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

q = Produksi per siklus (m^3)

E = Efisiensi kerja

Cm = Waktu siklus dalam detik

Sedangkan kapasitas *bucket excavator* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan di bawah ini.

$$q = q^l \times K$$

.....Persamaan (2.3)

Keterangan :

q^l = Kapasitas munjung (penuh) yang tercantum dalam spesifikasi alat

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

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

Tabel 2. 3 Faktor *Bucket Excavator*

Kondisi Pemuatan		Faktor
Ringan	Menggali dan memuat dari <i>stockpile</i> atau material yang telah dikeruk oleh <i>excavator</i> lain, yang tidak membutuhkan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam <i>bucket</i> . Pasir, Tanah berpasir, tanah kolodial dengan kadar air sedang.	1,0 – 0,8
Sedang	Menggali dan memuat <i>stockpile</i> lepas dari tanah yang sulit untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hampir munjung. Pasir	0,8 – 0,6

	kering, tanah berpasir, tanah campuran, tanah liat, gravel yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat gravel langsung dari bukit gravel asli.	
Agak sulit	Menggali dan memuat batu – batu pecah, tanah liat yang keras, pasir campur kerikil, tanah berpasir, tanah kolodial liat. Tanah liat dengan kadar air tinggi yang telah di <i>stockpile</i> oleh <i>excavator</i> lain. Sulit untuk mengisi <i>bucket</i> dengan material tersebut.	0,6 – 0,5
Sulit	Bongkahan batuan besar dengan bentuk tak teratur dengan ruangan di antaranya batuan hasil ledakan, batuan bundar, pasir campur batu - batu bundar, tanah berpasir, tanah campur tanah liat, tanah liat yang sulit dicampur dengan <i>bucket</i> .	0,5 – 0,4

(Sumber: Rochmanhadi, 1992, *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*)

Waktu Siklus dan Kerja *Excavator*

Gerakan-gerakan *Excavator* dalam beroperasi, terdiri dari empat gerakan dasar:

1. Mengisi bucket (*Land Bucket*)
2. Mengayun (*Swing Loaded*)
3. Membongkar muatan (*Dump bucket*)
4. Mengayun Balik (*Swing Empty*)

Empat gerakan dasar tadi akan menentukan lama waktu siklus, tetapi waktu siklus ini juga tergantung dari ukuran *excavator*, *excavator* yang kecil waktu siklusnya akan lebih cepat dari pada *excavator* yang besar, dan tentu saja kondisi kerja yang berpengaruh.

Rumus waktu siklus :

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

Waktu menggali biasanya tergantung pada kedalaman gali dan kondisi galian

Tabel 2. 4 Waktu Gali Excavator (detik)

Kedalaman	Kondisi galian			
	Ringan	Rata – rata	Agak sulit	Sulit
0 – 2 m	6	9	15	26
2 – 4 m	7	11	17	28
> 4 m	8	13	19	30

(Sumber: Rochmanhadi, 1992, *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*)

Waktu putar tergantung dari sudut dan kecepatan putar.

Tabel 2. 5 Waktu Putar Excavator (detik)

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

(Sumber: Rochmanhadi, 1992, *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*)

Tabel 2. 6 Waktu Buang Excavator (detik)

Kondisi Pembuangan	Waktu Buang
Dalam <i>dump truck</i>	5 – 8 detik
Ke tempat pembuangan	3 – 6 detik

2) Produksi Bulldozer

Kapasitas produksi alat dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

(Sumber: Rochmanhadi, 1992, *Kapasitas dan Produksi Alat-Alat Berat*).

Rumus kapasitas produksi :

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{C_m} \text{ m}^3/\text{jam}$$

.....Persamaan (2.4)

Keterangan :

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

q = Produksi per siklus (m^3)

E = Efisiensi kerja

C_m = Waktu siklus dalam menit

Produksi per siklus (q) dapat diperoleh dengan rumus berikut ini.

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

.....Persamaan (2.5)

Keterangan :

L = Lebar sudut blade (m)

H = Tinggi sudut blade (m)

α = Faktor Sudut

Tabel 2. 7 Faktor Sudut bulldozer

Derajat pelaksanaan penggusuran		Faktor sudut
Penggusuran Ringan	Penggusuran, dilaksanan dengan sudut penuh tanah lepas: Kadar air rendah, tanah berpasir tak dipadatkan, tanah biasa, bahan/material untuk timbunan persediaan (<i>stockpile</i>)	1,1 – 0,9
Penggusuran Sedang	Tanah lepas, tetapi tidak mungkin menggusur dengan sudut penuh : Tanah bercampur kerikil atau split, pasir, batu pecah.	0,9 – 0,7
Penggusuran agak sulit	Kadar air tinggi dan tanah liat, pasir bercampur kerikil, tanah liat yang sangat kering, dan tanah asli	0,7 – 0,6
Penggusuran Sulit	Batu-batu hasil ledakan, batu-batu berukuran besar-besar.	0,6 – 0,4

(Sumber: Rochmanhadi, 1992, *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*)

Waktu siklus (C_m) adalah Waktu yang dibutuhkan untuk suatu *bulldozer* menyelesaikan satu siklus (menggusur, ganti persnelling dan mundur) dapat dihitung sesuai dengan rumus berikut.

$$C_m = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \text{ (menit)}$$

.....Persamaan (2.6)

Keterangan:

D = Jarak angkut (m)

F = Kecepatan maju (m/menit)

R = Kecepatan mundur (m/menit)

Z = Waktu ganti persnelling

Tabel 2. 8 Waktu Ganti Persnelling Bulldozer

	Waktu untuk ganti persnelling
Mesin gerak langsung :	
- Dengan tongkat tunggal	0,10 menit
- Dengan tongkat ganda	0,20 menit
Mesin-mesin TORQFLOW	0,05 menit

(Sumber: Rochmanhadi, 1992, *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*)

3) Produksi *Dump Truck*

Produksi per jam total dari beberapa *dump truck* yang mengerjakan pekerjaan yang sama secara simultan dapat dihitung dengan rumus berikut ini

(Sumber: Rochmanhadi, 1992, *Alat-Alat Berat dan Penggunaannya*).

$$P = \frac{C \times 60 \times E}{C_m} \text{ m}^3/\text{jam}$$

.....Persamaan (2.7)

Keterangan :

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

C_m = Waktu siklus dalam menit

E = Efisiensi kerja

Produksi per siklus (C) dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut ini.

$$C = n \times q^1 \times K$$

.....Persamaan (2.8)

Keterangan :

n = Jumlah siklus yang diperlukan oleh *excavator* untuk mengisi *dump truck*

q^1 = Kapasitas *bucket* dari *excavator* (m^3)

K = Faktor *bucket* dari *excavator*

Waktu siklus (C_m) dapat diperoleh dengan rumus berikut ini.

$$C_m = n \times C_{ms} + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2$$

.....Persamaan (2.9)

$$n = \frac{C^1}{q^1 \times K}$$

.....Persamaan (2.10)

Keterangan :

n = Jumlah siklus yang dibutuhkan pemuat untuk memuat *dump truck*

C^1 = Kapasitas rata-rata *dump truck* (m^3)

q^1 = Kapasitas *bucket* pemuat (m^3)

K = Faktor *bucket* pemuat

C_{ms} = Waktu siklus

D = Jarak angkut *dump truck* (m)

V_1 = Kecepatan rata-rata *dump truck* bermuatan (m/menit)

V_2 = Kecepatan rata-rata *dump truck* kosong (m/menit)

t_1 = Waktu buang + waktu standby sampai pembuangan mulai (menit)

t_2 = Waktu untuk posisi pengisian dan pemuat mulai mengisi (menit)

f. Biaya Penyewaan Alat

Perhitungan biaya dilakukan dengan mengalikan biaya sewa dengan jumlah peralatan dan lama waktu sewa.

$$\text{Total biaya} = \frac{V}{N \times Q} \times \text{biaya sewa jam}$$

Keterangan :

V = Volume pekerjaan

N = Jumlah unit

Q = Produktivitas per/jam

g. Waktu Kerja

1) Waktu Kerja Normal

Waktu kerja normal adalah waktu kerja pada setiap hari kerja senin sampai dengan sabtu ditetapkan selama 8 jam per hari dengan upah kerja sebesar upah kerja normal

2) Waktu Kerja Lembur

Waktu kerja lembur dihitung dari lama waktu kerja yang melebihi batas waktu kerja normal (8 jam/hari). Waktu kerja lembur dilaksanakan diluar jam operasi normal untuk setiap hari kerja atau penambahan jumlah hari kerja per minggu.