

PROGRAM OPTIMASI JUMLAH *BACKHOE-DUMP TRUCK* DALAM OPERASI PENGGALIAN TANAH MEKANIS

Randy Artana Gunawan¹, Alvin Gunawan², Ratna Setiawardani Alifen³

ABSTRAK : Dalam operasi penggalian tanah mekanis, *backhoe* sering digunakan dan dibantu oleh alat pengangkut *dump truck* untuk mengangkut tanah hasil galian dan membuangnya ke tempat pembuangan (*dump site*). Jumlah *backhoe-dump truck* mempunyai peran yang sangat penting untuk durasi, biaya serta kelancaran pekerjaan. *Backhoe dan dump truck* mempunyai produktivitas dan waktu siklus yang berbeda, sehingga kerja sama kedua alat tersebut merupakan hal yang penting untuk mencapai kinerja yang efisien, dimana idle time minimum dan *utility factor* tinggi. Dalam menghitung kinerja *backhoe-dump truck*, biasanya digunakan metode *Ideal Output* (Peurifoy, 2006) atau *General Output Formula* (Rochmanhadi, 1992) yang memperhitungkan beberapa faktor. Banyaknya faktor tersebut akan membutuhkan waktu yang cukup lama dalam melakukan proses perhitungan. Dalam pengambilan keputusan, seorang manajer proyek dapat dibantu dengan adanya program simulasi yang mudah untuk menentukan jumlah *backhoe-dump truck*. Skripsi ini membuat program yang dapat menghitung jumlah *backhoe-dump truck* optimum, dengan tujuan durasi pekerjaan terpenuhi dan biaya yang minimum. Hasil program ini dalam bentuk tabel dan grafik.

KATA KUNCI : *backhoe, dump truck*, waktu siklus, produktivitas, optimum

1. PENDAHULUAN

Backhoe dan dump truck memiliki waktu siklus dan produktivitas yang berbeda, sehingga perlu diperhitungkan untuk mendapatkan hasil yang efisien, yaitu dimana idle time minimum dan *utility factor* tinggi. Jumlah penggunaan alat akan berpengaruh terhadap biaya pelaksanaan dan durasi waktu pekerjaan, sehingga perlu diperhitungkan untuk mencapai kinerja dimana kedua alat memerlukan biaya operasional yang minimum dan memenuhi target waktu pekerjaan. Untuk menghitung kinerja *backhoe-dump truck*, cara yang biasanya digunakan adalah dengan metode *Ideal Output* (Peurifoy, 2006) atau dengan *General Output Formula* (Rochmanhadi, 1992). Di pasaran ada begitu banyak merek dan model dari *backhoe dan dump truck*. Setiap merek dan model mempunyai spesifikasi yang berbeda – beda. Masing – masing pilihan akan menghasilkan produktivitas yang berbeda – beda dan akan mempengaruhi kinerja galian tanah. Begitu banyaknya spesifikasi dari *backhoe dan dump truck* dengan pertimbangan faktor membuat perhitungan akan memakan waktu yang lama. Untuk itu dibuatlah suatu program perhitungan kinerja *backhoe-dump truck*. Program ini akan menghasilkan output berupa tabel kinerja *backhoe-dump truck*, grafik perbandingan jumlah *backhoe-dump truck*, dan mampu menentukan jumlah *backhoe-dump truck* optimum.

¹Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21413031@john.petra.ac.id

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, m21413155@john.petra.ac.id

³Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra Surabaya, alifrat@petra.ac.id

2. LANDASAN TEORI

Untuk menghitung kinerja *backhoe-dump truck* yang pertama dilakukan adalah menghitung produktivitas dan waktu siklus dari masing-masing alat. Dalam menghitung produktivitas dan waktu siklus dari kedua alat ada beberapa faktor yang mempengaruhi.

Faktor yang mempengaruhi kinerja *backhoe* :

- Volume *bucket*

Volume bucket adalah volume material yang dapat diangkut oleh *backhoe* sesuai dengan kapasitas *backhoe* tersebut. Tiap *backhoe* memiliki kapasitas *bucket* yang berbeda sesuai dengan merk dan tipe dari *backhoe* tersebut. Pemilihan volume *bucket* harus mempertimbangkan ukuran *dump truck*, misalnya lebar bak dari *dump truck* harus lebih besar daripada lebar *bucket* dari *backhoe*.

- Waktu siklus *backhoe*

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.

- Faktor pengisian *bucket*

Berdasarkan jenis tanah yang digali, semakin keras tanah yang akan digali maka semakin susah untuk diisi ke dalam *bucket*. Jenis tanah dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 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, 1992

- Faktor efisiensi kerja (Fe):

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* dan *Job-Management Factor*.

- *Swing-Depth Factor* (**Tabel 2**) adalah faktor yang dipengaruhi oleh kedalaman dari galian dan sudut putar *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*. Kedalaman galian optimum alat *backhoe* diperoleh dari kedalaman galian maksimum *backhoe* dikali dengan 50% (Peurifoy, 2006)

Tabel 2. Swing-Depth Factor

Optimum Depth (%)	Angle Of Swing (degree)						
	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	0.59
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, 2006

- *Job-Management factor* (**Tabel 3**) 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 3. Job-Management Factor

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

Sumber: Peurifoy, 2006

- *Operator efficiency* adalah faktor pengendali alat atau operator yang mempengaruhi produktivitas. Faktor tersebut berdasarkan lama jam kerja efektif yang dilakukan operator dalam mengoperasikan *backhoe* selama satu jam kerja.

- Faktor pengembangan tanah (*Swell factor*) (F_s):
Setelah digali dari keadaan asli (*bank measure* / BM), tanah yang kemudian dipindahkan ke dalam alat angkut (*dump truck*) akan mengembang (*loose measure* / LM). Faktor pengembangan tanah (*swell factor*) dari tiap jenis tanah berbeda-beda, besarnya sesuai dengan **Tabel 4**.

Tabel 4. Faktor Pengembangan Tanah (*Swell Factor*)

<i>Class Of Material</i>	<i>Swell Factor (%)</i>	<i>Average (%)</i>
<i>Sand or Gravel</i>	5-15	10.0
<i>Common Earth</i>	10-25	17.5
<i>Hard, Tough Clay</i>	10-35	22.5
<i>Wet, Sticky Clay</i>	20-45	32.5
<i>Well-blasted Rock</i>	30-60	45.0
<i>Poorly-blasted Rock</i>	50-80	65.0

Sumber : Rochmanhadi, 1992

Faktor yang mempengaruhi kinerja *dump truck* :

- Kapasitas bak
Kapasitas bak adalah volume material yang dapat diangkut oleh *dump truck* .Tiap *dump truck* memiliki kapasitas bak yang berbeda sesuai dengan merk dan tipe dari *dump truck* tersebut. Volume material yang dapat diangkut tersebut juga dipengaruhi oleh *rolling resistance* dan *grade resistance*.
- *Rolling resistance* (tahanan gelinding)
Rolling resistance (tahanan gelinding) adalah besarnya gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan beban sebesar 1 ton. *Rolling resistance* tergantung pada jenis permukaan jalan yang dilalui *dump truck* (**Tabel 5**)

Tabel 5. *Rolling Resistance Factor*

<i>Type of Surface</i>	<i>Rolling Resistance Factor</i>	
	<i>lb/ton</i>	<i>kg/t</i>
<i>Concrete or asphalt</i>	40	20
<i>Firm, smooth</i>	64	32
<i>Rutted dirt (1-2 in. penetration)</i>	100	50
<i>Rutted dirt (3-4 in. penetration)</i>	150	75
<i>Loose Sand or gravel</i>	200	100
<i>Soft, muddy, deeply rutted</i>	300-400	150-200

Sumber: Nunally, 2006

- *Grade Resistance*

Jika truk 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.

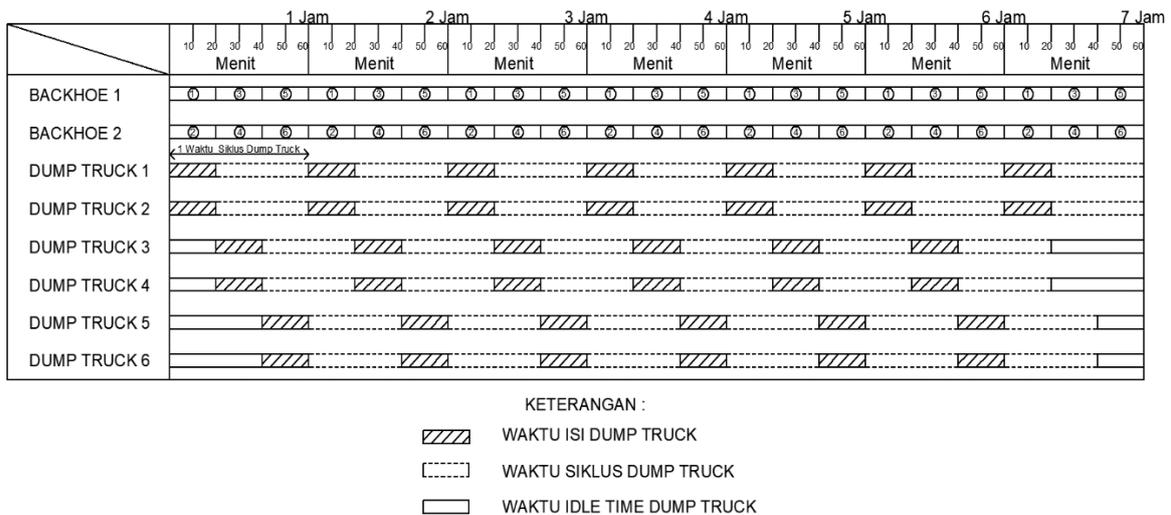
- Waktu siklus dump truck yang terdiri dari
 - Waktu untuk bergerak dari *parking area* menuju *digging area*.
 - Waktu untuk mengisi bak *dump truck*.
 - Waktu untuk menuju ke tempat pembuangan (*dump site*).
 - Waktu untuk membuang tanah hasil galian (*dump time*).
 - Waktu untuk kembali dari *dump site* ke *parking area*.

Dalam menghitung kinerja dari *backhoe* dengan *dump truck*, metode perhitungan yang digunakan adalah metode *First Come First Serve* 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*. Metode *First Come First Serve* ini berperan sebagai pengatur antrian dalam kinerja *backhoe-dump truck* dimana *dump truck* di barisan paling depan akan dilayani oleh *backhoe* yang sedang menganggur. Dengan metode tersebut akan dihitung kinerja *backhoe-dump truck*. Berdasarkan kinerja tersebut akan dihasilkan :

- 1) Waktu efektif (*Effective Time*)
- 2) Waktu menganggur (*Idle time*)
- 3) Waktu total (*Total Time*.)
- 4) Faktor utility (*Utility Factor*)

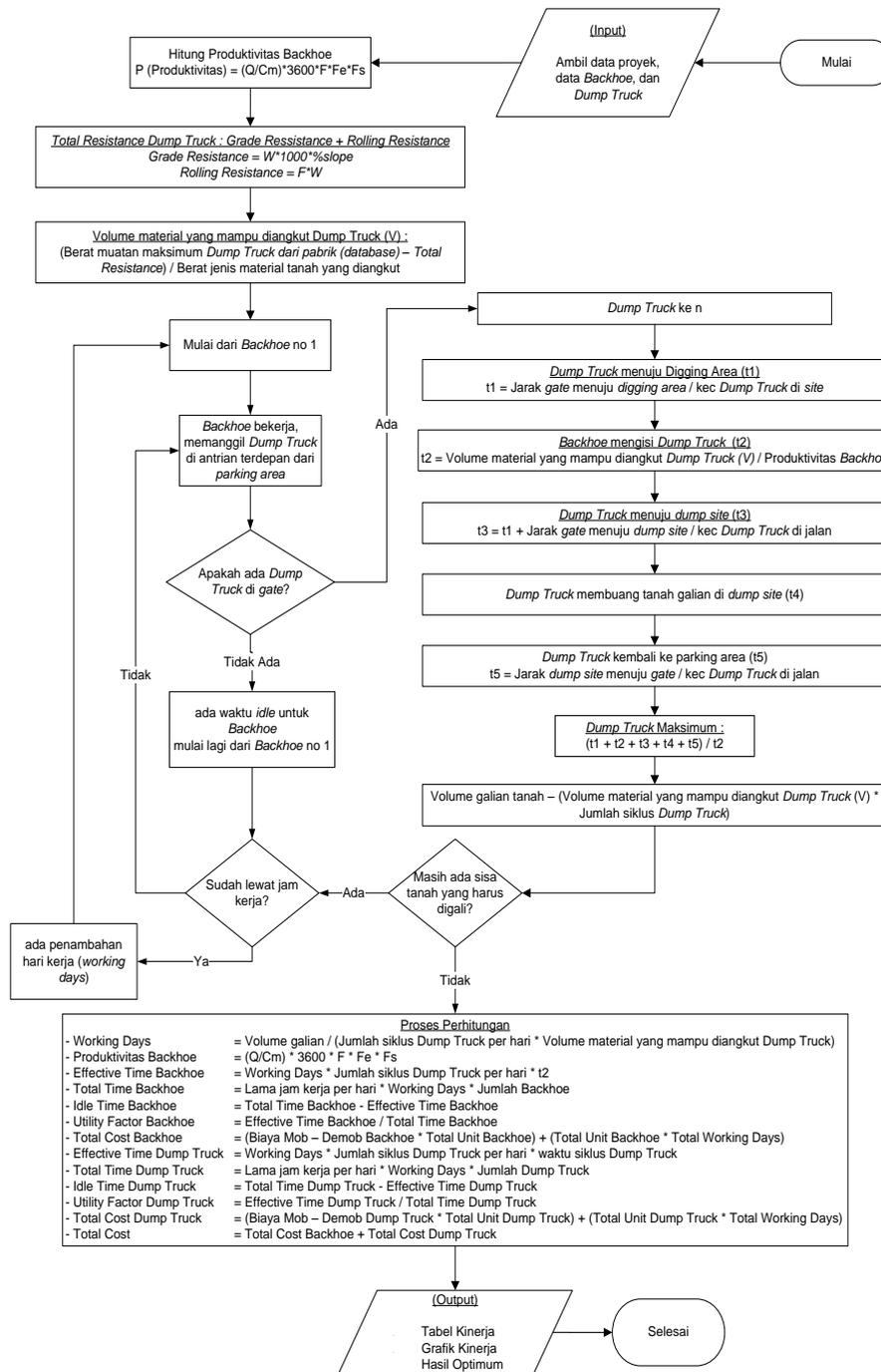
3. RANCANGAN PROGRAM

Proses pertama yang dilakukan program ini adalah menghitung produktivitas *backhoe* maupun *dump truck* dengan mempertimbangkan faktor yang terdapat di *database*. Setelah didapatkan produktivitas dari *backhoe* dan *dump truck*, program akan memulai simulasi kinerja *backhoe-dump truck* (**Gambar 1**).



Gambar 1. Simulasi Kinerja Backhoe-Dump Truck

Selanjutnya menghitung jumlah *dump truck* maksimum yang dapat dilayani oleh 1 *backhoe* dan jumlah siklus *dump truck* per hari yang digunakan untuk mendapatkan *working days*. Melalui jumlah siklus *dump truck* per hari dan *working days* tersebut akan diperoleh *effective time*, *idle time*, *total time*, *utility factor* dan *total cost* dari kedua alat. Seluruh proses perhitungan tersebut akan diolah menjadi 3 output yaitu tabel, grafik, dan hasil optimum dari kinerja *backhoe-dump truck* yang dapat dilihat pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Diagram Alir Program

4. CONTOH PROYEK

Sebagai contoh penggunaan program, misalnya seorang manajer proyek mempunyai suatu pekerjaan galian *basement* sebagai berikut:

<i>Class of material</i>	= <i>Sand or Gravel</i>
<i>Angle Of Swing</i>	= 90 °
<i>Digging Condition</i>	= <i>Medium</i>
<i>Job Condition</i>	= <i>Good</i>
<i>Mangement Condition</i>	= <i>Good</i>
Kemiringan jalan proyek	= 15 %
Tipe permukaan jalan proyek	= <i>Rutted Dirt (1-2 in. penetration)</i>
Jarak <i>site-dump site</i> dan sebaliknya	= 10 km
Kecepatan rata-rata dump truck di site	= 20 km/jam
Kecepatan rata-rata dump truck di jalan	= 40 km/jam
Waktu buang <i>dump truck</i>	= 10 menit
Waktu kerja per hari	= 7 jam per hari

Alat yang akan digunakan (database) adalah Backhoe Hitachi EX-400-5 dan Dump Truck FM 260 JD

Hasil daripada program ini berupa hasil optimum dimana biaya yang dikeluarkan minimum dan memenuhi target waktu pekerjaan yang dapat dilihat pada **Gambar 3**.

The screenshot shows a web application window titled 'ResultPage'. It contains several input fields for project information: 'Nama Proyek' (Puncak Merdeka), 'Alamat Proyek' (Jalan Sulawesi No. 7), 'Tanggal' (Kamis, 23 November 2017), and 'Nama Manajer Proyek' (Erick). There are also fields for equipment specifications: 'Spesifikasi Backhoe' (Hitachi - EX400-5 - 1,8 m3), 'Spesifikasi Dump Truck' (Hino - FM 260 JD - 10 m3), and 'Volume Tanah Setelah Ada Resistance' (8.950303 m3). A button labeled 'Ubah Menjadi Excel' is visible on the right.

Below the input fields, there are three tabs: 'Tabel Kinerja', 'Grafik Kinerja', and 'Hasil Optimum'. The 'Hasil Optimum' tab is active and displays the following text:

Untuk menyelesaikan proyek galian tanah mekanis dengan kasus sebagai berikut
Volume Galian Tanah : 900 m3
Target Lama Pengerjaan : 2 Hari
Jumlah Backhoe Maximum : 3 Unit
Backhoe yang Diperlukan : Hitachi - EX400-5 - 1,8 m3
Dump Truck yang Digunakan : Hino - FM 260 JD - 10 m3

Hasil Yang Optimum Adalah

Dengan Working Days 2 Hari dan Alat yang Digunakan :

- 1 Unit Backhoe dan 7 Unit Dump Truck, Biaya yang diperlukan Rp 9.800.000
- 2 Unit Backhoe dan 7 Unit Dump Truck, Biaya yang diperlukan Rp 16.800.000
- 3 Unit Backhoe dan 7 Unit Dump Truck, Biaya yang diperlukan Rp 23.800.000

Dengan Working Days 1 Hari dan Alat yang Digunakan :

- 1 Unit Backhoe dan 13 Unit Dump Truck, Biaya yang diperlukan Rp 8.600.000
- 2 Unit Backhoe dan 13 Unit Dump Truck, Biaya yang diperlukan Rp 14.600.000
- 3 Unit Backhoe dan 13 Unit Dump Truck, Biaya yang diperlukan Rp 20.600.000

Berdasarkan hasil diatas, Hasil optimum untuk menyelesaikan 900 m3 proyek galian tanah dengan Target lama pekerjaan 2 Hari adalah :

- 1 Unit Backhoe dan 7 unit Dump Truck dengan biaya Rp 9.800.000

Namun yang paling optimum dari hasil diatas adalah :

- 1 Unit Backhoe dan 13 Unit Dump Truck, Biaya yang Diperlukan Rp 8.600.000 dengan Working Days : 1 Hari

Gambar 3. Hasil Optimum Kinerja Backhoe-Dump Truck

5. KESIMPULAN

Program ini dibuat untuk membantu pengguna program dalam menentukan jumlah *backhoe* dan *dump truck* yang dibutuhkan untuk mencapai suatu kinerja optimum. *Output* pada program ini merupakan alat bantu bagi manajer proyek sebelum melaksanakan pekerjaan galian *basement*. Dalam menentukan jumlah *backhoe-dump truck* yang optimum, tidak dapat dilihat dari faktor *utility* saja. *working days* dan *cost* harus dipertimbangkan. Faktor *utility* yang tinggi tidak menjamin bahwa hasil yang didapat optimum dimana biaya yang dikeluarkan murah dan pengerjaannya memenuhi target waktu pengerjaan.

6.DAFTAR REFERENSI

- Nunally, S.W. (2006). *Construction Method and Management, 7th ed.* Upper Saddle River, New Jersey Columbus, Ohio.
- Peurifoy, R.L. (2006). *International Student Edition: Construction Planning Equipment and Methods, 7th ed.* McGraw-Hill Book Company, Inc., New York.
- Rochmanhadi (1992). *Kapasitas dan Produksi Alat Berat.* Departemen PU, Jakarta.
- Rochmanhadi (1985). *Pengantar dan Dasar-Dasar Pemandahan Tanah Mekanis.* Departemen PU, Jakarta.