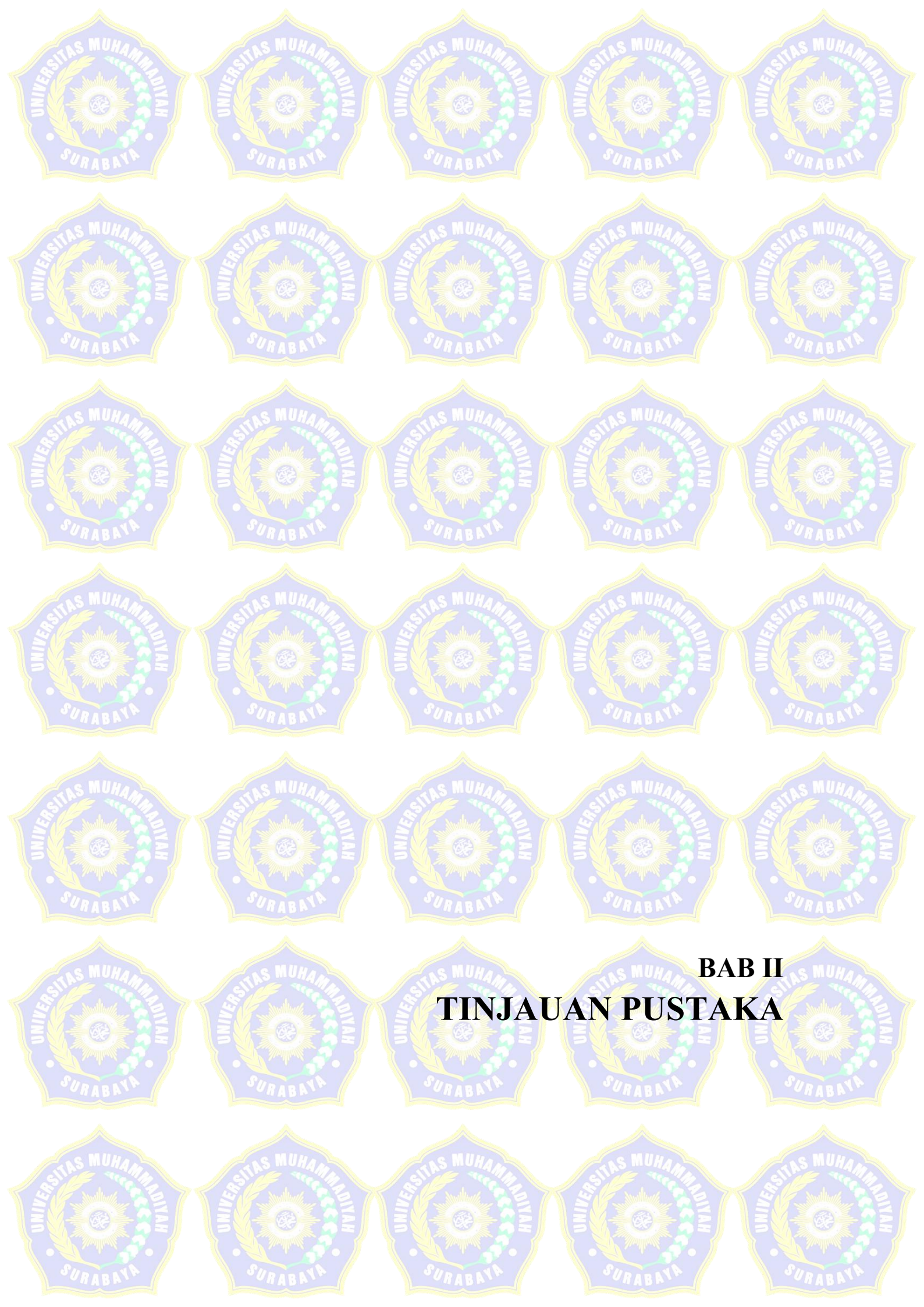




BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep Manajemen Proyek Konstruksi

Manajemen proyek konstruksi adalah suatu metode untuk mencapai suatu hasil dalam bentuk bangunan atau infrastruktur yang dibatasi oleh waktu dengan menggunakan sumber daya yang ada secara efektif. Pada hakekatnya manajemen proyek konstruksi ada dua pemahaman yang pada pelaksanaannya menjadi satu kesatuan dalam mencapai tujuan proyek yaitu:

1. Teknologi Konstruksi (*Construction Technology*) yaitu mempelajari metode atau teknik tahapan melaksanakan pekerjaan dalam mewujudkan bangunan fisik di suatu lokasi proyek, sesuai dengan spesifikasi teknik yang disyaratkan.
2. Manajemen Konstruksi (*Construction Management*) adalah bagaimana sumber daya (*man, material, machine, money, method*) yang terlibat dalam pekerjaan dapat dikelola secara efektif dan efisien untuk mencapai tujuan proyek, sesuai dengan ketentuan/hukum yang berhubungan dengan konstruksi.

Manajemen konstruksi telah diakui sebagai suatu cabang manajemen yang khusus, yang dikembangkan dengan tujuan untuk dapat melakukan koordinasi dan pengendalian atas beberapa kegiatan pelaksanaan proyek yang sifatnya kompleks. Dengan demikian, teknik/manajemen yang dapat mengakomodasi kebutuhan sumber daya konstruksi selalu dilakukan peninjauan dan penyesuaian terus menerus, setiap saat dalam menyelesaikan pelaksanaan pekerjaan yang sedang berjalan (Yuliana, 2020).

Manajemen konstruksi memerlukan pengelolaan yang baik dan terarah karena suatu proyek memiliki keterbatasan hingga tujuan akhir dari suatu proyek konstruksi bisa tercapai. Pengelolaan yang diperlukan meliputi tiga hal yang dikenal dengan istilah *triple constraint* yaitu biaya (*cost*), mutu (*scope*) dan waktu (*schedule*). Ketiga batasan tersebut saling mempengaruhi dalam keberhasilan sebuah proyek.

2.2 Produktivitas Alat Berat

Produktivitas alat berat pada kenyataannya di lapangan tidak sama jika dibandingkan dengan kondisi ideal alat dikarenakan hal-hal tertentu seperti topografi, keahlian operator, pengoperasian dan pemeliharaan alat. Produktivitas per jam alat yang harus diperhitungkan dalam perencanaan adalah produktivitas standar alat pada kondisi ideal dikalikan suatu faktor yang disebut efisiensi kerja. Efisiensi sangat tergantung kondisi kerja dan faktor alam lainnya seperti keadaan topografi, keahlian operator, pemilihan standar perawatan dan lain-lain yang berkaitan dengan pengoperasian alat. Pada kenyataan yang sebenarnya sulit untuk menentukan besarnya efisiensi kerja tetapi berdasarkan pengalaman-pengalaman dapatlah ditentukan faktor efisiensi yang mendekati kenyataan. Bagaimana produktivitas alat tersebut bekerja tergantung dari beberapa hal yaitu:

1. Kemampuan operator pemakai alat
2. Pemilihan dan pemeliharaan alat,

3. Perencanaan dan pengaturan letak alat,
4. Topografi dan volume pekerjaan,
5. Kondisi cuaca
6. Metode pelaksanaan alat

2.3 Faktor – Faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Alat Berat

Secara teoritis sebuah peralatan mempunyai produktivitas yang relatif besar, tetapi dalam praktik sebenarnya produktivitas alat tersebut cenderung lebih kecil. Menurunnya produktivitas atau kapasitas produksi alat ini disebabkan adanya faktor-faktor yang membatasi kelancaran pengoperasian peralatan. kelancaran pengoperasian alat akan berpengaruh langsung terhadap kapasitas produksi alat itu sendiri (Munthoha, 2013). Faktor-faktor yang menentukan penggunaan alat berat adalah:

1. Tenaga yang dibutuhkan (*Power Required*)
2. Tenaga yang tersedia (*Power Available*)
3. Tenaga yang dapat dimanfaatkan (*Power Useable*)

Hubungan antara ketiga hal tersebut di atas sangat penting untuk diketahui, karena berdasarkan ketiga hal ini kita dapat menentukan beberapa kapasitas alat yang harus kita pilih untuk suatu pekerjaan yang akan dilaksanakan. Beberapa hal yang mempengaruhi besarnya tenaga yang akan dimanfaatkan dari alat-alat yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pengaruh ketinggian
2. Temperatur
3. Koefisien traksi
4. Tahan gelinding (*Rolling Resistance*)
5. Pengaruh landai permukaan (*Grade*)
6. Tenaga roda (*Rimpull*)
7. Tenaga tarik (*Drawbar Pull*=DBP)
8. Kemampuan mendaki jalan (*Gradability*)
9. Pengaruh lain

2.3.1 Pengaruh Ketinggian

Pengaruh ketinggian disini adalah lokasi atau tempat bekerja alat terhadap permukaan air laut. Apabila kerapatan udara berkurang, maka jumlah oksigen persatuan volume dalam udara juga berkurang, sehingga mempengaruhi proses pembakaran. Berkurangnya tenaga mesin berbanding lurus dengan bertambahnya ketinggian tempat kerja. Untuk mesin 4 (empat) tak, Horse Power (HP) berkurang 3% pada ketinggian 1.000 ft pertama. Untuk mesin 2 (dua) tak, Horse Power (HP) berkurang 1% (Simangunsong, 2014).

2.3.2 Temperatur

Apabila suhu udara naik maka udara mengembang atau kerapatan (*density*) udara turun, yang akan menyebabkan berkurangnya kandungan oksigen persatuan volume udara. Hal ini akan mempengaruhi (efisiensi kerja alat berkurang). Oleh karena itu perlu dilakukan koreksi terhadap HP alat yang dilakukan udara yang berbeda dari tekanan udara standar (Simangunsong, 2014). Horse Power koreksi diberikan dengan menggunakan rumus:

$$BHP_C = BHP_0 + \frac{P_s}{P_o} \sqrt{\frac{T_o}{T_s}} \quad (2.1)$$

Dimana,

BPHc = (*Corrected Brake Horse Power*) HP yang di koreksi

BHPo = (*Observed Horse Power*) HP yang di ukur

Po = *Observe Barometric Pressure in inches of mercury* (tekanan yang di ukur)

Pc = *Standart Barometric Pressure in inches of HG* (29,92)

To = *Observed absolute temperatur* = °F + 460° K

Ts = *Standard absolute temperatur* = °F + 460° K

2.3.3 Koefisien Traksi

Koefisien traksi adalah besarnya tenaga tarik yang menyebabkan selip dibagi dengan berat kendaraan keseluruhan (untuk *Crawler*/roda rantai) atau besarnya tenaga tarik yang menyebabkan selip dibagi dengan berat kendaraan yang terlimpah pada roda geraknya (untuk roda ban) (Simangunsong, 2014). Penilaian atas koefisien traksi berdasarkan jenis permukaan yang dilewati oleh alat berat disajikan pada Tabel 2. 1 di bawah ini.

Tabel 2. 1 Koefisien Traksi

No	Jenis Permukaan	Ban Karet	Crawler
1	Beton Kering dan Kasar	0,80 – 1,00	0,45
2	Tanah Liat Kering	0,50 – 0,70	0,90
3	Tanah Liat Basah	0,40 – 0,50	0,70
4	Pasir Kering	0,15 – 0,20	0,30
5	Pasir Basah	0,20 – 0,40	0,50
6	Kerikil Lepas	0,10 – 0,30	0,40
7	Es/ Salju	0,05 – 0,10	0,15

Sumber: Hadi (2018)

2.3.4 Tahanan Gelinding (*Rolling Resistance*)

Tahanan Gelinding (*Rolling Resistance*) adalah tahanan pada roda gerak kendaraan di atas permukaan tanah. Besarnya tahanan ini bergantung pada permukaan tanah tempat alat bekerja. Tahanan ini didefinisikan sebagai tenaga tarik (kilogram/lbs), yang diperlukan untuk menggerakkan tiap ton berat kendaraan dengan muatannya di atas permukaan yang datar dengan berbagai macam permukaan tertentu (Simangunsong, 2014). Rumus yang digunakan adalah:

$$RR = \frac{P}{B} (kg/ton \text{ atau } lbs/ton) \quad (2.2)$$

Dimana:

RR = *Rolling Resistance*

P = Tegangan tali

B = Berat total kendaraan

2.3.5 Pengaruh Landai Permukaan (*Grade*)

Jika sebuah kendaraan melalui jalan yang menanjak, tenaga traksi yang diperlukan oleh kendaraan akan naik pula, kira-kira akan sebanding dengan tanjakan jalan yang dilalui. Demikian juga bila jalan menurun, tenaga yang diperlukan berkurang dengan nilai yang sama seperti jalan menanjak. Landai (*grade*) dinyatakan dalam % (persen) ; yaitu perbandingan antara perubahan ketinggian per satuan jalan misalnya : sebuah kendaraan dengan berat 1000 kg melewati jalan naik dengan landai 5 % , maka tambahan tenaga traksi yang diperlukan = 5% X 1000 kg = 50 kg (Simangunsong, 2014).

Secara mudah pengaruh landai (*Grade*) ini adalah sebesar 10 kg atau 20 lbs / ton berat kendaraan setiap % *grade*. Dalam perhitungan kebutuhan tenaga traksi kita bedakan antara tanjakan dan turunan sebagai berikut:

1. *Grade Resistance* adalah tanjakan yang mengakibatkan bertambahnya tenaga traksi yang diperlukan
2. *Grade Assistance* adalah turunan yang mengakibatkan berkurangnya tenaga traksi yang diperlukan

Jadi Total Resistance (TR) sebagai berikut:

$$TR = RR + GR \text{ atau } TR = RR - GA \quad (2.3)$$

Dimana:

TR = Total Resistance
RR = Rolling Resistance
GR = Grade Resistance
GA = Gravitational Acceleration

2.3.6 Tenaga Roda (*Rimpull*)

Tenaga roda adalah tenaga gerak yang dapat disediakan mesin kepada roda-roda gerak suatu kendaraan yang dinyatakan dalam kilogram atau lbs (Simangunsong 2014).

$$Rimpull = \frac{375 \times HP \times Efisiensi}{Kecepatan (mph)} \quad (2.4)$$

2.3.7 Tenaga Tarik

Tenaga yang tersedia pada traktor / kendaraan yang dapat di hitung untuk menarik muatan disebut Tenaga Tarik Traktor, ialah tenaga yang terdapat pada gantol (*hook*) dibelakang traktor tersebut, yang dinyatakan dalam kilogram atau lbs. Besarnya DPB juga tergantung pada kecepatan gerak kendaraan.

2.3.8 Pengaruh Kondisi Medan dan Lingkungan

Prestasi suatu peralatan akan berbeda pada kondisi medan lapangan (topografi) dan lingkungan yang berbeda. Tetapi kondisi medan yang sama akan memberikan pengaruh yang tidak sama terhadap peralatan yang berbeda jenis atau beda fungsi. Misalnya suatu kondisi medan disebut berat untuk dump truck, tetapi untuk bulldozer, excavator, dan atau peralatan lain dapat disebut ringan. Jadi kondisi medan disebut ideal, ringan, sedang dan berat terhadap

suatu jenis peralatan yang dioperasikan di lapangan yang bersangkutan. Penilaian atas klasifikasi medan apakah ideal, ringan, sedang dan berat terhadap sesuatu jenis peralatan didasarkan pada prestasi maksimum yang dapat dicapai dibandingkan pada prestasi ideal seperti ditampilkan dalam Tabel 2. 2 di bawah ini.

Tabel 2. 2 Pengaruh Kondisi Medan dan Lingkungan

No	Kondisi Lapangan	Kriteria
1	Ideal	• Lapangan datar kering • Jalan hantar lurus keras/ aspal, datar • Ruang gerak luas • Lingkungan bebas
2	Ringan	• Lapangan datar lembab • Jalan hantar lurus, bergelombang, perkerasan kering (alam) lembab • Ruang gerak luas • Lingkungan bebas
3	Sedang	• Lapangan kering bergelombang • Jalan hantar tidak lurus, bergelombang, tanpa perkerasan alam lembab • Ruang gerak luas • Lingkungan bebas
4	Berat	• Lapangan bergelombang dan becek • Jalan hantar berkelok tajam dan bergelombang tidak terawat • Ruang Gerak sempit • Lingkungan terbatas

Sumber: Hadi (2018)

Bahwa peralatan dengan kondisi tertentu akan beroperasi di atas lapangan atau medan dengan klasifikasi seperti tersebut di atas, karena itu perlu diketahui faktor yang harus diperhitungkan dalam hubungan antara peralatan dengan kondisi medan seperti pada Tabel 2. 3 di bawah ini.

Tabel 2. 3 Faktor Hubungan Peralatan dengan Kondisi Medan

No	Kondisi Medan	Kondisi Alat			
		Prima	Baik	Cukup	Sedang
1	Ideal	0,95	0,90	0,85	0,80
2	Ringan	0,90	0,852	0,805	0,757
3	Sedang	0,85	0,805	0,76	0,715
4	Berat	0,80	0,715	0,715	0,673

Sumber: Hadi (2018)

2.4 Analisis Produktivitas Alat Berat Berdasarkan Data Teoritis

2.4.1 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*). Berikut contoh excavator ditunjukkan pada Gambar 2. 1 di bawah ini.



Gambar 2. 1 Excavator

Sumber: <https://rahayudiesel.com/7-rekomendasi-merek-excavator-terbaik-ini-perbandingannya/> (2025)

Untuk memulai melakukan pekerjaan penggalian, *bucket* excavator dijulurkan ke depan galian, bila *bucket* diayunkan kebawah atau dicangkulkan kemudian lengan *bucket* diputar ke arah atas. Jika *bucket* sudah terisi penuh maka *bucket* diangkat dari tempat penggalian dan dilakukan *swing* ke arah tempat pembuangan. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi produktivitas excavator, yaitu:

1. Keadaan pekerjaan, keadaan dan jenis tanah adalah salah satu faktor dari keadaan pekerjaan yang berpengaruh. Jarak pembuangan dan kemampuan operator mengendalikan alat berat dan banyak faktor yang berpengaruh lainnya.
2. Keadaan mesin, alat berat yang dipakai harus di cek secara berkala. Tak hanya kapasitas *bucket* dan alat pelengkap yang dipakai dianjurkan sesuai dengan pekerjaan yang dilakukan.
3. Kapasitas pengangkatan, hal ini berpengaruh pada kedalaman galian dan sudut putaran. Hal ini berpengaruh pada lamanya waktu.
4. Siklus pengisian *bucket* hingga penuh dengan beberapa kali gerakan atau dengan mengisi dan membawa *bucket* berisi material yang seadanya dari hasil satu kali galian.

Menghitung produktivitas kerja Excavator sebagai berikut.

$$Q = \frac{q \times k \times 3600 \times E}{Cm} \quad (2.5)$$

Dimana,

Q = Produktivitas per jam (m³ /jam)

q = Kapasitas *Bucket* (m³)

- k = Faktor *bucket* yang besarnya tergantung pada keadaan lapangan
 E = Faktor Efisiensi
 Cm = *Cycle Time* (detik)

Untuk menentukan faktor *bucket* diperlukan data yang sesuai dengan apa yang dikerjakan excavator di lapangan, berikut merupakan kondisi pemuat *bucket* pada excavator seperti dijelaskan pada Tabel 2. 4 di bawah ini.

Tabel 2. 4 Faktor Bucket Excavator

	Kondisi Pemuatan	Faktor
Ringan	Menggali dan memuat dari <i>stockpile</i> atau material yang telah dikeruk oleh excavator lain, yang tidak diperlukan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam bucket. Pasir, tanah berpasir, tanah kolodial dengan kadar air sedang.	0,8 – 1,0
Sedang	Pada kondisi ini menggali dan memuat <i>stockpile</i> lepas dari tahanan yang keras untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuat hampir munjung. Pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran, tanah liat, <i>grever</i> yang belum disaring, pasir yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat <i>grevel</i> langsung dari bukit <i>grevel</i> asli	0,6 – 0,8
Agak Sulit	Pada kondisi ini <i>bucket</i> dapat memuat tanah liat yang keras, pasir campur kerikil, tanah berpasir, tanah kolodial liat dan batu pecah. Akan tetapi pada kondisi ini sulit untuk mengisi <i>bucket</i> .	0,5 – 0,6
Sulit	Pada kondisi ini <i>bucket</i> memuat dan menggali bongkahan batuan besar yang tak beraturan. Karena ukuran dan bentuknya tidak beraturan <i>bucket</i> akan sulit menampung material tersebut sehingga daya tampung <i>bucket</i> tidak menghasilkan daya tampung maksimal	0,4 – 0,5

Sumber: Hadi (2018)

Nilai waktu siklus dapat dicari menggunakan persamaan berikut.

$$Cm = waktu\ gali + (2 \times waktu\ putar) + waktu\ buang \quad (2.6)$$

Data waktu siklus diperoleh melalui pengamatan langsung di lapangan yang dibutuhkan excavator untuk menyelesaikan satu siklus kerja pada setiap jenis pekerjaan. Data ini digunakan sebagai dasar dalam menghitung produktivitas realisasi excavator sesuai dengan kondisi aktual di lapangan. Berikut merupakan nilai waktu siklus excavator dapat dilihat pada Tabel 2. 5 di bawah ini,

Tabel 2. 5 Nilai Waktu Siklus Excavator

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

Sumber: Hadi (2018)

Nilai Waktu Putar Excavator merupakan waktu yang diperlukan excavator untuk melakukan gerakan putar (swing) dari posisi penggalian menuju titik pembongkaran material dan kembali ke posisi awal. Data ini digunakan sebagai salah satu komponen dalam perhitungan waktu siklus dan produktivitas excavator di lapangan. Nilai waktu putar dipengaruhi oleh sudut putaran, berikut merupakan nilai waktu putar dapat dilihat pada Tabel 2. 6 di bawah ini.

Tabel 2. 6 Nilai Waktu Putar Excavator

Sudut Putar	Waktu Putar (Detik)
45 ° - 90°	4 – 7
90° - 180°	5 – 8

Sumber: Hadi (2018)

2.4.2 Dump Truck

Dump truck merupakan alat berat yang digunakan untuk memindahkan dan mengangkut material seperti tanah, pasir, batuan dan sebagainya untuk proyek konstruksi yang jaraknya jauh (Rochmanhadi, 1992), dump truck adalah alat yang digunakan untuk mengirim material dari satu tempat ke tempat lainnya. Berdasarkan metode pembongkarannya maka terdapat tiga jenis dump truck yaitu:

1. *Rear Dump Truck* (penumpahan ke belakang)
2. *Side Dump Truck* (penumpahan ke samping)
3. *Bottom Dump Truck* (penumpahan ke bawah)

Berikut contoh dump truck ditunjukkan pada gambar 2. 2 di bawah ini.



Gambar 2. 2 Dump Truck

Sumber: <https://jualalatberat.id/product/7/jual-dump-truck> (2025)

Produktivitas dump truck bergantung pada waktu siklus pengerjaan proyek konstruksi. Waktu siklus dump truck terdiri dari:

1. Waktu muat, adalah waktu yang dibutuhkan untuk mengangkat material ke dalam dump truck. Waktu muat tergantung pada:
 - a. Ukuran dan jenis dump truck,
 - b. Jenis dan kondisi material yang dimuat,
 - c. Kapasitas dump truck,
 - d. Kemampuan operator mengoperasikan dump truck
2. Waktu berangkat atau pengangkutan, tergantung pada:
 - a. Jarak tempuh
 - b. Kondisi jalan yang dilalui
3. Waktu pembongkaran material, tergantung pada:
 - a. Jenis dan kondisi material,
 - b. Cara pembongkaran material,
 - c. Jenis alat pengangkutan.
4. Waktu kembali, adalah waktu yang di butuhkan untuk pengambil posisi bak untuk dimuati loader:
5.
$$Cm = (n \times Cms) + \frac{D}{v_1} + \frac{D}{v_2} + t_1 + t_2 \quad (2.7)$$

Perhitungan produktivitas dump truck menggunakan rumus (Rochmanhadi, 1985):

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{Cm} \quad (2.8)$$

Dimana,

Q	= Produktivitas dump truck (m ³ /jam)
C	= Kapasitas dump truck (m ³)
E	= Efisiensi
Cmt	= waktu siklus (menit)
Cms	= Waktu muat (menit)
t1	= Waktu buang (menit)
t2	= Waktu akan mengisi atau memuat (menit)
n	= jumlah siklus pada excavator untuk mengisi bak dump truck
C1	= Kapasitas rata-rata dump truck (m ³)
q1	= Kapasitas <i>bucket</i> dari Excavator (m ³)
D	= Jarak angkut dump truck (m)
V1	= Kecepatan angkut (m/menit)
V2	= Kecepatan kembali (m/menit)

Faktor kondisi operasi dump truck menunjukkan nilai faktor yang menggambarkan kondisi operasional dump truck selama pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Faktor ini digunakan sebagai parameter koreksi dalam perhitungan produktivitas untuk menyesuaikan hasil perhitungan dengan kondisi kerja aktual. Berikut merupakan nilai faktor kondisi operasi dump truck dapat dilihat pada Tabel 2. 7 di bawah ini,

Tabel 2. 7 Faktor Kondisi Operasi Kerja Dump Truck

Kondisi Operasi Kerja	BAIK	SEDANG	KURANG
Waktu Buang	0,5 – 0,7	1,0 – 1,3	1,5 – 2,0
Waktu Tunggu	0,1 – 0,2	0,25 – 0,35	0,4 – 0,5

Sumber: Hadi (2018)

Menurut (Rostiyanti, 2014), menghitung jumlah truck yang dibutuhkan dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Jumlah\ Truck = \frac{Produktivitas\ Excavator}{Produktivitas\ Truck} \quad (2.9)$$

2.4.3 Concrete Pump

Kegunaan dari pompa beton adalah menyalurkan bahan cor beton melalui sebuah saluran yang tertutup ke tempat pengecoran, hal ini karena campuran - campuran beton berupa cairan sehingga memungkinkan untuk dipompa, pemompaan ini melalui suatu pipa atau slang, pipa dan slang ini dapat dipasang kombinasi vertikal dan horizontal atau miring, akibatnya pemompaan merupakan metoda yang fleksibel untuk memindahkan campuran beton ke berbagai tempat pada bidang pengecoran, dan merupakan cara yang paling cepat dibandingkan dengan pembawaan material beton cara lainnya. Berikut contoh concrete pump ditunjukkan pada Gambar 2. 3 di bawah ini.



Gambar 2. 3 Concrete Pump

Sumber: <https://www.camfauud.co.uk/mobile-pump-fleet/> (2025)

Cara pompa beton telah dicoba pada pekerjaan pembuatan terowongan, yang nyatanya merupakan metode yang cocok dari metode-metode pengecoran yang tersedia. Selain digunakan pada pembuatan terowongan, ternyata cara ini juga cocok untuk pengecoran jembatan lantai dan dinding yang panjang (misal pada stadion dan lain-lain) dan pada pokoknya cara ini cocok untuk kondisi lapangan yang sulit, seperti sempit dan sesak atau tidak terdapatnya jalan jika dioperasikan *bucket* dengan *crane* atau *buggy*.

Waktu total truck concrete pump dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Waktu Total} = \text{waktu efektif} + \text{waktu delay (menit)} \quad (2.10)$$

Waktu efektif adalah waktu dimana concrete pump memompa beton cair untuk dialirkan ke segmen-segmen. Waktu delay adalah waktu dimana concrete pump berhenti melakukan pemompaan. Waktu delay ini bisa disebabkan bermacam-macam hal, seperti pemindahan pipa dari segmen 1 ke segmen 2, atau bisa juga pekerja yang bermalas-malasan.

Waktu pengecoran merupakan durasi yang dibutuhkan untuk menyelesaikan setiap proses pengecoran pada lokasi pekerjaan. Data ini diperoleh dari hasil pengamatan di lapangan dan digunakan sebagai dasar dalam perhitungan produktivitas realisasi concrete pump.

Waktu pengecoran diambil dari pengamatan peneliti lain (Baskara, 2022) yaitu pada Tabel 2. 8 sebagai berikut:

Tabel 2. 8 Waktu Penyelesaian Pengecoran Menggunakan Concrete Pump

Volume (m3)	Waktu Pengecoran (Menit)	Waktu per m3 (menit/m3)
240	537,85	2,241

Sumber: Baskara (2022)

Produksi didasarkan pada pelaksanaan volume yang dikerjakan per siklus waktu. Produktivitas concrete pump adalah volume truck mixer dibagi dengan waktu pompa efektif atau ditulis dalam perumusan sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Volume Tiap Segmen}}{\text{Waktu Total}} \quad (2.11)$$

2.5 Analisis Produktivitas Alat Berat Berdasarkan Data Time Stamp

2.5.1 Time Stamp

Time stamp merupakan catatan waktu yang menunjukkan saat terjadinya suatu aktivitas tertentu dalam proses operasional alat berat di lapangan. Data *time stamp* mencakup waktu mulai dan selesai setiap tahapan kerja alat, sehingga dapat digunakan untuk mengetahui durasi aktivitas, siklus kerja (*cycle time*), waktu kerja efektif, serta waktu tidak produktif seperti *delay*, *standby*, dan *breakdown*. Dengan menggunakan data time stamp, analisis kinerja dan produktivitas alat berat dapat dilakukan secara akurat dan objektif karena didasarkan pada kondisi aktual operasional di lapangan.

2.5.2 Analisis Produktivitas Berdasarkan Data *Time Stamp*

Analisis produktivitas alat berat berdasarkan data *time stamp* merupakan metode evaluasi kinerja alat yang dilakukan dengan memanfaatkan pencatatan waktu aktual setiap aktivitas operasional alat di lapangan. Data *time stamp* digunakan untuk menentukan durasi siklus kerja (*cycle time*), waktu kerja efektif, serta waktu tidak produktif seperti *delay*, *standby*, dan *breakdown*. Dengan pendekatan ini, produktivitas yang diperoleh mencerminkan kondisi nyata operasional alat berat di lapangan.

Melalui pengolahan data *time stamp*, jumlah siklus kerja aktual dapat dihitung dan dikonversikan menjadi *output* produksi berdasarkan kapasitas alat dan faktor pengisian material. Selanjutnya, produktivitas realisasi lapangan diperoleh dari perbandingan antara *output* aktual dengan waktu kerja efektif. Hasil analisis ini memberikan gambaran objektif mengenai kemampuan produksi alat berat per satuan waktu.

Analisis produktivitas berdasarkan data *time stamp* dihitung sebagai perbandingan antara *output* aktual dengan waktu kerja efektif, yang secara matematis dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Volume Material (m}^3\text{/ton)}}{\text{Total waktu kerja efektif (jam)}} \quad (2.12)$$

2.6 Faktor Koreksi Produktivitas atau Perbandingan Produktivitas Realisasi dan Teoritis

Secara teoritis, penentuan produktivitas rencana didasarkan pada korelasi antara volume total pekerjaan dengan durasi pelaksanaan yang tersedia. Volume pekerjaan biasanya merujuk pada data Bill of Quantity (BoQ), sementara durasi pengerjaan ditentukan berdasarkan skedul atau jadwal pelaksanaan proyek yang telah disepakati. Dengan membagi total volume pekerjaan terhadap jumlah hari kerja yang direncanakan, diperoleh nilai produktivitas harian rencana yang menjadi standar capaian minimal setiap harinya agar proyek tetap berada dalam jalur waktu yang tepat.

Produktivitas rencana ini diturunkan ke dalam satuan waktu yang lebih kecil, yaitu produktivitas per jam, dengan mempertimbangkan jam kerja efektif harian. Standar waktu kerja yang umum digunakan dalam industri konstruksi adalah delapan jam per hari. Nilai produktivitas per jam ini mencerminkan kapasitas *output* yang harus dihasilkan oleh seluruh armada alat berat yang dikerahkan dalam satu jam operasional. Apabila pekerjaan dilakukan oleh lebih dari satu unit alat, maka total produktivitas per jam tersebut harus didistribusikan secara merata kepada seluruh unit yang tersedia. Melalui pembagian beban kerja tersebut, didapatkan nilai produktivitas rencana per unit alat. Nilai inilah yang kemudian digunakan sebagai tolok ukur untuk memantau performa alat di lapangan.

Sedangkan produktivitas Aktual Kinerja (PAK) merupakan representasi dari kemampuan riil alat berat di lapangan yang diukur berdasarkan hasil kerja nyata dalam kondisi lingkungan tertentu. Berbeda dengan produktivitas rencana yang bersifat teoritis berdasarkan jadwal, produktivitas aktual dihitung dengan membagi volume aktual (VA) yang berhasil dikerjakan terhadap durasi jam kerja proyek yang telah dijalani, biasanya dalam standar delapan jam kerja. Nilai ini sangat dipengaruhi oleh faktor lapangan seperti kondisi medan, jenis material,

keterampilan operator, serta efisiensi waktu siklus rata-rata alat. Pemantauan terhadap produktivitas aktual ini sangat penting untuk memberikan gambaran objektif mengenai kemajuan fisik proyek yang sesungguhnya dibandingkan dengan target yang telah ditetapkan sebelumnya.

Untuk mengevaluasi sejauh mana deviasi atau kesesuaian antara target dan realisasi, digunakan sebuah parameter yang dikenal sebagai rasio koreksi atau faktor efisiensi rencana. Rasio ini didapatkan dengan membandingkan nilai produktivitas aktual terhadap produktivitas rencana. Secara matematis, hubungan tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Faktor Koreksi} = \frac{\text{Produktivitas Aktual Kinerja}}{\text{Produktivitas Rencana}} \quad (2.13)$$

Hasil dari perhitungan rasio koreksi ini berfungsi sebagai instrumen kendali bagi manajemen proyek. Jika nilai koreksi menunjukkan angka di bawah satu (< 1), hal tersebut mengindikasikan bahwa kinerja alat belum memenuhi target rencana, sehingga diperlukan langkah percepatan atau evaluasi teknis. Sebaliknya, jika nilai koreksi mencapai atau melebihi angka satu (> 1), maka penggunaan alat berat tersebut dinilai telah efektif dan mampu mendukung penyelesaian proyek sesuai dengan jadwal yang direncanakan (BoQ dan schedule). Faktor Koreksi Produktivitas (K) sangat penting bagi perencana konstruksi karena faktor ini menunjukkan tingkat kesesuaian antara produktivitas teoritis dengan produktivitas yang benar-benar terjadi di lapangan. Nilai K digunakan untuk menyesuaikan perhitungan produktivitas agar lebih realistis sesuai kondisi proyek yang sebenarnya.

