

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. Berikut ini adalah beberapa contoh tentang penelitian yang berhubungan dengan penelitian yang dilakukan penulis, antara lain :

Tabel 2.1 Penelitain Terdahulu

No	Penulis, dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Penelitian	Hasil Penelitian
1	Alimunawar, Fadrizal Lubis, Winayanti, 2018	Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Jalan Lintas Rel Kereta Api Rantau Prapat-Kotapinang-Sumatera Utara	Pada penelitian ini meninjau komposisi alat berat yang optimal (yang efektif dan efisien dari segi waktu dan biaya) alat berat yang digunakan adalah <i>Excavator, Dump truck, Bulldozer</i> .	Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan ternyata Komposisi alat berat yang optimal (yang efektif dan efisien dari segi waktu dan biaya) adalah pada alternatif III dengan komposisi 2 unit bulldozer. Waktu yang dibutuhkan pada omposisi ini adalah 72 hari. Selisih 194 hari lebih cepat dari kompoisis yang ditetapkan oleh kontraktor pelaksana dengan selisih biaya Rp. 1.788.981.208,96. Dengan total volume tanah galian 317.622 m ₃ adalah paling cepat waktu yang diselesaikan dari Alternatif lainnya yang mana alternatif 1 menyelesaikan pekerjaannya selama 266 hari dan Alternatif II selama 144 hari.
2	Dody Anggara, 2021	Optimalisasi Biaya Dan Waktu Pada Penggunaan Alat Berat Untuk Proyek Perkerasan Lentur Jalan Jake Koto Kombu.	Pada penelitian ini meninjau pada pekerjaan tanah dan perkerasan berbutir Agregat Kelas A dan B jalan Jake-Koto Kombu. Alat berat yang digunakan adalah <i>Excavator, Dump Truck, Motor Grader, Vibro</i>	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa hasil analisa maka alat berat untuk pekerjaan tanah dan perkerasan berbutir jalan Jake - Koto Kombu yang paling efisien adalah pada alternative I yang terdiri dari I <i>Excavator PC – 200 , 5 Dump Truck 8T , 1 Motor Grader GD 1200 CAT, 1 Vibro Roller 7T, 1 Water Tank Truck 3000 Liter</i> . Pekerjaan Tanah dengan 10 hari kerja durasi 56,8 jam, dan memakan biaya Rp. 21.514.36,00.

No	Penulis, dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Penelitian	Hasil Penelitian
			<i>Roller, Watertank Truck.</i>	<p>Perkerasan berbutir dengan 57 hari kerja durasi 375,04 jam, dan memakan biaya Rp. 121.113.610,00.</p> <p>Pekerjaan agregat kelas A dengan 157 hari kerja dursi 1011,10 jam, dan memakan biaya Rp.342.499.880,00.</p> <p>Pekerjaan agregat kelas B dengan 221 hari kerja durasi 1530,53 jam, dan memakan biaya Rp. 486.412.290,00.</p>
3	Refly Will Yadam, Gede Astawa Diputra dan Gusti Ketut Sudipta,	Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Tanah.	<p>Penelitian ini berlokasi pada Proyek Pembangunan Stock Yard Suzuki Negara, Kab.Jembrana, Bali.</p> <p>Alat berat yang digunakan adalah <i>Excavator, Dump truck, Bulldozer.</i></p>	<p>Berdasarkan hasil dan pembahasan didapatkan pada kombinasi IV berada pada peringkat pertama dengan 1 unit <i>excavator</i>, 3 unit <i>dump truck</i>, dan 3 unit <i>bulldozer</i> dengan waktu pengerjaan selama 34 hari untuk penggunaan <i>excavator</i> dan <i>dump truck</i>, sedangkan <i>bulldozer</i> diperlukan 48 hari. Dari perhitungan biaya penggunaan alat berat maka diperoleh biaya yang harus dikeluarkan untuk kombinasi IV dengan total biaya sebesar Rp.560.960.000,- .</p>
4	Sartan Nento dan Asnita Novita Kasim, 2021	Optimalisasi Biaya Penggunaan Alat Berat Untuk Pekerjaan Galian Pada Peningkatan Bendungan Karya Agung.	<p>Pada penelitian ini alat berat yang digunakan <i>Excavator, Dump Truck, Bulldozer, Motor Grader, dan Vibrator Roller.</i></p>	<p>Berdasarkan hasil analisa, terhadap waktu pelaksanaan galian tanah dibutuhkan waktu sebesar 75 hari kalender, Dari hasil analisa pemakaian alat, penulis menyimpulkan dengan metode perbandingan <i>Line Of Balance</i>, yang bisa terlihat perbedaan waktu selisihnya, dimana tidak terlalu jauh dari apa yang sudah direncanakan dan belum melewati batas waktu maksimal pengerjaan sesuai dengan waktu kalender 180 hari. Berdasarkan dari hasil tinjauan kebutuhan produksi alat berat pekerjaan Galian tanah pada peningkatan Bendungan Karya Agung, maka biaya alat berat yang diteliti diperoleh sebesar Rp. 2.356.634.697 diluar pemakaian solar dan <i>fat oil</i> (gemuk) di abaikan.</p>

No	Penulis, dan Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Penelitian	Hasil Penelitian
5	Yoggy Ramadhan dan Tri Nugraha Adi Kesuma , 2018	Optimalisasi Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Tanah	Penelitian ini meninjau pada Proyek Perumahan Fortune Villa Graha Raya. Alat berat yang digunakan adalah <i>Excavator, Dump Truck, Dozer</i> .	Dengan menggunakan kombinasi aktual durasi dan biaya yang dikeluarkan sebesar Rp. 222.903.000,00 untuk 11 hari kerja. Setelah dilakukan optimalisasi diketahui jumlah yang seharusnya digunakan sebanyak 1 unit <i>Excavator A</i> , 5 unit <i>dump truck</i> , dan 1 unit <i>dozer</i> untuk kombinasi I dan 1 unit <i>Excavator B</i> , 6 unit <i>dump truck</i> , dan 1 unit <i>dozer</i> untuk kombinasi II. Nilai MF untuk kombinasi I dan kombinasi II mengalami peningkatan menjadi 0,92 dan 0,95 dapat diputuskan kombinasi II untuk melakukan pekerjaan ini. Dengan kombinasi II durasi pekerjaan 9 hari untuk <i>Excavator – dump truck</i> bekerja dan terdapat penghematan pengeluaran sebesar Rp.77.439.000,00. Karena itu, pihak kontraktor pelaksana disarankan untuk menggunakan satu unit <i>excavator B</i> berseri dengan unit <i>dump truck</i> berkapasitas 20m ³ dan satu unit <i>dozer caterpillar D6D</i> untuk mengurangi biaya dan mempercepat durasi pekerjaan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Optimalisasi

2.2.1.1 Pengertian Optimalisasi

Dalam pelaksanaan pembangunan proyek konstruksi sering mengalami keterlambatan akibat berbagai hal yang menyebabkan terjadinya kerugian biaya 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 Tahun (2012) 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.

Menurut Machfud Sidik berkaitan dengan Optimalisasi suatu tindakan/kegiatan untuk meningkatkan dan Mengoptimalkan. Berdasarkan pengertian konsep dan teori diatas, maka dapat peneliti menyimpulkan bahwa optimalisasi adalah suatu proses, melaksanakan program yang telah direncanakan dengan terencana guna mencapai tujuan/target sehingga dapat meningkatkan kinerja secara optimal.

2.2.1.2 Optimalisasi Waktu dan Biaya

Hal penting yang perlu diketahui dalam perencanaan proyek konstruksi untuk dioptimalkan adalah segi waktu dan biaya. Dengan mengatur waktu dan biaya yang baik maka pelaksanaan akan mendapatkan keuntungan yang besar atau maksimal dan menghindarkan dari adanya biaya denda akibat keterlambatan proyek. Untuk itu perlu dilakukan optimasi waktu dan biaya dengan membuat jaringan kerja, mencari kegiatan-kegiatan yang kritis dan juga mengitung durasi pelaksanaan proyek serta jumlah sumber daya.

Pada penelitian ini ingin mengetahui perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan jam kerja dan penambahan tenaga kerja atau alat berat, mengetahui perubahan biaya dan waktu pelaksanaan proyek dengan variasi penambahan alat berat dan tenaga kerja, dan membandingkan antara biaya denda dengan biaya penambahan jam kerja (lembur) serta biaya penambahan alat berat dan tenaga kerja.

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.

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.

2.2.2 Alat Berat

2.2.2.1 Pengertian Alat Berat

Secara umum, alat berat adalah alat yang dibuat untuk mempermudah pelaksanaan suatu proyek konstruksi yang sifatnya berat. Dengan menggunakan alat berat, suatu proyek dapat menekan biaya waktu pelaksanaan, menekan biaya, dan meningkatkan mutu pekerjaan. 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.

2.2.2.2 Klasifikasi Alat Berat

Klasifikasi alat berat dapat dikategorikan menjadi 2 (dua). klarifikasi tersebut antara lain adalah klasifikasi fungsional alat berat dan klasifikasi operasional alat berat.

a. Klasifikasi Fungsional Alat Berat

Klasifikasi fungsional alat berat adalah pembagian alat berdasarkan fungsi- fungsi utama alat. Kholil (2012), klasifikasi alat berat berdasarkan fungsinya dapat dibagi sebagai berikut :

- 1) Alat pengola lahan, seperti *dozer*, *scraper*, dan *motor grader*
- 2) Alat penggali, seperti *excavator*, *front shovel*, *bachoe*, *dragline*, dan *clamshell*.
- 3) Alat pengangkut material, seperti *belt truck* dan *wagon*.
- 4) Alat pemindah material, seperti *loader* dan *dozer*.
- 5) Alat pemadat, seperti *tamping roller*, *pneumatic-tired roller*, *compactor*,
- 6) Alat pemroses material seperti *crusher*.
- 7) Alat penempatan akhir material, seperti *concrete spreader*, *asphalt paver*, *motor grader*, dan alat pemadat.
- 8) Alat dengan penggerak, seperti *crawler* atau roda kelabang dan ban karet.
- 9) Alat statis, seperti *tower crane*, *batching plant*, dan *crusher plant*.

b. Klasifikasi Operasional Alat Berat

Klasifikasi operasional alat berat adalah pengorepasian alat berdasarkan pergerakannya. Berdasarkan pergerakannya alat berat dapat dibagi sebagai berikut :

- 1) Alat dengan penggerak, seperti *crawler* atau roda kelabang dan ban karet.
- 2) Alat statis, seperti *tower crane*, *batching plant*, dan *crusher plant*.

2.2.2.3 Pemilihan Alat Berat

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

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

1. Fungsi yang harus dilaksanakan.

Alat berat dikelompokkan berdasarkan fungsinya, seperti untuk menggali, mengangkut, meratakan permukaan.

2. 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.

3. Cara operasi.

Alat berat dipilih berdasarkan arah (horizontal maupun vertikal) dan jarak gerakan, kecepatan, frekuensi gerakan.

4. Pembatasan dari metode yang dipakai.

Pembatasan yang mempengaruhi pemilihan alat berat antara lain peraturan lalu lintas, biaya, dan pembongkaran.

5. Ekonomi.

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

6. Jenis proyek.

Proyek yang umumnya menggunakan alat berat antara lain proyek gedung, pelabuhan, jalan, jembatan, irigasi, bendungan dan pembukaan hutan.

7. Lokasi proyek.

Sebagai contoh lokasi proyek di dataran tinggi memerlukan alat berat yang berbeda dengan lokasi proyek di dataran rendah.

8. Jenis dan daya dukung tanah.

Jenis tanah di lokasi proyek dan jenis material yang akan dikerjakan dapat mempengaruhi alat berat yang akan dipakai, misalnya padat, lepas, keras, atau lembek.

9. Kondisi lapangan.

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

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

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

2.2.2.4 Efisiensi Kerja Alat Berat

Beberapa faktor yang dapat mempengaruhi produksi kerja yaitu sebagai berikut :

a. Faktor Waktu

Adalah waktu yang diperlukan untuk merampungkan satu siklus pekerjaan. Waktu siklus secara garis besar terdiri dari dua, yaitu :

1) 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.

2) 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 2.2 Siklus Kerja dari Alat Berat

No	Jenis Alat	Bentuk Siklus			
		I	II	III	IV
1	<i>Excavator</i>	Mengisi bucket (<i>land bucket</i>)	Mengayun (<i>swing loaded</i>)	Membongkar muatan (<i>dump bucket</i>)	Mengayun balik (<i>swing empty</i>)
2	<i>Dump Truck</i>	Memuat	Mengangkut	Membuang	Kembali
3	<i>Bulldozer</i>	Menggusur	Kembali	-	-

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

b. 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:

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) Kegemburan material, dalam pekerjaan pemindahan tanah, seperti menggusur, mengangkut dan lain-lain, produksi kerja sebuah alat

berat dinyatakan dalam meter kubik gembur per/jam ($L-M^3/ jam$). Karena tanah yang tergusur atau terbawa dalam bak alat pengangkut atau yang berada di depan *blade* adalah dalam keadaan gembur. Penyusutan material, pemadatan merupakan pekerjaan penting dan harus dilakukan pada setiap pekerjaan konstruksi. Setelah dilakukan pemadatan, biasanya volume material akan menyusut dari volume semula.

c. Faktor Efisiensi Kerja

Faktor yang menyebabkan perlu diperhitungkannya efisiensi kerja yaitu faktor alat dan factor koreksi. Produktivitas alat pada kenyataan dilapangan tidak sama pada kondisi ideal alat dikarenakan hal-hal seperti topografi, keahlian operator, pengoperasian dan pemeliharaan alat, dan lain-lain.

Besarnya nilai efisiensi kerja ini sulit ditentukan secara tepat, tetapi pengalaman-pengalaman pemakaian peralatan dilingkungan DPU (Departemen Pekerjaan Umum), maka besaran factor-factor yang mempengaruhi hasil produksi peralatan, ditetapkan sebagai berikut :

Tabel 2.3 Faktor Efisiensi Kerja Alat

No	Kondisi Operasi	Pemeliharaan Mesin				
		Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
1	Baik sekali	0,83	0,81	0,76	0,70	0,63
2	Baik	0,78	0,75	0,71	0,65	0,60
3	Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60	0,54
4	Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52	0,45
5	Buruk sekali	0,53	0,50	0,47	0,42	0,32

(sumber : tampilan standart pekerjaan umum)

2.2.2.5 Jenis Dan Fungsi Alat Berat

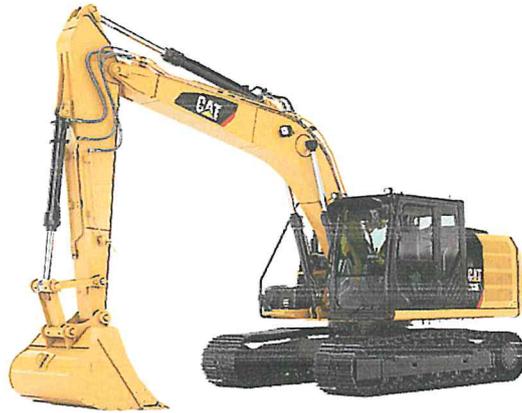
Ada berbagai macam jenis alat berat yang dipergunakan dalam membantu memudahkan pekerjaan pembangunan. Pada pembangunan Bendungan Tiga Dihaji pada pekerjaan galian tanah ada 3 macam alat berat yang digunakan, yaitu sebagai berikut :

a. *Excavator*

Excavator adalah alat berat yang digunakan untuk membantu menyelesaikan pekerjaan berat seperti penggalian tanah yang tidak dapat dilakukan dengan tenaga manusia. Alat ini memiliki roda khusus yang dilengkapi dengan lengan (*arm*) dan alat pengeruk (*bucket*). Kegunaan *excavator* adalah sebagai peralatan dasar untuk alat-alat penggali dan memuat. Bagian-bagian utama dari *Excavator* adalah :

- 1) Bagian atas yang dapat berputar (*Revolving Unit*)
- 2) Bagian bawah untuk tujuan berpindah tempat (*Travel Unit*)
- 3) 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 (*tracks* atau *crawler mounted*) dan yang dengan roda ban karet (*Wheel* atau *truck mounted*).



Gambar 2.1
Alat Berat Excavator

b. Bulldozer

Bulldozer adalah salah satu jenis alat berat yang berfungsi untuk pemerataan material seperti tanah, pasir, kerikil yang memiliki kemampuan dorong atau tenaga yang tinggi. Bisa digunakan untuk menggali, mendorong, menggosur meratakan, menarik beban, menimbun. *Bulldozer* ialah suatu traktor yang diperlengkapi dengan *dozer blade* (pisau dozer).

Kegunaan *Bulldozer* yang utama adalah :

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

5) Pemindahan dan pengrusakan 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 menggusur kurang dari 100 meter.



Gambar 2.2
Alat Berat *Bulldozer*

c. *Dump Truck*

Dump Truck adalah suatu alat pengangkut yang dapat menumpahkan sendiri muatannya dari dalam baknya. *Dump truck* merupakan alat berat yang digunakan untuk memindahkan dan mengangkut material seperti tanah, pasir, batuan dan sebagainya untuk proyek konstruksi yang jaraknya jauh. *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*:

- 1) *Side dump truck* (penumpahan ke samping)
- 2) *Rear dump truck* (penumpahan ke belakang)
- 3) *Rear and side dump truck* (penumpahan ke belakang dan ke samping).



Gambar 2.3
Alat Berat *Dump Truck*

2.2.2.6 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.

$$Q = q \times N \times E = q \times \frac{60}{Cm} \times E \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

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

q = Produksi per siklus (m^3)

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

E = Efisiensi kerja

Cm = Waktu siklus dalam menit

a. Excavator

Produksi *excavator* dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini :

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cm} m^3/jam \dots\dots\dots (2)$$

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.

$$q = q^l \times K \dots\dots\dots (3)$$

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 2.4 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 kering, tanah berpasir, tanah campuran, tanah liat, grevel yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat grevel langsung dari bukit grevel asli.	0,8 – 0,6
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*)

Rumus waktu siklus :

$$C_m = \text{waktu gali} + (2 \times \text{waktu putar}) + \text{waktu buang} \dots\dots (4)$$

Waktu menggali biasanya tergantung pada kedalaman gali dan kondisi galian

Tabel 2.5 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

Waktu putar tergantung dari sudut dan kecepatan putar.

Tabel 2.6 Waktu Putar Excavator (detik)

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

Tabel 2.7 Waktu Buang *Excavator* (detik)

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

b. Bulldozer

Kapasitas produksi alat dengan menggunakan persamaan dibawah ini :

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

Rumus kapasitas produksi :

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \text{ m}^3/\text{jam} \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

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

q = Produksi per siklus (m^3)

E = Efisiensi kerja

Cm = Waktu siklus dalam menit

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

$$q = L \times H^2 \times a \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan :

L = Lebar sudut blade (m)

H = Tinggi sudut blade (m)

a = Faktor Sudut

Tabel 2.8 Faktor Sudut *bulldozer*

Derajat pelaksanaan penggusuran		Faktor sudut
Penggusuran ringan	Penggusuran, dilaksanakan 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

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.

$$C_m = \frac{D}{F} + \frac{D}{R} + Z \text{ (menit) } \dots\dots\dots (7)$$

Keterangan:

D = Jarak angkut (m)

F = Kecepatan maju (m/menit)

R = Kecepatan mundur (m/menit)

Z = Waktu ganti persnelling

Tabel 2.9 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

c. *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*).

$$P = \frac{C \times 60 \times E}{Cm} \text{ m}^3/\text{jam} \dots\dots\dots (8)$$

Keterangan :

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

Cm = Waktu siklus dalam menit

E = Efisiensi kerja

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

$$C = n \times q^l \times K \dots\dots\dots (9)$$

Keterangan :

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

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

K = Faktor *bucket* dari *excavator*

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

$$C_m = n \times C_{ms} + \frac{D}{V_1} + \frac{D}{V_2} + t_1 + t_2 \dots\dots\dots (10)$$

$$n = \frac{C_1}{q_1 \times K} \dots\dots\dots (11)$$

Keterangan :

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

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

q^l = 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)

2.2.2.7 Perhitungan Biaya Penyewaan Alat

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

$$\text{Total biaya} = \frac{V}{N \times Q} \times \text{biaya se} \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan :

V = Volume pekerjaan

N = Jumlah unit

Q = Produktivitas per/jam

2.2.3 Pekerjaan Galian Tanah

Pekerjaan galian tanah biasa adalah berupa penggalian pada seluruh jenis tanah residu (*residual soil*). Galian tanah biasa dapat dilakukan dengan segala jenis peralatan mekanis tanpa memerlukan proses *ripping* atau *breaking*. Jenis material yang termasuk didalam kategori tanah biasa (*common soil*) adalah batuan dengan tingkat pelapukan V dan VI. Jenis material ini di antaranya meliputi semua *residual soil* yang umumnya disebut "tanah", tanah liat (*clay*), lanau (*silt*), pasir, kerikil, krakal/*cobble*, deposit alami sirtu dan *boulder* lepas yang volume bongkahannya kurang dari 1 m³.

Galian tanah biasa meliputi penggalian dan pengangkutan tanah lapisan atas (*topsoil*), tanah organik, kayu, semak, dan lapisan tanah lain yang diklasifikasikan sebagai tanah biasa dengan persetujuan dari Direksi. Galian tanah biasa tidak

termasuk pekerjaan pembersihan/*clearing*, pembongkaran/*grubbing*, atau pengupasan/*stripping*.

Semua penggalian terbuka yang diperlukan untuk pekerjaan konstruksi harus dibuat pada arah garis/*lines*/alinyemen, elevasi/*level*, dan kemiringan/*grade*, dan dimensi atau kualitas material hasil galian seperti diperlihatkan dalam gambar, secara detail dalam persyaratan, atau sesuai dengan instruksi Direksi.

Kemiringan (*slope*) galian untuk penggalian terbuka ditetapkan seperti dalam tabel berikut.

Tabel 2.10. Kemiringan (*Slope*) Galian pada Penggalian Terbuka

Material	<i>Slope</i> (V : H)	Uraian
Rock	1 : 0,5	Untuk <i>slope</i> permanen
	1 : 0,3	Untuk <i>slope</i> sementara
	1 : 0,2	Untuk <i>slope</i> urukan
Material Umum (<i>common soil</i>) <i>Residual</i> (<i>grade</i> V, VI)	1 : 1,0	Untuk <i>slope</i> permanen
	1 : 0,7	Untuk <i>slope</i> sementara
	1 : 0,7	Untuk <i>slope</i> urukan
<i>Transported Material</i> (<i>Alluvium</i>)	1 : 2,0	Untuk <i>slope</i> permanen
	1 : 1,5	Untuk <i>slope</i> sementara
	1 : 1,5	Untuk <i>slope</i> urukan

(sumber : Spesifikasi Teknis)

Penambahan lebar *berm* 1,0 (satu) meter harus diberikan pada tinggi interval setiap 4,0 m meter untuk pembuatan *slope* pada tanah biasa (*common soil*).