
Optimalisasi Pekerjaan Pemindahan Tanah Pada Proyek Embung Begawan Kota Tarakan Dengan Model Antrian

Budi Setiawan¹, Hermanto²

¹Program Studi Teknik Sipil UBT, Jl. Pantai Amal No. 1 Tarakan

²Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil UBT, Jl. Pantai Amal No. 1 Tarakan
Email: abughaza@gmail.com

Received 30 November 2017; Reviewed 24 Desember 2017; Accepted 28 Desember 2017

Abstract

The Embung Bengawan Project in Tarakan City has several jobs requiring heavy equipment including mechanical soil removal activities. Activity of mechanical soil movement is a series in work of loading and transportation equipment. In order to achieve optimal mechanical soil removal targets, it is necessary to know the performance of the machine during the mechanical soil removal process. The optimization of production is the way to obtain production that is in accordance with optimal conditions of mechanical devices. This paper discusses the optimization of dump truck queue time and the number of dump trucks. Performance calculation tool using the method of production capacity of the tool, and calculate the optimal queue using the Queue Model method. Calculation using queuing model method obtained by result of time required by 3 excavator unit and with combined amount of dump truck will give result of cost equal to Rp 48,097,711 / day, and dump truck waiting time in queue to 1 minute. Then the optimal time is obtained by operating 3 units of excavators with a cost difference of Rp 3,572,826 / day from the real condition of the field that operates 2 excavator units.

Keywords: *Heavy Equipment, Queue Model, Optimization, Mechanical Land Displacement*

Abstrak

Proyek Embung Bengawan Kota Tarakan memiliki beberapa pekerjaan yang membutuhkan alat berat diantaranya kegiatan pemindahan tanah mekanis. Kegiatan pemindahan tanah mekanis merupakan rangkaian kerja alat muat dan alat angkut. Untuk tercapainya sasaran pemindahan tanah mekanis yang optimal harus mengetahui kinerja alat berat selama proses pemindahan tanah mekanis. Optimalisasi produksi merupakan cara yang dilakukan untuk memperoleh produksi yang sesuai dengan kondisi optimal alat mekanis. Tulisan ini membahas tentang pengoptimalan waktu antrian dump truck dan jumlah dump truck. Perhitungan kinerja alat menggunakan metode kapasitas produksi alat, serta menghitung antrian yang optimal menggunakan metode Model Antrian. Perhitungan dengan menggunakan metode Model Antrian diperoleh hasil waktu yang di perlukan oleh 3 unit excavator dan dengan dikombinasikan jumlah dump truck akan memberikan hasil biaya sebesar Rp 48.097.711/hari, dan waktu tunggu dump truck dalam antrian menjadi 1 menit. Maka waktu optimal diperoleh dengan mengoperasikan 3 unit excavator dengan selisih biaya sebesar Rp 3.572.826/hari dari kondisi riil lapangan yang mengoperasikan 2 unit excavator.

Kata Kunci: *Alat Berat, Model Antrian, Optimalisasi, Pemindahan Tanah Mekanis*

1. Pendahuluan

Proyek Embung Bengawan memiliki beberapa pekerjaan yang membutuhkan alat berat dalam proses pelaksanaan misalnya pada proses galian tanah dibuang ke lokasi buangan. Proses pekerjaan pemindahan tanah mekanis pada luas area yang cukup besar tersebut membutuhkan beberapa alat berat untuk menunjang efektivitas pekerjaan. Masing-masing dari alat berat memiliki beberapa tipe, dimana antara tipe satu dengan tipe yang lain memiliki kapasitas dan biaya sewa yang berbeda-beda. Penggunaan alat berat dalam pelaksanaan harus di perhitungkan agar penggunaannya dapat secara optimal dan mencapai biaya yang minimum dengan agar target waktu pelaksanaan pekerjaan bisa tercapai.

Kegiatan pemindahan tanah mekanis merupakan rangkaian kerja alat muat dan alat angkut, untuk memindahkan tanah dan memuat tanah ke dalam bak *dump truck*, kemudian *dump truck* mengangkut tanah ke lokasi pembuangan (Rochmadi,1990), sedangkan alat muat yang digunakan adalah *excavator*. Untuk tercapainya sasaran galian tanah yang optimal harus mengetahui faktor-faktor yang mengambat proses pekerjaan, baik hambatan yang bisa dihindari maupun hambatan yang tidak dapat dihindari. Dengan adanya hambatan-hambatan tersebut akan memperlambat waktu kerja efektif sehingga menyebabkan efisiensi kerja menjadi rendah. Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan pemindahan tanah mekanis adalah dengan cara melakukan perbaikan waktu antrian alat angkut dan meningkatkan efisiensi kinerja alat berat.

Pada pekerjaan pemindahan tanah mekanis pada Proyek Embung Bengawan Kota Tarakan Produksi alat penunjang pemindahan tanah mekanis terutama kinerja alat berat dan alat angkut kurang optimal karena sering terjadi antrian *dump truck* yang panjang (Survey Lapangan, 2015). Penelitian ini membahas tentang pengoptimalan waktu antrian *dump truck* dan jumlah *dump truck* yang mengantri dengan menggunakan Model Antrian. Sedangkan sistem Model Antrian yang di gunakan adalah *Multi Channel-Sinle Phase*.

2. Metodologi

2.1. Survey pendahuluan

Dalam tahap ini survey pendahuluan dilakukan agar memudahkan penelitian. Tahap ini meliputi survey lapangan untuk meninjau lokasi yang akan di lakukan penelitian dan mendapatkan gambaran umum tentang kondisi langsung di lapangan.

2.2. Studi literatur

Pada tahap ini dilakukan untuk mencari landasan teoritis/referensi yang berguna dalam upaya pemecahan masalah yang dibahas langsung dalam penelitian. Metode yang digunakan pada tahap ini berupa pengumpulan data dan literature yang berhubungan langsung dengan masalah yang di bahas dalam penelitian ini. Tujuannya untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan antrian, analisis dengan metode Model Antrian serta literatur lain yang dapat mendukung baik dari buku dan jurnal.

2.3. Pengumpulan data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang di perlukan dalam penyusunan penelitian ini. Pengumpulan data yang di terapkan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

1. Pengumpulan data primer langsung di lakukan dengan melakukan pengamatan antrian di lokasi penelitian selama 30 hari kalender secara teliti agar di peroleh hasil yang akurat, sehingga pada saat pengolahan data tidak terjadi kesalahan.

2. Data sekunder pada penelitian ini berupa data yang di peroleh dari kontraktor.

2.4. Pengolahan data

Proses pengolahan data dengan tahap analisa menggunakan Model Antrian *Multi channel single phase*. Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data primer dan data sekunder.

Untuk tahap ini semua data yang diperoleh dari hasil penelitian kemudian dianalisa. Dari data hasil survey pendahuluan yang dilakukan dilapangan dapat memberikan perbandingan dengan penelitian menggunakan Model Antrian. Selisih hasil yang diperoleh nantinya untuk mengetahui kinerja alat dengan hasil akhir penelitian berupa efisiensi waktu antrian *dumptruck* yang paling optimal dilapangan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengolahan Data Antrian

Proses pengolahan data penelitian dilapangan berdasarkan kerja alat berat dengan jam operasional antara 5 – 9 jam. Dengan menggunakan perhitungan sederhana diperoleh jam operasional rata-rata *dump truck* sebesar 7.14 jam. Serangkaian hasil pengambilan data di lapangan diperoleh data-data seperti : λ /jam, μ /jam, k (unit), dan *dump truck* /hari.

Berdasarkan data lapangan dilakukan analisa dengan metode Model Antrian (Alryadi dan Manik, 2010) dengan jumlah *excavator* (k) = 2, jumlah *excavator* (k) = 3, jumlah *excavator* (k) =4, dan jumlah *excavator* (k) =5. dengan perhitungan sebagai berikut:

Asumsi menggunakan 2 unit *excavator*, dari hasil data primer pada tanggal 18 Oktober 2015 maka , diketahui sebagai berikut: Jumlah rata-rata λ /jam =38, jumlah rata-rata k (unit) = 2 dan jumlah rata-rata μ /jam = 28, dari data yang ada dapat dihitung nilai P0 yaitu probabilitas (kemungkinan) semua saluran pemberi layanan manganggur.

- Probabilitas (kemungkinan) semua saluran manganggur (P0)

$$P_0 = \frac{\lambda}{k\mu} \quad (1)$$

$$= \frac{38}{2.28} = 0.67$$

Jadi probabilitas (kemungkinan) semua saluran manganggur (P0) = 0.67

- Probabilitas (kemungkinan) semua saluran sibuk (Pw)

$$P_w = \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^k \frac{k\mu}{k\mu-\lambda} P_0 \quad (2)$$

$$= \frac{1}{2!} \left(\frac{38}{28}\right)^2 \frac{2.28}{2.28-38} \times 0.67$$

Jadi probabilitas (kemungkinan) semua saluran sibuk (Pw) = 1.944

- Jumlah rata-rata dalam sistem (Ls)

$$L_s = \frac{\lambda \mu (\lambda \mu)^k}{(k-1)!(k\mu-\lambda)^2} P_0 + \frac{\lambda}{\mu} \quad (3)$$

$$L_s = \frac{38.28 (38.28)^2}{(2-1)!(2.28-38)^2} \times 0.67 + \frac{38}{28}$$

Jumlah rata-rata dalam sistem (L_s) = 2.05 = 3 *dump truck* (pembulatan)

- Jadi jumlah rata-rata dalam antrian (L_q)

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} \quad (4)$$

$$= 2.05 - \frac{38}{28} = 2.05$$

Jadi jumlah rata-rata dalam antrian (L_q) = 2.05 = 3 *dump truck* (pembulatan)

- Rata-rata waktu dalam sistem (W_s) = 0.089 x 60 = 5.38 = 6 menit (pembulatan)

$$W_s = \frac{l_s}{\lambda} \quad (5)$$

$$= \frac{2.05}{38} = 0.089$$

Jadi rata-rata waktu dalam sistem (W_s) = 0.089 x 60 = 5.38 = 6 menit (pembulatan)

$$W_q = \frac{l_q}{\lambda} \quad (6)$$

$$= \frac{2.05}{38} = 0.054$$

Jadi rata-rata waktu dalam antrian (W_q) = 0.054 x 60 = 3.24 = 4 Menit

Sesuai dengan komposisi diatas, dilakukan analisa pengolahan data perbandingan jumlah *dump truck* dalam sistem (L_s) yang di sajikan dalam bentuk **Tabel 1** berikut

Tabel 1. Rata-rata Hasil Perhitungan Model Antrian

Keterangan	Rata-rata (k)=2	Rata-rata (k)=3	Rata-rata (k)=4	Rata-rata (k)=5
Jumlah rata-rata <i>dump truck</i> dalam sistem (L_s)	3.93	1.80	1.56	1.49
Jumlah rata-rata <i>dump truck</i> dalam antrian (L_q)	2.55	0.40	0.17	0.09
Waktu rata-rata <i>dump truck</i> menunggu dalam sistem (W_s)	5.08	2.33	2.03	1.93
Waktu rata-rata <i>dump truck</i> menunggu dalam antrian (W_q)	3.34	0.49	0.19	0.11

Sumber : Hasil Olahan, 2015

Dari data rata-rata *dump truck* dalam sistem (L_s) dengan jumlah rata-rata *dump truck* dalam sistem (L_s) dengan jumlah *excavator* (k)=2 adalah 3.93 dibulatkan menjadi 4 unit, rata-rata *dump truck* dalam sistem (L_s) dengan jumlah *excavator* (k)=3 adalah 1.80 dibulatkan menjadi 2 unit, rata-rata *dump truck* dalam sistem (L_s) dengan jumlah *excavator* (k)=4 adalah 1.56 dibulatkan menjadi 2 unit,

dan rata-rata *dump truck* dalam sistem (L_s) dengan jumlah *excavator* (k)=5 adalah 1.49 dibulatkan menjadi 2 unit.

Berdasarkan rata-rata *dump truck* dalam antrian (L_q) dengan jumlah rata-rata *dump truck* dalam antrian (L_q) dengan jumlah *excavator* (k)=2 adalah 2.55 dibulatkan menjadi 3 unit, rata-rata *dump truck* dalam antrian (L_q) dengan jumlah *excavator* (k)=3 adalah 0.40 dibulatkan menjadi 1 unit, rata-rata *dump truck* dalam antrian (L_q) dengan jumlah *excavator* (k)=4 adalah 0.17 dibulatkan menjadi 1 unit, dan rata-rata *dump truck* dalam antrian (L_q) dengan jumlah *excavator* (k)=5 adalah 0.09 dibulatkan menjadi 1 unit.

Selanjutnya waktu rata-rata *dump truck* dalam sistem (W_s) dengan jumlah waktu tunggu rata-rata *dump truck* dalam sistem (W_s) dengan jumlah *excavator* (k)=2 adalah 5.08 dibulatkan menjadi 6 menit, waktu rata-rata *dump truck* dalam sistem (W_s) dengan jumlah *excavator* (k)=3 adalah 2.33 dibulatkan menjadi 3 menit, waktu rata-rata *dump truck* dalam sistem (W_s) dengan jumlah *excavator* (k)=4 adalah 2.03 dibulatkan menjadi 3 menit, dan waktu rata-rata *dump truck* dalam sistem (W_s) dengan jumlah *excavator* (k)=5 =1.93 dibulatkan menjadi 2 menit.

Waktu tunggu rata-rata *dump truck* dalam antrian (W_q) dengan jumlah waktu rata-rata *dump truck* dalam antrian (W_q) dengan jumlah *excavator* (k)=2 adalah 3.34 dibulatkan menjadi 4 menit, waktu rata-rata *dump truck* dalam antrian (W_q) dengan jumlah *excavator* (k)=3 adalah 0.49 dibulatkan menjadi 1 menit, waktu rata-rata *dump truck* dalam antrian (W_q) dengan jumlah *excavator* (k)=4 adalah 0.19 dibulatkan menjadi 1 menit, dan waktu rata-rata *dump truck* dalam antrian (W_q) dengan jumlah *excavator* (k)=5 adalah 0.11 dibulatkan menjadi 1 menit.

3.2. Perhitungan Produksi Alat Berat

Berdasarkan tabel 1 dapat dihitung kapasitas produksi *excavator*, produksi *dump truck* dan jumlah *dump truck* yang terlayani dengan jumlah *excavator* (k)=2, jumlah *excavator* (k)=3, jumlah *excavator* (k)=4, dan jumlah *excavator* (k)=5, sebagai berikut:

- a. Kapasitas produksi *excavator* dengan jumlah *excavator* (k)=2, dihitung dengan menggunakan data lapangan, waktu siklus diperoleh sebesar 0.28 detik dan kapasitas *bucket* 0.81 m³ (faktor *bucket* untuk tanah asli sebesar 0.75 (Fatena, 2008)) dengan kondisi kerja baik ($E = 0.80$). Maka diperoleh kapasitas produksi alat muat sebesar 62.5 m³/jam dengan jumlah *excavator* (k) = 2 unit \times 62.5 m³/jam =125m³/jam
- b. Kapasitas produksi rata-rata *dump truck* dengan jumlah *excavator* (k)=2 dihitung menggunakan data-data lapangan seperti : Kapasitas bak (V) =3.5 m³, faktor efisiensi alat (F_a) = 0.8, factor kembang bahan (F_k) = 1.2, kecepatan rata-rata bermuatan (v_1) = 40 km/jam, kecepatan rata-rata kosong (v_2) = 70 km/jam, jarak rata-rata rute operasional (L) =10 km. Karena *dump truck* berada dalam sistem antrian, maka waktu muat rata-rata adalah waktu rata-rata menunggu dalam antrian (W_s) sebesar 5.08 menit dan waktu tunggu dalam antrian (W_q) sebesar 3.34 menit, sehingga diperoleh waktu siklus *dump truck* (T_s) sebesar 34.6 menit. Sehingga diperoleh kapasitas produksi *dump truck* sebesar 4.04 m³/jam dengan jumlah *dump truck* sebanyak 24.7 unit dengan pembulatan menjadi 25 unit.

Perhitungan dengan berdasarkan asumsi data lapangan yang sama maka diperoleh jumlah *dump truck* berdasarkan jumlah *excavator* (k) yang beroperasi. Jika jumlah *excavator* (k) = 3 unit yang beroperasi maka jumlah *dump truck* yang terlayani dalam sistem antrian adalah 21 unit, jumlah *excavator* (k) = 4 unit diperoleh 20 unit *dump truck* dan jika jumlah *excavator* (k) = 5 unit tetap diperoleh 20 unit *dump truck* yang terlayani dalam sistem antrian. Dari perhitungan produksi alat berat pada pekerjaan pemindahan tanah mekanis pada Proyek Embung Bengawan Kota Tarakan diperoleh jumlah maksimal unit *dump truck* yang dapat terlayani dalam sistem antrian *Multi Channel-Signle Phase* adalah 25 unit *dump truck* oleh 2 unit *excavator*.

3.3. Optimalisasi Pekerjaan Pindahkan Tanah

Perhitungan optimalisasi pekerjaan pemindahan tanah mekanis pada Proyek Embung Bengawan Kota Tarakan dilakukan dengan membandingkan biaya operasional dari komposisi jumlah alat berat (*excavator* dan *dump truck*) yang beroperasi dalam sistem antrian pada pekerjaan pemindahan tanah pada Proyek Embung Bengawan Kota Tarakan. Hasil analisa biaya operasional berdasarkan jumlah komposisi alat berat ditampilkan tabel berikut :

Tabel 2. Perbandingan biaya operasional per hari alat berat

Alat Berat	Waktu Operasi (Jam)	Biaya Operasional Per Hari				Total (Rp)
		Harga sewa/jam	Dump truck (Unit)	Excavator (Unit)	Jumlah (Rp)	
<i>Dump truck</i>	7.14	Rp 250.000	25	2	Rp 44.625.000	Rp 51.670.538
<i>Excavator</i>	7.14	Rp 493.385			Rp 7.045.538	
<i>Dump truck</i>	7.14	Rp 250.000	21	3	Rp 37.485.000	Rp 48.097.711
<i>Excavator</i>	7.17	Rp 493.385			Rp 10.612.711	
<i>Dump truck</i>	7.14	Rp 250.000	20	4	Rp 35.700.000	Rp 49.791.075
<i>Excavator</i>	7.14	Rp 493.385			Rp 14.091.076	
<i>Dump truck</i>	7.14	Rp 250.000	20	5	Rp 35.700.000	Rp 53.313.844
<i>Excavator</i>	7.14	Rp 493.385			Rp 17.613.844	

Sumber : Data Lapangan dan Hasil Olahan, 2015

Dari tabel 2 menggambarkan bahwa dengan jumlah *excavator* (k) = 2 unit yang dioperasikan dapat melayani maksimal sebanyak 25 unit *dump truck* dengan total biaya operasional Rp 51.670.538. Selanjutnya dengan jumlah *excavator* (k) = 3 unit yang beroperasi dapat melayani maksimal 21 unit *dump truck* dengan total biaya operasional Rp 48.097.711. Dan dengan jumlah *excavator* (k) = 4 dan 5 unit dapat melayani maksimal 20 unit *dump truck* dengan total biaya operasional sebesar Rp 49.791.075. dan Rp 53.313.844.

Jika jumlah *excavator* di tambah dan tidak memperhitungkan jumlah *dump truck* yang dipakai maka akan menaikkan biaya operasional per hari. Sementara, jika jumlah *excavator* beroperasi 3 unit/hari dan dengan dikombinasikan jumlah *dump truck* yang dapat dilayani akan memberikan hasil kapasitas produksi *dump truck* sebesar 4.9 m³/jam. Dan dengan biaya sebesar Rp 48.097.711/hari, dan jumlah *dump truck* yang mengantri menjadi 1 unit serta waktu tunggu *dump truck* dalam antrian menjadi 1 menit. Maka waktu antrian *dump truck* lebih sedikit dan jumlah kapasitas produksi bertambah beserta biaya oprasional menjadi lebih murah dengan menggunakan 3 unit *excavator* dengan selisih biaya sebesar Rp 3.572.826 per hari dengan menggunakan 2 unit *excavator*.

4. Kesimpulan

1. Waktu antrian *dump truck* di lokasi pekerjaan pemindahan tanah mekanis pada Proyek Embung Bengawan Kota Tarakan adalah 4 menit dan jumlah *dumptruck* yang mengantri adalah 3 unit. Dengan jumlah *excavator* yang beroperasi sebanyak 2 unit dibutuhkan biaya operasional per hari sebesar Rp. 51.670.538.

2. Optimalisasi dilakukan dengan jumlah *excavator* yang beroperasi sebanyak 3 unit dengan jumlah *dumptruck* dalam antrian 1 unit dan waktu *dumptruck* dalam antrian menjadi 1 menit, dengan biaya operasional per hari sebesar Rp 48.097.711.

Daftar Pustaka

- Anisari, R. (2012), *Perhitungan Alat Berat Untuk Pekerjaan LPB Pada Peningkatan Jalan Cilik Riwut Di Kecamatan Murung- Kalimantan Tengah*, jurnal., Politeknik Negeri Banjarmasin.
- Alryadi dan Manik, I. M. (2010), *Rancangan Model Simulasi Optimalisasi Antrian Penumpang Busway-Transjakarta Dengan Multi Channel Queue*, jurnal., Universitas Nusantara.
- Borodin, A. Dkk. (2001). *Adversarial queue theory*. Jurnal of ACM, 48(1), 13-38.
- Fatena, R. S. (2008), *Alat Berat Untuk Proyek Kontruksi.*, Penerbit Rineka Cipta,
- Irianto Agus, H. (2015), *Statistik Konsep Dasar Aplikasi Dan Pengembanganya*. Penerbit Kencana:Jakarta.
- Qariatullailayah. Dkk. (2013), *Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat Untuk Pekerjaan Pengangkutan Dan Penimbunan Pada Proyek Grand Island Surabaya Dengan Program Linier*, jurnal., Institut Teknologi Sepuluh November.
- Rochmanhadi. (1990), *Pemindahan Tanah Mekanis PTM*. Penerbit Pekerjaan Umum,