

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pembahasan Umum

Pembangunan *Spillway* dengan penggunaan alat berat adalah sebuah proses yang memerlukan perencanaan yang cermat, koordinasi yang efisien, dan penggunaan teknologi yang tepat guna. Alat berat merupakan peralatan mekanik yang dirancang khusus untuk memudahkan pekerjaan konstruksi dalam skala besar. Dalam konteks pembangunan *Spillway*, penggunaan alat berat sangatlah penting karena memungkinkan pelaksanaan proyek dengan efisiensi dan akurasi yang tinggi. Pada tahap awal pembangunan, penggunaan alat berat seperti ekskavator, bulldoser, dan alat pemadat tanah menjadi kunci dalam persiapan situs. Ekskavator digunakan untuk membersihkan dan membentuk area konstruksi, sedangkan bulldoser membantu dalam perataan tanah dan pembuatan jalan akses. Alat pemadat tanah diperlukan untuk memastikan kepadatan tanah yang memadai sebelum konstruksi struktur utama dimulai. Selama proses konstruksi, penggunaan alat berat juga memungkinkan untuk meningkatkan keamanan dan ketahanan struktur *Spillway*. Misalnya, penggunaan alat pencampur beton dan alat pengecoran yang canggih dapat memastikan kualitas beton yang optimal dan mengurangi risiko retak atau kebocoran pada struktur beton.

Penggunaan alat berat bertujuan untuk mempercepat pekerjaan sehingga hasil yang diinginkan dapat tercapai dengan lebih cepat dan mudah. Performa alat yang besar, waktu pengerjaan yang relatif cepat, dan nilai ekonomis menjadi keunggulan penggunaan alat berat. Semua persyaratan teknis terpenuhi, sehingga pekerjaan dengan alat berat dapat diselesaikan lebih akurat dan cepat. Namun setiap proyek berbeda-beda sehingga tidak semua alat berat perlu digunakan. Jalan raya, gedung, pelabuhan, bendungan, jembatan, bandara, terowongan, dan proyek konstruksi lainnya merupakan kategori proyek umum yang membutuhkan alat berat. (Ir. Susy Fatena Rosiyanti, 2008)

Dalam hal ini termasuk proyek Bendungan Bagong memiliki peran strategis dalam pembangunan perekonomian masyarakat Trenggalek dengan memfasilitasi sektor pertanian, mengurangi risiko bencana, meningkatkan infrastruktur, dan membuka potensi pengembangan sektor ekonomi lainnya. Dengan pengelolaan

yang tepat, diharapkan proyek ini dapat memberikan dampak positif bagi kesejahteraan masyarakat setempat dan pertumbuhan ekonomi secara keseluruhan. Pada tahap II pembangunan Bendungan Bagong melibatkan penggunaan alat berat dengan skala besar, yang dimana setiap progres item pekerjaan memiliki kapasitas sesuai kebutuhan pembangunan.

Penggunaan alat berat dalam pembangunan Bendungan Bagong Paket II memiliki keterkaitan yang sangat erat dengan proses pembangunan infrastruktur. Penggunaan alat berat dalam pembangunan Bendungan Bagong Paket II adalah suatu keharusan karena mereka memainkan peran vital dalam menyelesaikan proyek tersebut. Dalam konteks konstruksi bendungan, alat berat membantu menciptakan fondasi yang kuat, mempercepat progres konstruksi, dan memastikan bangunan tersebut berdiri dengan kokoh untuk memenuhi tujuannya dalam mengelola sumber daya air di wilayah tersebut. Pada proses pembangunan, alat berat seperti ekskavator, bulldoser, crane, truk pengangkut, dan peralatan lainnya memainkan peran krusial dalam mempercepat progres konstruksi.

Selain memberikan kontribusi terhadap efisiensi waktu dan ketepatan dalam pekerjaan konstruksi, penggunaan alat berat secara tepat juga berdampak pada pengelolaan sumber daya yang lebih baik. Alat berat memungkinkan penggunaan material yang lebih efisien dan pengelolaan waktu yang lebih terukur, mengurangi pemborosan dan meningkatkan efisiensi biaya proyek secara keseluruhan. (Djoko Wilopo, 2009)

Dengan demikian, penggunaan alat berat dalam pembangunan Bendungan Bagong Paket II bukan hanya sekadar mempercepat proses konstruksi, tetapi juga meningkatkan akurasi, mengurangi ketergantungan pada pekerjaan manual, dan meningkatkan pengelolaan sumber daya secara efisien. Hal ini secara keseluruhan berdampak pada kemajuan proyek dengan efisiensi yang lebih baik.

2.2 Pengertian Alat Berat

Alat berat merujuk pada mesin, peralatan, atau kendaraan khusus yang dirancang untuk melakukan pekerjaan konstruksi, pemeliharaan, atau pengangkutan material dalam skala besar dan berat. Alat berat biasanya digunakan dalam proyek-proyek konstruksi besar seperti pembangunan jalan, gedung, bendungan, pelabuhan, proyek infrastruktur, pertambangan, dan sektor-sektor lain

yang membutuhkan penanganan material atau pekerjaan yang memerlukan kekuatan dan kapasitas yang besar.

Dalam pengertian (Ir. Susy Fatena Rosiyanti, 2008) alat berat mengacu pada peralatan mekanis berukuran besar yang dirancang untuk melakukan operasi konstruksi seperti pekerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan, pertambangan, dll. Alat berat pada bidang teknik sipil merupakan alat yang menunjang pekerjaan pemeliharaan prasarana pada bidang konstruksi. Alat berat merupakan salah satu unsur penting dalam pelaksanaan suatu proyek, terutama pada proyek-proyek berskala besar yang bertujuan untuk mempermudah pekerjaan orang sehingga memudahkan tercapainya hasil yang diharapkan dalam waktu yang relatif singkat, dan dengan hasil yang mumpuni

2.3 Pengelompokkan Alat Berat

Alat berat adalah peralatan mesin berukuran besar yang didesain untuk melaksanakan fungsi konstruksi seperti pengerjaan tanah, konstruksi jalan, konstruksi bangunan, perkebunan, dan pertambangan. Alat berat umumnya terdiri dari lima komponen, yaitu implemen, alat traksi, struktur, sumber tenaga, dan transmisinya (power train), serta sistem kendali. Beberapa jenis alat berat yang umum digunakan dalam proyek konstruksi meliputi *excavator*, loader, truk, dan grader. Pemilihan alat berat yang tepat sangatlah diperlukan untuk menunjang pembangunan proyek dan mencapai tujuan pekerjaan yang telah ditentukan. Faktor-faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan alat berat meliputi fungsi yang harus dilaksanakan, kapasitas peralatan, cara operasi, dan pembatasan dari metode yang dipakai. (Fitri, 2020)

Spesifikasi kebutuhan alat berat dapat bervariasi tergantung pada jenis proyek konstruksi. Sebagai contoh, dalam studi perhitungan kebutuhan alat berat untuk pekerjaan galian-timbunan, alat berat yang digunakan meliputi *excavator*, wheel loader, dan *dump truck*. Pengadaan alat berat dilakukan dengan cara menyewa, dan usia alat berkisar antara 0 sampai 5 tahun. Menurut (Roshindra, 2019) pengelompokkan alat berat dapat dilakukan berdasarkan fungsi, jenis pekerjaan yang dilakukan, dan spesifikasi kebutuhan masing-masing. Berikut ini adalah pengelompokkan alat berat:

A. Berdasarkan Fungsi Utama:

1. Alat Berat untuk Pemindahan Tanah:

- Ekskavator: Menggali dan memindahkan material.
- Buldoser: Meratakan dan memindahkan tanah.
- Grader: Meratakan dan memadatkan tanah dengan tingkat akurasi yang tinggi.

2. Alat Berat untuk Pemuatan dan Pengangkutan:

- Loader: Memuat material ke dalam truk atau alat angkut.
- Truk Pengangkut: Mengangkut material dari satu lokasi ke lokasi lainnya di area konstruksi.
- *Dump truck*: Mengangkut material curah seperti tanah, batu, pasir, dan lainnya.

3. Alat Berat untuk Pengangkatan Berat:

- Crane: Digunakan untuk mengangkat material atau peralatan konstruksi berat.
- Forklift: Untuk mengangkat, memindahkan, dan menumpuk barang di gudang atau area penyimpanan

4. Alat Berat untuk Konstruksi dan Pembangunan:

- *Excavator Backhoe*: Kombinasi ekskavator dengan lengan depan yang mirip dengan loader.
- Paver: Untuk menempatkan aspal atau beton dengan presisi di jalan atau permukaan lainnya.

B. Berdasarkan Kebutuhan Spesifik:

1. Kapasitas Beban:

- Alat Berat Kecil: Untuk pekerjaan dengan kapasitas beban rendah atau akses yang terbatas.
- Alat Berat Menengah: Untuk pekerjaan konstruksi umum.
- Alat Berat Besar: Untuk proyek-proyek besar yang memerlukan daya angkat atau pemindahan material yang besar.

2. Kondisi Lapangan:

- Alat Berat Standar: Untuk kondisi tanah yang normal.

- Alat Berat Khusus untuk Tanah Lempung: Dirancang khusus untuk bekerja di tanah lempung atau lingkungan yang lebih ekstrem.

3. Ketepatan dan Presisi:

- Alat Berat Biasa: Untuk pekerjaan konstruksi umum.
- Alat Berat yang Memerlukan Presisi Tinggi: Digunakan dalam proyek-proyek yang memerlukan tingkat akurasi yang tinggi, seperti konstruksi jembatan atau bangunan tinggi.

Setiap jenis alat berat memiliki spesifikasi yang berbeda terkait dengan kapasitas beban, daya angkat, kecepatan, ukuran, dan kemampuan operasionalnya. Pemilihan alat berat yang tepat harus mempertimbangkan spesifikasi teknis, kebutuhan proyek, serta kondisi lingkungan kerja untuk memastikan kinerja yang optimal dan keselamatan kerja yang baik.

2.4 Jenis Tanah dan Batuan

Dalam konstruksi, tanah dan batuan adalah dua unsur penting yang menjadi bahan dasar untuk berbagai proyek. Tanah digunakan sebagai fondasi bangunan atau infrastruktur seperti jalan, bendungan, atau rumah. Tanah sering kali harus dipindahkan, dipadatkan, atau diatur ulang untuk menciptakan landasan yang kuat dan stabil bagi struktur yang akan dibangun. Begitupun dengan batuan, digunakan sebagai bahan bangunan untuk konstruksi struktur yang kuat seperti dinding, fondasi, jalan, dan bendungan. Batuan juga sering dihancurkan menjadi ukuran yang lebih kecil untuk digunakan sebagai material konstruksi seperti agregat dalam beton. (Dr.Eng. Achfas Zacoeb, ST., 2017)

Pemahaman tentang sifat-sifat tanah dan batuan sangat penting karena keduanya mempengaruhi stabilitas, kekuatan, dan keberlanjutan struktur yang dibangun. Penggunaan yang tepat dari tanah dan batuan sesuai dengan kebutuhan proyek akan menjadi faktor kunci dalam kesuksesan konstruksi yang dilakukan.

Dalam pelaksanaannya tentu saja kondisi tanah dan batuan juga mengalami sedikit banyak perubahan kondisi yang dimana dapat disebabkan oleh beberapa factor yang mungkin tidak dapat dielakkan dan beberapa dapat diantisipasi. Perubahan bisa berupa penambahan ataupun pengurangan volume material (tanah dan batuan) dari bentuk atau volume aslinya. Ada beberapa factor yang dapat mempengaruhi bentuk material, yaitu:

a) Keadaan Asli (*Bank Condition*)

Dimana keadaan material yang masih awal atau alami dan belum mendapat gangguan apapun.

b) 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).

c) Keadaan Padat (*Compact Condition*)

Keadaan tanah setelah ditimbun kembali dengan disertai usaha pemadatan. Keadaan ini akan dialami oleh material yang mengalami proses pemadatan. Perubahan volume terjadi karena adanya penyusutan rongga udara di antara partikel – partikel tanah tersebut. Dengan demikian volumenya berkurang, sedangkan beratnya tetap.

A. Tanah

Dalam pembangunan bendungan, berbagai jenis tanah dapat ditemui di lokasi konstruksi, dan pengelolaannya memerlukan pendekatan yang berbeda-beda. Berikut adalah beberapa jenis tanah yang umumnya ditemukan di kawasan bendungan dan cara mengolahnya:

1. Tanah lempung

- Deskripsi: Tanah lempung memiliki kandungan lumpur yang tinggi dan cenderung memiliki daya rekat yang kuat. Saat basah, lempung bisa menjadi lunak dan mudah tererosi.
- Pengolahan: Untuk mengolah tanah lempung, metode umumnya meliputi pemadatan dengan penggunaan alat berat seperti roller compactor atau vibro compactor. Penambahan bahan tambahan seperti pasir atau kerikil dapat membantu meningkatkan stabilitasnya.

2. Tanah berbatu atau batuan

- Deskripsi: Tanah berbatu atau batuan dapat menjadi kendala dalam konstruksi karena keras dan sulit untuk digali atau dipindahkan.
- Pengolahan: Dalam kasus batuan yang sulit, diperlukan alat berat yang kuat seperti pemecah batu (rock breaker) atau alat berat pengebor (drilling

machine) untuk memecahkan atau menggali batuan. Setelah itu, batuan yang terpecah bisa diangkut menggunakan alat berat lainnya.

3. Tanah pasir

- Deskripsi: Tanah pasir cenderung memiliki butiran yang lebih halus dan memiliki kemampuan drainase yang baik.
- Pengolahan: Pada umumnya, tanah pasir memerlukan sedikit modifikasi karena memiliki sifat yang lebih baik dalam hal drainase. Namun, pemadatan bisa diperlukan tergantung pada kondisi konstruksi

4. Tanah gambut

- Deskripsi: Tanah gambut biasanya memiliki kandungan organik yang tinggi dan struktur yang longgar.
- Pengolahan: Untuk tanah gambut, diperlukan pemadatan yang ekstra hati-hati karena sifat tanah yang longgar. Pemadatan bisa dilakukan dengan metode pengeringan atau pemadatan mekanis dengan alat berat yang tepat.

5. Tanah liat

- Deskripsi: Tanah liat memiliki butiran yang halus dan kemampuan penahanan air yang tinggi.
- Pengolahan: Tanah liat seringkali memerlukan stabilisasi dengan bahan tambahan seperti kapur, semen, atau bahan kimia lainnya untuk meningkatkan kekuatan dan stabilitasnya. Setelah itu, pemadatan dilakukan dengan alat berat.

Pengolahan tanah di kawasan bendungan harus mempertimbangkan jenis tanahnya, tujuan penggunaan, serta persyaratan teknis konstruksi. Penggunaan alat berat yang tepat dan teknik pengolahan tanah yang sesuai sangat penting untuk mencapai stabilitas struktural yang diperlukan dalam pembangunan bendungan.

B. Batuan

Di kawasan bendungan, berbagai jenis batuan dapat ditemui yang memengaruhi proses konstruksi. Berikut adalah beberapa jenis batuan yang umumnya dijumpai di kawasan bendungan beserta cara mengolahnya:

1. Granit

- Deskripsi: Granit adalah batuan beku yang kuat dengan butiran besar, biasanya terdiri dari kuarsa, feldspar, dan mika.
- Pengolahan: Pengolahan granit untuk pembangunan bendungan meliputi pengeboran dan peledakan untuk memecah batuan menjadi ukuran yang lebih kecil. Selain itu, alat berat seperti pemecah batu (rock breaker) atau alat peledak digunakan untuk menghancurkan batuan yang besar.

2. Batuan sedimen

- Deskripsi: Batuan sedimen seperti batu pasir, batu kapur, dan batu lempung terbentuk dari endapan material yang padat.
- Pengolahan: Batu pasir seringkali dapat digunakan tanpa pengolahan tambahan. Namun, batu kapur atau batuan sedimen lainnya yang lebih padat mungkin memerlukan pemecahan dengan alat berat seperti pemecah batu atau crusher

3. Batu andesit

- Deskripsi: Batu andesit adalah batuan vulkanik yang biasanya kuat dan tahan terhadap tekanan.
- Pengolahan: Untuk mengolah batu andesit, diperlukan alat berat seperti pemecah batu atau alat pengebor untuk memecah dan menggali batu. Batuan ini bisa dipecah menjadi ukuran yang lebih kecil agar lebih mudah dalam proses konstruksi.

4. Batu basalt

- Deskripsi: Basalt adalah batuan beku yang terbentuk dari lava vulkanik, umumnya memiliki tekstur padat dan keras.
- Pengolahan: Pengolahan batu basalt melibatkan pemecahan dengan alat berat seperti pemecah batu atau alat peledak. Batuan ini juga bisa dipecah menjadi ukuran yang lebih kecil sesuai kebutuhan proyek.

5. Batu serpih

- Deskripsi: Batu serpih adalah batuan sedimen yang terdiri dari lapisan-lapisan tipis dan seringkali rapuh.
- Pengolahan: Batu serpih sering membutuhkan perlakuan hati-hati karena sifatnya yang mudah rapuh. Pemecahan atau pengeboran menggunakan alat

berat dengan presisi tinggi diperlukan untuk menghindari kerusakan yang berlebihan.

Pengolahan batuan di kawasan bendungan melibatkan penggunaan alat berat seperti pemecah batu (rock breaker), crusher, alat peledak, dan alat pengeboran. Proses ini bertujuan untuk memecah atau menghancurkan batuan sesuai dengan kebutuhan konstruksi, memungkinkan penggunaannya dalam berbagai bagian proyek bendungan.

Pada (Ir. Susy Fatena Rosiyanti, 2008) ukuran volume tanah dalam keadaan padat biasanya dinyatakan dalam compact measure = Compact Cubic Measure (CCM). Sebagai gambaran berikut disajikan tabel 2.1 mengenai faktor kembang tanah (*Swelling* Faktor):

Tabel 2. 1 Swelling Faktor

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

Sumber: Rostiyanti, 2008

Untuk menghitung volume tanah yang telah berubah, diperlukan factor konversi sebagai acuan. Berikut tabel 2.2 factor konversi volume tanah:

Tabel 2. 2 Faktor Konversi Volume

Jenis Material	Kondisi Awal	Perubahan Kondisi		
		Awal	Awal	Awal
Sand/Tanah Berpasir	(A)	1,00	1,11	0,99
	(B)	0,9	1,00	0,8
	(C)	1,05	1,17	1,00
Sand Clay/Tanah Biasa	(A)	1,00	1,00	0,9
	(B)	0,8	0,8	0,72
	(C)	1,11	1,11	1,00
Clay/Tanah Liat	(A)	1,00	1,00	0,9
	(B)	0,7	0,7	0,72
	(C)	1,11	1,11	1,00
Gravelly Soil/Tanah Berkerikil	(A)	1,00	1,00	1,00
	(B)	0,85	0,85	0,85
	(C)	0,93	0,93	0,93
Gravels/Kerikil	(A)	1,25	1,25	1,25
	(B)	1,00	1,00	1,00
	(C)	1,59	1,59	1,59
Kerikil Besar dan Padat	(A)	1,00	1,00	1,00
	(B)	0,7	0,7	0,7
	(C)	0,7	0,7	0,7
Pecahan Batu Kapur, Batu Pasir, Cadas Lunak, Sirtu	(A)	1,42	1,42	1,42
	(B)	1,00	1,00	1,00
	(C)	1,1	1,1	1,1

Pecahan Granit, Basalt, Cadas Keras, Dan Lainnya	(A)	1,03	1,03	1,03
	(B)	0,91	0,91	0,91
	(C)	1,00	1,00	1,00
Pecahan Cadas Broken Rock	(A)	1,00	1,00	1,00
	(B)	0,57	0,57	0,57
	(C)	0,71	0,71	0,71
Ledakan Batu Cadas, Kapur Keras	(A)	1,75	1,75	1,75
	(B)	1,00	1,00	1,00
	(C)	1,24	1,24	1,24

Sumber: Rostiyanti, 2008

2.5 Manajemen Alat Berat dan Penggunaanya

Managemen pengawasan dan pelaksanaan dalam sebuah proyek merupakan dua aspek penting yang saling terkait dan diperlukan untuk memastikan kelancaran dan keberhasilan pelaksanaan proyek secara keseluruhan. Pengawasan melibatkan pemantauan, evaluasi, dan kontrol terhadap berbagai aspek proyek, sementara pelaksanaan berkaitan dengan pelaksanaan fisik dari rencana yang telah ditetapkan. Managemen pemilihan dan pengendalian alat berat adalah proses merencanakan, mengorganisir, memimpin dan mengendalikan alat berat untuk mencapai tujuan pekerjaan yang ditentukan

Teknis managemen alat berat untuk pekerjaan cut and fill atau dalam kata lain yaitu sloof dan berem merupakan bagian integral dari proses konstruksi yang melibatkan pengurangan (cut) dan penambahan (fill) volume tanah untuk menciptakan topografi atau elevasi yang diinginkan dalam proyek. Proses ini umumnya terjadi dalam pembangunan jalan, pembangunan bangunan, atau pembangunan bendungan.

Pembagian alat berat yang digunakan:

A. Alat Penggali (*Excavator/Backhoe*)

Excavator adalah mesin besar yang menggunakan tenaga dari mesinnya untuk beroperasi sebagai penggali atau pemuat tanah tanpa perlu berjalan jauh. *excavator* terdiri dari beberapa bagian seperti: backhoe (pull shovel), power shovel, dragline, clamshell, dan loader (Ir. Susy Fatena Rosiyanti, 2008)

Penggunaan ekskavator dalam operasi pemindahan dan pengisian pada proyek biasanya ditujukan untuk menggali dan menggali batuan lunak di lokasi. Perhitungan tersebut dapat digunakan untuk mengetahui produktivitas *excavator* yang digunakan. (Ir. Susy Fatena Rosiyanti, 2008)



Gambar 2. 1 Alat Penggali (*Excavator*)

Sumber: Pelaksanaan PKL Bendungan Bagong Paket II, Trenggalek

Pemilihan alat galian bergantung akan jenis tanah dan kondisi lapangan. Menurut (Ir. Susy Fatena Rosiyanti, 2008) ada beberapa kategori terkait pemilihan tersebut:

1. Backhoe (Pull Shovel)

Penggunaan backhoe diposisikan pada bagian dasar alat untuk digunakan sebagai penggali tanah atau pondasi.

2. Power shovel

Pada umumnya digunakan untuk menggali tebing yang melebihi titik pandang alat.

3. Dragline

Merupakan *excavator* dengan bucket seperti pengki baja yang sangat besar. digunakan untuk menggali tanah lunak untuk drainase, saluran irigasi, dan sungai dalam

4. Clamshell

Dengan drugbucket, clamshell cocok untuk digunakan dalam menggali lubang di tanah atau material lepas lainnya. Mengayunkan ember secara vertikal akan melepaskan isinya ke area yang ditentukan.

Penggunaan Alat *Excavator* dalam pekerjaan Cut and Fill dalam proyek biasanya diperuntukan untuk mengeruk, menggali, Batuan batuan lunak yang terdapat dilapangan. Pada perhitungan dalam mencari produktivitas *excavator* dipakai persamaan. (Djoko Wilopo, 2009)

B. Alat Pengangkut (*Dump truck*)

Dump truck adalah jenis truk besar yang dirancang khusus untuk mengangkut material curah seperti tanah, kerikil, pasir, batu, atau material konstruksi lainnya dari satu lokasi ke lokasi lain di area konstruksi



Gambar 2. 2 Dump Truk

Sumber: Pelaksanaan PKL Bendungan Bagong Paket II, Trenggalek

Truk ini memiliki bak terbuka yang dapat diangkat untuk menuangkan atau membuang material dengan cepat dan efisien di tempat tujuan. Sehubungan dengan pengiriman alat berat ke lokasi konstruksi, kendaraan pengangkut khusus termasuk *dump truck*, trailer, dan dumper sering digunakan. Beberapa kelebihan *dump truck* dalam proses pembangunan konstruksi bendungan antara lain:

- **Kapasitas Angkut Besar:** *Dump truck* biasanya memiliki kapasitas angkut yang besar, sehingga mampu membawa jumlah material yang signifikan dalam satu perjalanan. Hal ini memungkinkan pengangkutan material yang cukup besar dalam waktu singkat, meningkatkan efisiensi waktu dan biaya transportasi.
- **Cepat dalam Muat dan Bongkar:** Desain bak terbuka pada *dump truck* memungkinkan proses muat dan bongkar material secara cepat. Bak yang dapat diangkat memungkinkan material untuk langsung dituangkan di lokasi yang diinginkan, mempercepat proses distribusi material di area konstruksi.
- **Fleksibilitas Penggunaan:** *Dump truck* dapat digunakan di berbagai kondisi medan, termasuk medan yang sulit. Kemampuannya untuk mengangkut material dari lokasi yang sulit dijangkau membuatnya sangat

berguna dalam proyek konstruksi seperti pembangunan bendungan yang seringkali memiliki medan yang tidak rata.

- **Meningkatkan Produktivitas:** Dengan kapasitas angkut yang besar dan kemampuan untuk memuat dan membuang material dengan cepat, penggunaan *dump truck* dapat meningkatkan produktivitas pada proses konstruksi bendungan. Ini memungkinkan untuk mengurangi waktu yang dibutuhkan dalam distribusi material dan mempercepat progres keseluruhan proyek.
- **Pengurangan Biaya Transportasi:** Kapasitas angkut yang besar dan kemampuan muat bongkar yang cepat pada *dump truck* membantu mengurangi jumlah perjalanan yang diperlukan untuk mengangkut material. Hal ini mengurangi biaya transportasi dan juga menghemat waktu.

Dengan keunggulan-keunggulannya, *dump truck* menjadi salah satu alat yang sangat penting dalam proses pembangunan bendungan, memfasilitasi pengangkutan material dengan efisien dan efektif untuk memenuhi kebutuhan konstruksi.

Meskipun jalan yang kokoh dan rata merupakan syarat penting agar truk dapat berfungsi dengan baik, beberapa kendaraan dibuat dengan "cross country ability", atau kemampuan untuk keluar dari jalan raya biasa. (Maddeppungeng et al., 2012)

Produktifitas waktu siklus bergantung pada alat setiap saat. Waktu yang dihabiskan untuk memuat, mengangkut, membongkar, melakukan perjalanan pulang, serta antri muatan merupakan waktu siklus truk (Ir. Susy Fatena Rosiyanti, 2008). Dengan grafik pada lampiran yang bacaannya sama dengan grafik scraper, maka dihitung waktu keberangkatan dan kepulangan.

2.6 Metode Perhitungan Produksi Alat Berat

2.6.1. Kapasitas Produksi Alat

Dalam perhitungan kapasitas produksi alat berat dapat dinyatakan dengan satuan m^3/jam berdasarkan pada pelaksanaan volume pekerjaan per-siklus waktu dan jumlah siklus dalam tiap jam kerja. Dapat digunakan persamaan rumus kapasitas produksi alat berat (Ir. Rochmanhadi, 1995)

$$Q = q \times N \times E = q \times 60/Cm \times E \dots\dots\dots (1)$$

Dengan:

- Q = Produksi per jam (m³/jam).
- q = Produksi per siklus (m³).
- N = Jumlah siklus per jam
- N = 60/cm
- E = Efisiensi Kerja
- Cm = Waktu gali + (2 x waktu putar) + waktu buang

A. Alat Penggali (*Excavator/Backhoe*)

Pada perhitungan dalam mencari produktivitas *excavator* dipakai persamaan. (Djoko Wilopo, 2009):

$$KP = \frac{KB \times 3600 \times FK/FE}{Ct} \text{ dan } KB = q_1 \times K \dots\dots\dots (2)$$

Dengan:

- KP = Kapasitas produksi per jam (m³/jam)
- KB = Produksi persiklus
- K = Factor bucket
- q1 = Kapasitas bucket
- Ct = Cycle Time (det)
- FK = Berikut ini Faktor Koreksi/Efisiensi, terdiri dari:
 - Kemampuan alat
 - Ketepatan waktu
 - Kemampuan kerja operator

Atau dapat ditentukan dengan persamaan sebagaimana dirincikan oleh (Ir. Rochmanhadi, 1995), yaitu:

$$Q = \frac{q \times 3600 \times E}{Cms} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan:

- Q = Produksi per jam (m³/jam)
- q = Produksi per siklus (m³)
- E = Efisiensi kerja
- Cm = Waktu gali + (2 x waktu putar) + waktu buang

Kemudian untuk menentukan bobot kapasitas galian menggunakan acuan terbaru (Peraturan Menteri Nomor 28/PRT/M/2016, 2016) terkait faktor bucket *excavator* untuk beberapa tipe galian seperti pada tabel 2.3 sebagai berikut:

Tabel 2. 3 Faktor Bucket Excavator (Rohmanhadi)

	Kondisi Pemuatan	NilaiFaktor
Ringan	Menggali dan memuat dari stockpile atau material yang telah dikeruk oleh <i>excavator</i> lain, yang tidak membutuhkan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam bukct. Pasir, Tanah berpasir, tanah kolodial dengan kadar air sedang	1,1 - 1,2
Sedang	Menggali dan memuat stockpile 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.	1,2 - 1,0
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 stockpile oleh <i>excavator</i> lain. Sulit untuk mengisi bukct dengan material tersebut	1,0 - 0,9
Sulit	Bongkahan batuan besar dengan bentuk tak teratur dengan ruangan diantaranya batuan hasil ledakan, batuan bundar, pasir campur batu–batu bundar, tanah berpasir, tanah campur tanah liat, tanah liat yang sulit dicampur dengan bukct	0,9 - 0,8

Sumber: Permen PUPR, No.28.2016

Waktu siklus dihitung menggunakan persamaan (Peraturan Menteri Nomor 28/PRT/M/2016, 2016), dan dengan faktor – faktor yang saling berkaitan seperti yang disajikan pada tabel 2.4-2.7 sebagai berikut:

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

Tabel 2. 4 Faktor Waktu Gali (Detik)

Kondisi Penggalian	Mudah	Normal	Agak Sulit	Sulit Sekali
0-2 m	6	9	15	26
2-4 m	7	11	17	28
>4 m	8	13	19	30

Sumber: Permen PUPR, No.28.2016

Tabel 2. 5 Faktor Waktu Untuk Swing (Detik)

Swing (Derajat)	Waktu (Detik)	Swing (Derajat)
45° - 90°	4-7	45° - 90°
90° - 180°	5-8	90° - 180°

Sumber: Permen PUPR, No.28.2016

Tabel 2. 6 Faktor Waktu Buang (Detik)

Swing (Derajat)	Waktu (Detik)
Kedalam <i>dump truck</i>	5-8
Kedalam pembuangan	3-6

Sumber: Permen PUPR, No.28.2016

Tabel 2. 7 Waktu Siklus Backhoe Beroda Crawler (Menit)

Jenis materi	Ukuran alat		
	0,76 m ³	0,94-1,72 m ³	>1,72 m ³
Kerikil, pasir, tanah organik	0,24	0,30	0,40
Tanah, lempung lunak	0,30	0,375	0,50
Batuan, lempung keras	0,375	0,462	0,60

Sumber: (Rostiyanti, 2008: 93)

Kemudian setelah ditentukan Cms dapat ditentukan waktu siklus untuk *excavator* yang nantinya digunakan sebagai variabel perhitungan pada produktivitas *excavator*.

B. Alat Pengangkut (*Dump truck*)

Dan untuk perhitungan *dump truck* dipakai estimasi produksi per jam dengan persamaan. (Maddeppungeng et al., 2012):

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{Cmt} \text{ dan } C = q \times k \dots\dots\dots (4)$$

Dengan:

- Q = Kapasitas produksi per jam (m³/jam)
- C = Kapasitas produksi per siklus
- E = Kemampuan kerja *dump truck*
- Cmt = Waktu siklus *dump truck*
- M = Jumlah *dump truck* yang bekerja
- q = Volume bucket
- k = Faktor bucket

Sebagai acuan kapasitas *dump truck* digunakan tipe 769C pada tabel 2.8 kapasitas berat truck, sebagai berikut:

Tabel 2. 8 Kapasitas Berat Truck

Tipe Truck	Heaped Capacity m ³ (yd ³)	Struck Capacity m ³ (yd ³)	Berat Kosong kg (lb)	Berat Maks. kg (lb)
769 C	23,6	17,5	31178	67586
	30,9	22,9	68750	149000
773 B	34,1	26,0	39396	92534
	44,6	34,0	86869	204000
777 C	51,3	36,4	60055	146966
	67,1	47,6	132442	324000

Sumber: Rostiyanti, 2008: 94

Alat pengangkut tanah atau *dump truck* dapat dilakukan juga perhitungan produktivitas. Rumus yang dipakai untuk menghitung produktivitas truck adalah:

1. Produktivitas

$$V \times E \times 60 / Fh \times CT \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan:

- Q = Produktivitas (m³ / jam)
- V = Kapasitas Bak (m³)
- E = Faktor Efisiensi Alat
- D = Jarak Muat (m)
- Fh = Faktor pengembangan bahan

2. Kapasitas Vessel

$$C = n \times q \times Fb \text{ dan } n = \frac{v}{q \times Fb} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana:

- C = Kapasitas vessel (m³)
- n = jumlah rit pengisian
- q = kapasitas Bucket (m³)
- Fb = faktor Bucket

3. Waktu Siklus

$$Ct = h + j + Wp + Wk + Wm \dots\dots\dots (7)$$

Dimana:

- h = waktu menumpah (menit)
- j = waktu menunggu (menit)
- Wp = waktu pengangkutan (menit)
- Wk = Waktu kembali (menit)
- Wm = waktu muat material (menit)

2.6.2. Faktor Koreksi

Dalam melaksanakan suatu proyek produktivitas perjam dari suatu alat yang diperlukan adalah produktivitas standard dari alat tersebut dalam kondisi ideal dikalikan dengan suatu faktor. Faktor tersebut dinamakan, faktor koreksi. Faktor koreksi tergantung dari banyak faktor seperti topografi, keahlian operator,

pemilihan standard, pemeliharaan dan sebagainya yang menyangkut pengoperasian alat. (Peraturan Menteri Nomor 28/PRT/M/2016, 2016)

Faktor koreksi tersebut, yaitu:

A. Factor Kedalaman dan Sudut Putar

S adalah faktor koreksi untuk kedalaman dan sudut putar terdapat pada Tabel 2.9

Tabel 2. 9 Faktor Koreksi (S) Untuk Kedalaman Dan Sudut Putar

Kedalaman penggalian	Sudut putar(*)					
	45	60	75	90	120	180
30	1,33	1,26	1,21	1,15	1,08	0,95
50	1,28	1,21	1,16	1,10	1,03	0,91
70	1,16	1,10	1,05	1,00	0,94	0,83
90	1,04	1,00	0,95	0,90	0,85	0,75

Sumber: (Rostiyanti, 2008: 94)

Terdapat juga untuk faktor koreksi (BFF) dan faktor sudut untuk alat gali pada tabel 2.10-2.11:

Tabel 2. 10 Faktor Koreksi (BFF)

Material	BFF (%)
Tanah dan tanah organic	80-110
Pasir dan kerikil	90-100
Lempung keras	65-95
Lempung basah	50-90

Sumber: Permen PUPR, No.28.2016

Tabel 2. 11 Faktor Sudut

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

Sumber: Permen PUPR, No.28.2016

B. Factor Efisiensi Kinerja

Untuk efisiensi kerja, tergantung banyak faktor seperti: topografi, keahlian operator, pemilihan terhadap standard pemeliharaan dan sebagainya yang berkaitan dengan operasi alat sebagaimana tabel 2.12:

Tabel 2. 12 Faktor Kondisi Alat

Kondisi Alat					
Kondisi Operasi Medan	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk	Buruk Sekali
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	0,2	0,32

Sumber: Permen PUPR, No.28.2016

C. Factor Efisiensi Operator

Faktor efisiensi operator pada tabel 2.13 digunakan sebagai ukuran seberapa tingkat kemampuan operator dalam penggunaan alat berat:

Tabel 2. 13 Faktor Efisiensi Operator

Keterampilan Operator	Factor Efisiensi
Baik	0,90-1,00
Normal	0,75
Jelek	0,50-0,60

Sumber: Permen PUPR, No.28.2016

D. Factor Kondisi Pekerjaan/Lapangan

Pada kondisi lapangan juga terdapat tabel faktor yang dimana dapat digunakan sebagai ukuran dalam perhitungan faktor pengaruh kondisi lapangan. Sebagaimana tabel 2.14 faktor kondisi lapangan:

Tabel 2. 14 Faktor Kondisi Lapangan

Kondisi Pekerjaan	Kondisi Tata Pekerjaan			
	Baik Sekali	Baik	Sedang	Buruk
Baik	0,84	0,81	0,75	0,70
Baik Sekali	0,78	0,75	0,71	0,65
Sedang	0,72	0,69	0,65	0,60
Buruk	0,63	0,61	0,57	0,52

Sumber: Permen PUPR, No.28.2016

E. Factor Efisiensi Waktu

Faktor efisiensi waktu digunakan tabel dengan referensi Rochmanhadi, 1985 pada tabel 2.15:

Tabel 2. 15 Faktor Efisiensi Waktu

Kondisi Kerja	Efisiensi
Menyenangkan	0,90
Normal	0,83
Buruk	0,75

Sumber: Permen PUPR, No.28.2016

2.6.3. Waktu Kerja

A. Waktu Kerja Normal

Waktu kerja normal yaitu waktu kerja pada setiap hari kerja senin sampai dengan minggu ditetapkan selama 8 jam per hari dengan upah kerja sebesar upah kerja normal.

B. 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

2.7 Estimasi Jumlah Alat Berat

Dalam pengestimasian jumlah alat berat harus diketahui:

- Volume pekerjaan
- Waktu pelaksanaan/jam kerja
- Produktivitas pekerjaan

(Roshindra, 2019) Secara teoritis untuk mengetahui jumlah *dump truck* yang dibutuhkan dapat ditulis:

$$N = \frac{Ct-LT+1}{LT} \dots\dots\dots (8)$$

Dimana:

N = jumlah *dump truck* yang dibutuhkan

Ct = waktu siklus *dump truck*

LT = waktu antri *dump truck* (waktu muat + waktu tunggu)

Jumlah *dump truck* yang digunakan (Roshindra, 2019):

$$N = \frac{KP Excavator}{KP Dump Truck} \dots\dots\dots (9)$$

Jumlah *dump truck* yang digunakan bisa sama dengan jumlah *dump truck* teoritis ataupun lebih sedikit jumlah *dump truck* teoritis.