

2. LANDASAN TEORI

2.1. Backhoe

Backhoe, Hoe, Back Shovel, atau *Pull Shovel* adalah salah satu alat gali tanah (*excavator*) yang arah penggaliannya kebelakang, *backhoe* kebanyakan digunakan untuk melakukan penggalian tanah yang permukaannya berada di bawahnya, seperti *basement*.

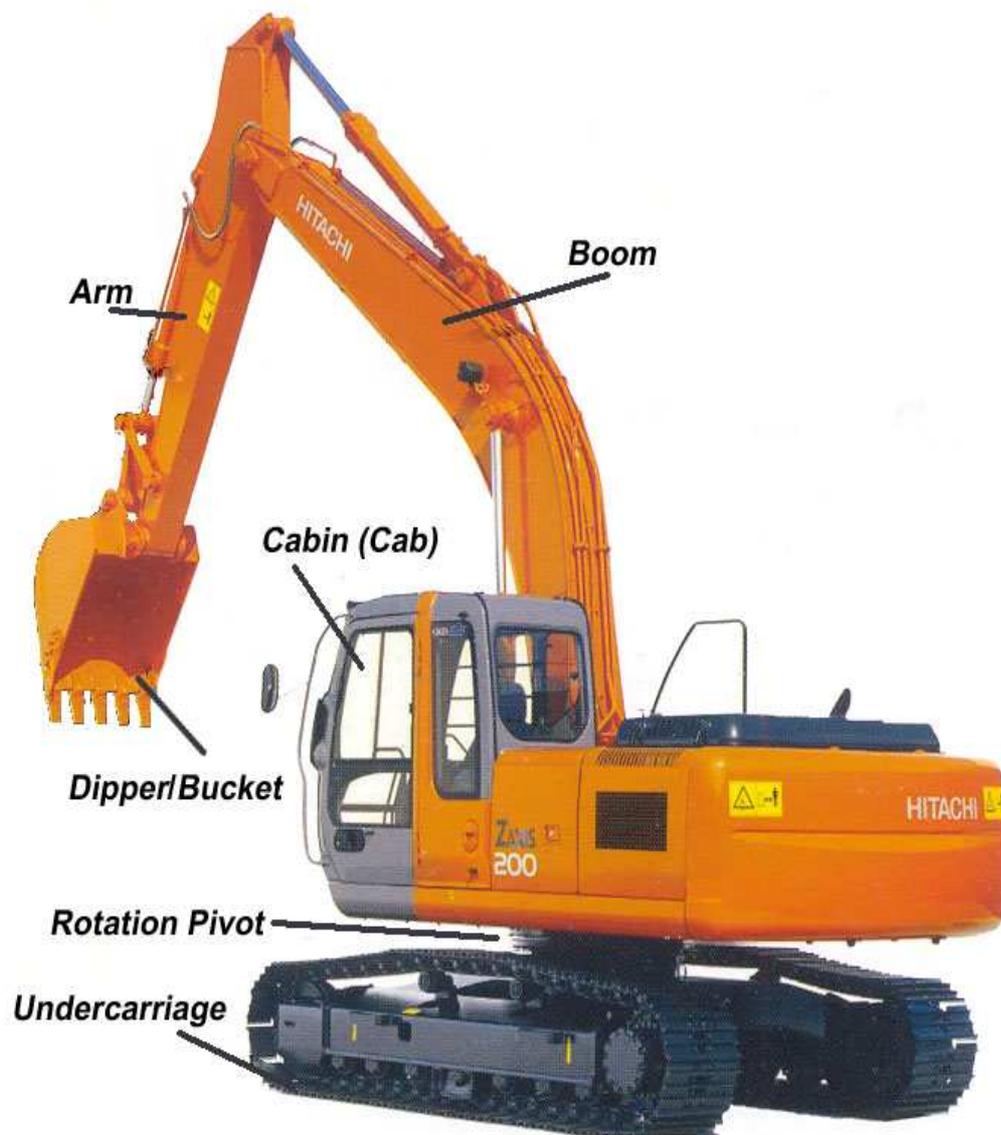
Alat pengendali *backhoe* dapat berupa pengendali dengan kabel (*cable controlled*) serta hidrolis (*hydraulic controlled*). *Backhoe* dengan alat pengendali kabel sudah jarang dijumpai, yang banyak dijumpai adalah *backhoe* dengan pengendali hidrolis (*hydraulic controlled*).

2.1.1. Bagian – Bagian Backhoe

Bagian – bagian *backhoe* terdiri dari *Bucket, Arm, Boom, Cabin, Rotation Pivot* dan *Undercarriage* (Gambar 2.1.)

- ~ *Arm*; berfungsi sebagai lengan yang menopang *bucket* yang panjangnya dapat diganti sesuai dengan kebutuhan jangkauan kerja (*Working Ranges*). Untuk ukuran *Arm* yang berbeda, ukuran *bucket* yang mampu ditopang berbeda dan jangkauan kerjanya (*Working Ranges*) juga berbeda – beda sesuai dengan spesifikasi yang sudah dibuat oleh pabrik. Panjang *Arm* terdiri dari bermacam-macam ukuran, antara lain: 2.22 m, 2.9 m, 3.4 m, 3.9 m, 4.41 m, 4.9 m.
- ~ *Bucket*; berfungsi untuk melakukan penggalian tanah dan menampung tanah sementara sebelum dituang ke alat pengangkut. Besar atau kecilnya *backhoe* biasanya diukur berdasarkan ukuran *bucket*-nya. Ukuran *bucket backhoe* terdiri dari bermacam – macam ukuran, antara lain: 0,5 m³, 0,8 m³ dan 1 m³.
- ~ *Boom*; adalah lengan utama dari *backhoe* yang paling dekat dengan kabin.
- ~ *Cabin (Cab)*; adalah ruangan untuk pengemudi dalam mengatur kerja *backhoe*.

- ~ *Rotation Pivot*; bagian bawah *backhoe* yang berfungsi sebagai sumbu putar *backhoe*. *Rotation Pivot* hanya terdapat pada *backhoe* dengan *undercarriage* (roda) yang berupa rantai (*crawler mounted*).
- ~ *Undercarriage*; atau juga disebut *Travelling unit* adalah bagian bawah dari *backhoe* yang berfungsi untuk menggerakkan *backhoe* maju, mundur dan menyamping. Jenisnya dapat berupa rantai (*crawler mounted*) atau roda karet (*wheel mounted*).



Gambar 2.1. Bagian-Bagian *Backhoe* (Sumber: Brosur HITACHI ZASIS 200)

2.1.2. Produktivitas Backhoe

Untuk menghitung produktivitas *backhoe*, salah satu metode yang dipakai adalah dengan *General Output Formula* (Rochmanhadi, 1985), yaitu produksi *bucket* per waktu siklus dan dikalikan dengan faktor – faktor efisiensi kerja dan faktor pengembangan tanah (*Swell Factor*).

$$Q = \frac{q * 3600 * Fe}{Cm} * Fs \dots\dots\dots (2.1)$$

dimana: Q = Produktivitas *backhoe* (m³/jam)
 q = Produksi *bucket* per siklus (m³)
 Cm = Waktu siklus *backhoe* (detik)
 Fe = Faktor efisiensi kerja
 Fs = Faktor pengembangan tanah (*swell factor*)

- Produksi bucket per siklus (q):

Adalah volume tanah yang mampu diangkut dalam *bucket* pada setiap kali saat *backhoe* melakukan penggalian. Produksi ini tergantung pada ukuran *bucket* dan dipengaruhi oleh faktor pengisian bucket (*bucket fill factor*) dan faktor pemuatan (*loading factor*).

$$q = q_b * fb_1 * fb_2 \dots\dots\dots (2.2)$$

dimana: q_b = Kapasitas *bucket* (m³)
 fb₁ = Faktor pengisian bucket (Tabel 2.1.)
 fb₂ = Faktor pemuatan (Tabel 2.2.)

Faktor pengisian *bucket* (fb₁) sangat dipengaruhi oleh jenis tanah yang digali, dimana tanah semakin keras semakin susah untuk diisi ke dalam *bucket*.

Faktor pemuatan (fb₂) sangat dipengaruhi kondisi pemuatan, dimana dapat digolongkan menjadi 4 kondisi pemuatan yaitu:

- Light:* Menggali dan memuat dari *stockpile* atau material yang telah dikeruk oleh *excavator* lain, yang tidak membutuhkan gaya gali dan dapat dimuat munjung dalam bucket.
- Medium:* Menggali dan memuat *stockpile* lepas dari tanah yang lebih sulit untuk digali dan dikeruk tetapi dapat dimuati hampir munjung.
Pasir kering, tanah berpasir, tanah campuran tanah liat, tanah liat, *gravel* yang belum disaring, pasir, yang telah memadat dan sebagainya, atau menggali dan memuat *gravel* langsung dari bukit *gravel* asli.
- Quite hard:* Menggali dan memuat batu batu pecah, tanah liat yang keras, pasir campur kerikil, tanah berpasir, tanah koloidal liat, tanah liat, dengan kadar air tinggi, yang telah di-*stockpile* oleh *excavator* lain. Sulit untuk mengisi bucket dengan material tersebut.
- Hard:* Bongkahan, batuan besar dengan bentuk tak teratur dengan ruangan diantaranya, batuan hasil ledakan, batuan bundar, pasir campur tanah liat, tanah liat yang sulit dikeruk dengan *bucket*.

Tabel 2.1. Faktor Pengisian *Bucket* (*Bucket Fill Factor*)

<i>Class Of Material</i>	<i>Bucket Fill Factor (%)</i>	<i>Average (%)</i>
<i>Sand or Gravel</i>	90-100	95
<i>Common Earth</i>	80-90	85
<i>Hard, Tough Clay</i>	65-75	70
<i>Wet, Sticky Clay</i>	50-60	55
<i>Well-blasted Rock</i>	60-75	65
<i>Poorly-blasted Rock</i>	40-50	45

(Sumber: Rochmanhadi, 1985)

Tabel 2.2. Faktor Pemuatan (*Loading Factor*)

<i>Loading Condition</i>	<i>Loading Factor (%)</i>	<i>Average (%)</i>
<i>Light</i>	80-100	90
<i>Medium</i>	60-80	75
<i>Quite Hard</i>	50-60	55
<i>Hard</i>	40-50	45

(Sumber: Rochmanhadi, 1985)

- Waktu Siklus *Backhoe* (Cm):

Waktu siklus adalah waktu yang dibutuhkan oleh *backhoe* dalam satu siklus kerjanya, yaitu: menggali tanah, berputar ke arah *dump truck* dalam keadaan penuh, menuang tanah ke dalam *dump truck*, dan berputar kembali dalam keadaan kosong.

Besarnya waktu siklus *backhoe* tergantung pada ukuran alat, dimana alat yang berukuran kecil mempunyai waktu siklus lebih singkat daripada yang berukuran besar, selain itu juga dipengaruhi oleh kondisi pekerjaan.

$$Cm = \text{waktu gali} + 2 \times \text{waktu putar} + \text{waktu buang} \dots\dots\dots (2.3.)$$

dimana:

- Waktu gali = Waktu *backhoe* untuk menggali tanah, sesuai (Tabel 2.3.)

Tabel 2.3. Waktu gali (detik)

<i>Digging condition</i>	<i>Light</i>	<i>Medium</i>	<i>Quite Hard</i>	<i>Hard</i>
<i>Digging depth</i>				
0 – 2 m	6	9	15	26
2 – 4 m	7	11	17	28
> 4 m	8	13	19	30

(Sumber: Rochmanhadi, 1985)

- Waktu putar = Waktu yang dibutuhkan *backhoe* untuk berputar ke arah *dump truck*, atau untuk kembali ke posisi menggali, sesuai besarnya sudut antara *backhoe* dengan *dump truck*.

$$\text{Waktu putar (detik)} = 60 * \frac{\text{Besar sudut putar (derajat)} / 180}{\text{Kecepatan putar } \textit{backhoe} \text{ (rpm)}} \dots\dots\dots (2.4.)$$

- Waktu buang (detik) = Waktu yang dibutuhkan *backhoe* untuk menuang tanah hasil galian ke dalam *dump truck* tergantung pada kondisi pembuangan material.

- Faktor Efisiensi Kerja (Fe):

Faktor efisiensi kerja adalah faktor yang mempengaruhi produktivitas *backhoe* akibat kedalaman optimum (*Optimum Depth*), sudut putar (*Angle Of Swing*), kondisi pekerjaan (*Job Conditions*), kondisi management pekerjaan (*Management Conditions*), yang terdiri dari *Swing-Depth Factor*, *Job-Management Factor*, dan *Operator Efficiency*.

$$Fe = (\textit{Swing - Depth Factor}) * (\textit{Job-Management Factor}) * (\textit{Operator Efficiency}) \dots\dots\dots (2.5.)$$

~ *Swing-Depth factor* (Tabel 2.4.) adalah faktor yang dipengaruhi oleh kedalaman dari galian dan sudut putar dari *backhoe*, dimana sudut galian adalah sudut yang dibentuk dari daerah galian *backhoe* menuju ke *dump truck* atau tempat pembuangan dengan sumbu putar adalah *rotation pivot* dari *backhoe*.

dimana:

$$\textit{Optimum Depth} = \frac{\text{Kedalaman galian (m)}}{\text{Kedalaman galian maksimum } \textit{backhoe} \text{ (m)}} * 100 \% \dots\dots\dots (2.6.)$$

Tabel 2.4. *Swing-Depth Factor*

<i>Optimum Depth (%)</i>	<i>Angle Of Swing (degree)</i>						
	45	60	75	90	120	150	180
40	0.93	0.89	0.85	0.80	0.72	0.65	0.59
60	1.10	1.03	0.96	0.91	0.81	0.73	0.66
80	1.22	1.12	1.04	0.98	0.86	0.77	0.69
100	1.26	1.16	1.07	1.00	0.88	0.79	0.71
120	1.20	1.11	1.03	0.97	0.86	0.77	0.70
140	1.12	1.04	0.97	0.91	0.81	0.73	0.66
160	1.03	0.96	0.90	0.85	0.75	0.67	0.62

(Sumber: Peurifoy, 1989)

~ *Job-Management factor* (Tabel 2.5.) adalah faktor manajemen lapangan berupa:

- Penempatan alat-alat yang digunakan pada saat pelaksanaan berlangsung.
- Penempatan pekerja yang berada disekitar ruang gerak *backhoe*.
- Pemilihan alat gali yang tepat serta alat angkut tanahnya.

Tabel 2.5. *Job-Management Factor*

<i>Job Conditions</i>	<i>Management Conditions</i>			
	<i>Excellent</i>	<i>Good</i>	<i>Fair</i>	<i>Poor</i>
<i>Excellent</i>	0.84	0.81	0.76	0.70
<i>Good</i>	0.78	0.75	0.71	0.65
<i>Fair</i>	0.72	0.69	0.65	0.60
<i>Poor</i>	0.63	0.61	0.57	0.52

(Sumber: Peurifoy, 1989)

~ *Operator efficiency* adalah faktor pengendali alat atau operator yang mempengaruhi produktivitas seperti:

- Keahlian operator dalam mengoperasikan *backhoe*.
- Pengalaman kerja operator.

- Faktor Pengembangan Tanah (*Swell Factor*) (F_s):

Setelah digali dari keadaan asli (*bank measure*), tanah yang kemudian dipindahkan ke dalam alat angkut akan mengembang (*loose*). Faktor pengembangan tanah (*swell factor*) dari tiap jenis tanah berbeda – beda, besarnya sesuai dengan Tabel 2.6. Misalnya tanah mempunyai *swell factor* sebesar 25%, maka volume tanah dalam keadaan mengembang adalah 125%.

Tabel 2.6. Faktor Pengembangan Tanah (*Swell Factor*)

<i>Class Of Material</i>	<i>Swell Factor (%)</i>	<i>Average (%)</i>
<i>Sand or Gravel</i>	14-16	15.0
<i>Loamy Soil</i>	16-25	20.5
<i>Ordinary Earth</i>	20-30	25.0
<i>Dense Clay</i>	25-40	32.5
<i>Solid Rock</i>	50-75	62.5

(Sumber: Peurifoy, 1989)

Selain faktor-faktor tersebut diatas terdapat faktor-faktor lain yang juga mempengaruhi Produktivitas *Backhoe* yang tidak diperhitungkan dalam program, antara lain:

- Faktor cuaca mempengaruhi produktivitas dari *backhoe* misalnya: kondisi lapangan akibat turun hujan sebelum *backhoe* bekerja dan pada saat *backhoe* bekerja. Sebab hujan yang turun akan menyebabkan lahan menjadi becek. Pengaruh turunnya hujan ini, didapatkan dengan membandingkan waktu siklus akibat turun hujan sebelum *backhoe* bekerja dan pada saat *backhoe* bekerja dengan pada kondisi lapangan normal. Faktor ini tidak dimasukkan karena membutuhkan penelitian yang lebih khusus lewat pengamatan dilapangan.
- Faktor alat adalah kondisi alat pada saat alat digunakan untuk pemindahan tanah mekanis:
 - ~ Kondisi alat
 - ~ *Maintenance* (perawatan)
 - ~ Pelumasan mur dan baut

- ~ Penggantian gigi yang aus
- ~ Pengisian bahan bakar.

2.2. Dump Truck

Dump truck adalah alat angkut yang digunakan untuk mengangkut material berupa: tanah, pasir, kerikil, dan sebagainya. (Gambar 2.2.) Dalam pekerjaannya *dump truck* biasanya bekerja sama dengan *backhoe* ataupun alat gali lainnya.

Ukuran *dump truck* tergantung dari ukuran bak yang ada di belakangnya, dimana besar kecilnya bak dapat dibuat sesuai dengan pesanan, misalnya 6 m³, 12 m³, 40 m³ dan seterusnya. Ukuran bak ini sangat berpengaruh terhadap pemakaian ukuran / kapasitas bucket yang digunakan pada *backhoe*.



Gambar 2.2. *Dump Truck*

2.2.1. Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas *Dump Truck*

- Kecepatan rata-rata di jalan dihitung dengan cara menghitung kecepatan kendaraan di jalan yang akan dilalui oleh *dump truck* pada waktu pagi, siang, sore dan malam hari kemudian diambil rata-rata dari kecepatan tersebut.

Kecepatan rata-rata di jalan ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yang sulit diperhitungkan dalam program karena faktor-faktor tersebut sangat bervariasi dan untuk mengukurnya memerlukan penelitian yang sangat banyak dan lama, faktor-faktor tersebut antara lain sebagai berikut :

~ Pengaruh kelandaian

Bila truk muatan bergerak melalui suatu tanjakan maka diperlukan tenaga atau gaya traksi tambahan sebanding dengan besarnya kelandaian, demikian juga sebaliknya, bila truk bergerak menurun terjadi pengurangan gaya traksi karena pengaruh gravitasi.

$$p = 1000 * \frac{\% \text{ slope}}{100} = \frac{10 \text{ kg} * \% \text{ slope}}{\text{ton}}$$

~ *Rolling resistance* (tahanan gelinding)

Rolling resistance (tahanan gelinding) adalah besarnya gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan beban sebesar 1 ton. *Rolling resistance* tergantung pada jenis roda/ban dan jenis permukaan selip.

$$RR = \frac{P}{W}$$

Dimana:

P = Gaya dalam kabel penarik (kg)

W = Berat beban.

~ Kondisi lalu lintas setempat

Kondisi lalu lintas setempat adalah kondisi arus lalu lintas yang lewat di jalan tersebut, apakah macet atau lancar. Didapatkan dengan cara membandingkan kapasitas dari jalan dengan jumlah kendaraan yang lewat di jalan tersebut.

~ Kondisi jalan

Kondisi jalan berupa jenis jalan, jumlah lajur, dan kondisi permukaan dari jalan apakah halus atau berlubang.

~ *Maintenance* (perawatan)

Perawatan terhadap *dump truck* mempengaruhi kemampuan *dump truck* dalam mengangkat tanah dalam hal kecepatan di jalan.

- Jarak dari *site* menuju *dump site* dan jarak kembali, dimana jarak ini mengikuti lekuk dari jalan.
- Faktor pengaruh ketinggian adalah perubahan tenaga *dump truck* akibat perubahan ketinggian. Makin tinggi kedudukan (elevasi) suatu tempat makin berkurang kadar oksigen, yang akan berpengaruh terhadap pembakaran dan tenaga mesin. Dimana tenaga mesin akan berkurang 3% setiap kenaikan tempat 300m pada ketinggian 750m diatas permukaan laut.
- Pengaruh temperatur adalah perubahan tenaga mesin dari *dump truck* akibat perubahan temperatur. Tenaga mesin akan berkurang 1% HP mesin pada 16°C untuk setiap 5,5°C diatas 16°C dan tenaga mesin akan bertambah 1% HP mesin pada 16°C untuk setiap 5,5°C dibawah 16°C.

2.2.2. Produktivitas *Dump Truck*

Dalam menghitung produktivitas *dump truck*, yang perlu dihitung adalah waktu siklus *dump truck* tersebut,

$$\text{Waktu Siklus} = \text{Total Time} = \text{Effective Time} + \text{Idle Time}$$

$$\text{Effective Time} = \text{Fixed Time} + \text{Variable Time}$$

dimana :

Fixed time : *spot, load time, manuver time, dump time.*

Variable time : *travel time* (p-p), tergantung berat alat, dan kapasitas alat, kondisi jalan (*haul road*), kemiringan (*grade*), ketinggian (*altitude*).

Waktu siklus *dump truck* terdiri dari: (Gambar 2.3.)

- Waktu untuk bergerak dari *parking area* menuju *digging area* (t_1).
- Waktu untuk mengisi bak *dump truck* (t_2).
- Waktu untuk bergerak dari *digging area* menuju ke tempat pembuangan (*dump site*) (t_3).
- Waktu untuk membuang tanah galian (*dump time*) (t_4).
- Waktu untuk kembali dari *dump site* ke *parking area* (t_5).
- Waktu tunggu (*idle time*) apabila *backhoe* masih sibuk (t_6)

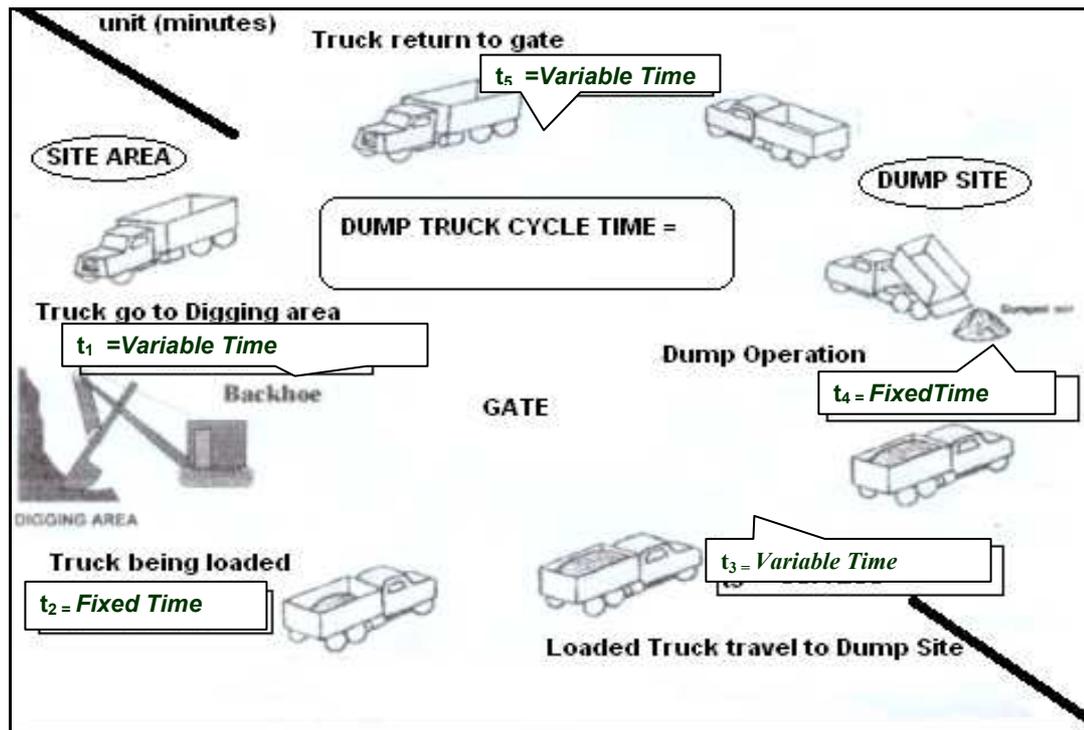
dimana:

$$t_1 \text{ (jam)} = \frac{\text{Jarak } \textit{parking area} \text{ ke } \textit{gate} \text{ (km)}}{\text{kecepatan rata - rata } \textit{dump truck} \text{ di Jalan (km/jam)}} + \frac{\text{Jarak } \textit{gate} \text{ ke } \textit{digging area} \text{ (km)}}{\text{kecepatan rata - rata } \textit{dump truck} \text{ di Site (km/jam)}} \quad \dots\dots\dots (2.7)$$

$$t_2 \text{ (jam)} = \frac{\text{Kapasitas } \textit{dump truck} \text{ LM (m}^3\text{)}}{\text{Produktivitas } \textit{backhoe} \text{ LM (m}^3\text{/jam)}} \quad \dots\dots\dots (2.8)$$

$$t_3 \text{ (jam)} = \frac{\text{Jarak } \textit{digging area} \text{ ke } \textit{gate} \text{ (km)}}{\text{kecepatan rata - rata } \textit{dump truck} \text{ di Site (km/jam)}} + \frac{\text{Jarak } \textit{gate} \text{ ke } \textit{dump site} \text{ (km)}}{\text{kecepatan rata - rata } \textit{dump truck} \text{ di Jalan (km/jam)}} \quad \dots\dots\dots (2.9)$$

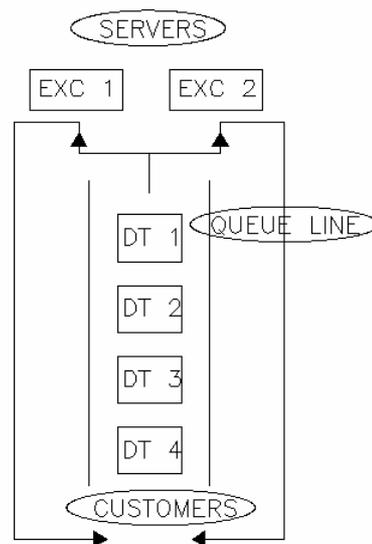
$$t_5 \text{ (jam)} = \frac{\text{Jarak } \textit{dump site} \text{ ke } \textit{parking area} \text{ (km)}}{\text{kecepatan rata - rata } \textit{dump truck} \text{ di Jalan (km/jam)}} \quad \dots\dots\dots (2.10)$$



Gambar 2.3. Model operasi galian tanah *backhoe* dan *dump truck*.

2.3. Kinerja *Backhoe-Dump Truck*

Dalam menghitung kinerja antara *backhoe* dengan *dump truck*, metode perhitungan yang digunakan adalah model antrian *First In First Serve* (Gambar 2.4.), yaitu: *customer* yang ada di barisan paling depan akan dilayani terlebih dahulu oleh *server* yang kosong. Dalam hal ini yang dimaksud dengan *servers* adalah *backhoe* dan yang dimaksud dengan *customers* adalah *dump truck*. Dengan model tersebut, akan dihitung kinerja *backhoe-dump truck* yang berupa waktu efektif (*Effective Time*), waktu menganggur (*Idle Time*), dan waktu total (*Total Time*).



Keterangan: EXC = Excavator yaitu *backhoe*
DT = Dump Truck

Gambar 2.4. Model Antrian *First In First Serve*

Effective Time backhoe dapat dihitung dengan membagi kapasitas tiap *dump truck* (DT_m) yang dilayani dengan produktivitas *backhoe* yang melayani (EXC_n):

$$Eff\ Time\ EXC_n = \frac{DT_1}{Prod\ EXC_n} + \frac{DT_2}{Prod\ EXC_n} + \dots + \frac{DT_m}{Prod\ EXC_n} \dots\dots (2.11)$$

dimana:

$Eff\ Time\ EXC_n$ = Waktu efektif dari *backhoe* nomor n (jam).

$Prod\ EXC_n$ = Produktivitas *Backhoe* yang melayani *dump truck* pada antrian terdepan (m^3/jam).

DT_m = Kapasitas *Dump truck* pada antrian terdepan yang dilayani oleh *backhoe* nomor n (m^3).

sedangkan *Effective Time dump truck* didapatkan dengan menjumlah waktu siklus t_1 , t_2 , t_3 , t_4 dan t_5 pada Bab 2.2 sebelumnya:

$$Eff\ Time\ DT_m = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana:

- $Eff\ Time\ DT_m$ = Waktu efektif dari *dump truck* nomor m (mnt).
 t_1 = Waktu untuk bergerak dari *parking area* menuju *digging area* atau sebaliknya.
 t_2 = Waktu untuk mengisi bak *dump truck*.
 t_3 = Waktu untuk menuju ke tempat pembuangan (*dump site*).
 t_4 = Waktu untuk membuang tanah galian (*dump time*)
 t_5 = Waktu untuk kembali dari *dump site* ke *parking area*

Idle Time backhoe terjadi apabila *Effective Time dump truck* lebih besar daripada *Effective Time backhoe*, dan sebaliknya *Idle Time dump truck* terjadi apabila *Effective Time backhoe* lebih besar daripada *Effective Time dump truck*.

Kemampuan *backhoe* untuk melayani *dump truck* tidak sama satu dengan yang lain tergantung dari produktivitasnya, sehingga sebagai contoh walaupun *backhoe* no-1 melayani *dump truck* no-1 terlebih dahulu daripada *dump truck* no-2, tetapi karena *backhoe* no-1 (diasumsikan) produktivitasnya lebih kecil, maka dalam siklus selanjutnya, *dump truck* no-1 belum tentu berada di antrian yang lebih depan daripada *dump truck* no-2 (ilustrasi Gambar 2.4.).

Untuk menentukan jumlah *Dump Truck* maksimum yang dapat dilayani oleh *Backhoe* maka di program simulasi ini membatasi jumlah *Dump Truck* yang digunakan, agar setelah *Dump Truck* pertama kembali maka *Backhoe* tidak melayani *Dump Truck* yang lain tetapi kembali melayani *Dump Truck* pertama tersebut

$$Jumlah\ Dump\ Truck\ max = \frac{DumpTruckCycleTime}{t_2} \dots\dots\dots (2.13)$$

dimana:

- Dump Truck Cycle Time* = Waktu efektif *Dump Truck* untuk satu kali siklus(mnt)
 t_2 = Waktu untuk mengisi bak *dump truck*(mnt)

2.4. *Effective Time, Idle Time, Total Time, Utility Factor, dan Biaya Sewa (Cost)*

Dengan menggunakan model *First In First Serve* pada bagian 2.3 di atas, akan didapatkan 3 buah variabel waktu, yaitu: *Effective Time*, *Idle Time* dan *Total Time*. Dari 3 buah variabel waktu tersebut akan dapat dihitung *Utility Factor* atau faktor penggunaan alat (*backhoe* dengan *dump truck*).

Effective Time = Waktu kegiatan dimana *backhoe* atau *dump truck* bekerja melakukan kegiatannya, misalnya: menggali, menuju tempat pembuangan (*dump site*), membuang galian, dan seterusnya.

Idle Time = Waktu tunggu atau mengganggu dimana *backhoe* atau *dump truck* tidak bekerja, untuk *backhoe* disebabkan tidak ada *dump truck* untuk dilayani, dan untuk *dump truck* disebabkan karena menunggu *backhoe* melayani *dump truck* sebelumnya.

Total Time = Waktu keseluruhan = *Effective Time* + *Idle Time*

$$Utility\ Factor = \frac{Effective\ Time}{Total\ Time} * 100\% \dots\dots\dots (2.14)$$

Utility Factor = Persentase perbandingan *Effective Time* terhadap *Total Time*, jadi bila *Utility Factor* bernilai besar berarti dari waktu keseluruhan (*Total Time*) yang diperlukan oleh *backhoe* atau *dump truck*, waktu untuk bekerja (*Effective Time*) lebih besar daripada waktu mengganggu (*Idle Time*), sehingga dapat dikatakan pemakaiannya lebih efektif, sebaliknya bila *Utility Factor* bernilai kecil berarti *backhoe* atau *dump truck* dapat dikatakan lebih banyak mengganggu (*idle*) daripada bekerja.

Biaya sewa yang akan dipakai dalam pembuatan program ini adalah biaya sewa alat dalam satuan Rupiah/ hari dan Biaya Mobilisasi dan Demobilisasi yaitu biaya untuk membawa alat tersebut menuju lokasi. Dengan cara perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Unit Cost Backhoe} = \frac{\text{Cost for 1 Backhoe (Rp/Day)} \times \text{Working days (day)} \times \text{Backhoe Quantity}}{\text{Volume Digging Area (m}^3\text{)}} + \frac{\text{Cost mob - demob for 1 Backhoe (Rp)} \times \text{Backhoe Quantity}}{\text{Volume Digging Area (m}^3\text{)}} \quad (2.15)$$

$$\text{Total Cost Backhoe} = \frac{\text{Unit Cost Backhoe (Rp/m}^3\text{)}}{\text{Volume Digging Area (m}^3\text{)}} \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\text{Unit Cost Dump Truck} = \frac{\text{Cost for 1 Dump Truck (Rp/Day)} \times \text{Working days (day)} \times \text{Dump Truck Quantity}}{\text{Volume Digging Area (m}^3\text{)}} + \frac{\text{Cost mob - demob for 1 Dump Truck (Rp)} \times \text{Dump Truck Quantity}}{\text{Volume Digging Area (m}^3\text{)}} \quad (2.17)$$

$$\text{Total Cost Dump Truck} = \frac{\text{Unit Cost Dump Truck (Rp/m}^3\text{)}}{\text{Volume Digging Area (m}^3\text{)}} \dots\dots\dots (2.18)$$

dimana:

<i>Unit Cost Backhoe</i>	= Harga satuan <i>Backhoe</i> (Rp/m ³)
<i>Unit Cost Dump Truck</i>	= Harga satuan <i>Dmp Truck</i> (Rp/m ³)
<i>Total Cost Backhoe</i>	= Total Harga <i>Backhoe</i> (Rp)
<i>Total Cost Dump Truck</i>	= Total Harga <i>Dump Truck</i> (Rp)
<i>Cost for 1 Backhoe</i>	= Harga satuan untuk satu buah <i>Backhoe</i> (Rp/day)
<i>Cost for 1 Dump Truck</i>	= Harga satuan untuk satu buah <i>Dump Truck</i> (Rp/day)
<i>Working Day</i>	= Hari kerja untuk menyelesaikan galian tanah (hari)
<i>Backhoe Quantity</i>	= Jumlah <i>Backhoe</i>
<i>Dump Truck Quantity</i>	= Jumlah <i>Dump Truck</i>
<i>Volume Digging Area</i>	= Volume galian tanah yang digali (m ³)
<i>Cost Mob-Demob for 1 Backhoe</i>	= Harga Mobilisasi dan demobilisasi untuk satu buah <i>Backhoe</i> (Rp/day)
<i>Cost Mob-Demob for 1 Dump Truck</i>	= Harga Mobilisasi dan demobilisasi untuk satu buah <i>Dump Truck</i> (Rp/day)