

OPTIMALISASI PENGGUNAAN ALAT BERAT TERHADAP BIAYA PEKERJAAN CUT & FILL PROYEK PERUMAHAN *HOLLAND BOULEVARD* MANADO

Sylvester S. Turalaki

Jermias Tjakra, Revo L. Inkiriwang

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: sylvesterturalaki@gmail.com

ABSTRAK

Lahan pembangunan proyek perumahan Holland Boulevard Manado memiliki luas 20.750 m² dan kontur tanah yang berbukit, sehingga dibutuhkan pekerjaan cut & fill menggunakan alat berat berupa excavator dan dump truck. Agar diperoleh hasil yang optimal maka perlu dilakukan analisis untuk mengetahui perbandingan jumlah dan kapasitas alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian tanah tersebut.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui jumlah, biaya, dan kebutuhan alat berat yang diperlukan. Metode untuk mendapatkan biaya yang optimal adalah program linear metode simpleks. Biaya yang akan dihitung adalah biaya penggalian dan biaya pengangkutan

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa kombinasi III berada pada peringkat pertama dengan menggunakan 1 unit excavator 0.9 m³ dan dipasangkan dengan 11 unit dump truck 7 m³ dengan biaya sebesar Rp.218.842.924,-. Waktu pelaksanaan yang dibutuhkan adalah 17 hari. Setelah itu kombinasi IV dengan menggunakan 1 unit excavator 1.2 m³ dan dipasangkan dengan 11 unit dump truck 7 m³ dengan biaya sebesar Rp.229.275.471,-. Waktu pelaksanaan yang dibutuhkan adalah 14 hari untuk excavator dan dump truck. Selanjutnya adalah kombinasi II dengan menggunakan 1 unit excavator 0.9 m³ dan dipasangkan dengan 15 unit dump truck 4 m³ dengan biaya sebesar Rp.248.265.150,-. Waktu pelaksanaan yang dibutuhkan adalah 17 hari. Dan yang terakhir adalah kombinasi I dengan menggunakan 2 unit excavator 0.95m³ dan dipasangkan dengan 14 unit dump truck 4 m³ dengan biaya sebesar Rp. Rp.272,603,733,-. Waktu pelaksanaan yang dibutuhkan adalah 20 hari.

Kata kunci: alat berat, biaya, cut & fill, metode simplex, penggalian, pengangkutan

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan dunia konstruksi pada zaman ini mengakibatkan semakin tingginya penggunaan dan kebutuhan akan alat berat pada setiap pekerjaan konstruksi. Dalam bidang teknik sipil, alat-alat berat digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan struktur bangunan. Alat berat pun saat ini seakan merupakan sumber daya vital pada proyek konstruksi (Peurifory, 2006). Tujuan dari penggunaan alat-alat berat tersebut untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah pada waktu yang relatif singkat.

Pada saat suatu proyek akan dimulai, kontraktor akan memilih alat berat yang akan digunakan diproyek tersebut. pemilihan alat berat yang akan dipakai merupakan salah satu faktor

penting dalam keberhasilan suatu proyek. Pada pekerjaan tanah dikarenakan adanya elevasi yang menyebabkan permukaan tanah menjadi tidak rata dan menimbulkan permasalahan ketika akan memulai pekerjaan konstruksi, sehingga sebelum memulai pekerjaan konstruksi maka pertamanya harus dilakukan pekerjaan cut & fill.

Pekerjaan cut & fill adalah proses pemindahan tanah atau batuan dari lokasi galian ke lokasi timbunan dan memprosesnya sehingga memenuhi persyaratan konstruksi di lokasi seperti ketinggian dan kepadatan.

Untuk mempermudah pekerjaan cut & fill, biasanya peralatan yang biasa digunakan adalah excavator dan dump truck, yang terkadang dalam pemilihan penggunaan peralatan-peralatan tersebut dinilai kurang optimal dan tidak efektif karena tidak sesuai dengan kondisi medan di lapangan atau banyaknya volume pekerjaan. Alat berat yang dipilih haruslah tepat baik jenis, ukuran maupun jumlahnya.

Ketepatan dalam pemilihan alat berat akan memperlancar jalannya proyek. Penggunaan peralatan yang kurang optimal hanya akan membuat biaya dari pekerjaan cut & fill bertambah besar dan juga keterlambatan penyelesaian proyek dapat terjadi, sehingga membuat pekerjaan konstruksi mengeluarkan biaya yang tidak seharusnya dikeluarkan. Dengan demikian perencanaan pemilihan alat berat harus dilakukan dengan cermat agar efektifitas penggunaan alat berat yang optimal dengan biaya yang minimal dan waktu yang dicapai sesuai dengan perencanaan.

Batasan Masalah

1. Harga upah dan sewa alat berat disesuaikan pada provinsi Sulawesi utara.
2. Alat yang ditinjau menggunakan sistem sewa.
3. Alat berat yang akan dianalisis sesuai dengan yang tersedia di lokasi proyek.

Tujuan Penelitian

Mengoptimalkan penggunaan alat berat terhadap biaya pekerjaan cut & fill dengan menggunakan program linear metode simpleks.

Manfaat Penelitian

1. Mengetahui tentang pemilihan alat berat pada pekerjaan cut & fill
2. Mengetahui mengenai perhitungan jumlah kebutuhan alat berat
3. Mengetahui mengenai perhitungan hasil produksi alat berat secara optimal

TINJAUAN PUSTAKA

Alat Berat

Alat-alat berat yang sering dikenal di dalam ilmu teknik sipil merupakan alat yang digunakan untuk membantu manusia dalam melakukan pekerjaan pembangunan suatu struktur bangunan. Alat berat merupakan faktor penting di dalam proyek, terutama proyek-proyek konstruksi, pertambangan dan kegiatan lainnya dalam skala besar. Tujuan dari penggunaan alat-alat berat tersebut adalah untuk memudahkan manusia dalam mengerjakan pekerjaannya, sehingga hasil yang diharapkan dapat tercapai dengan lebih mudah dengan waktu yang relatif lebih singkat (Rochmanhadi,1985).

Menurut (Rohman, 2003) melaksanakan suatu proyek konstruksi berarti menggabungkan berbagai sumber daya untuk menghasilkan

produk akhir yang diinginkan, pada proyek konstruksi kebutuhan untuk peralatan antara 7 – 15 % dari biaya proyek, peralatan konstruksi yang dimaksud adalah alat/peralatan yang diperlukan untuk melakukan pekerjaan konstruksi secara mekanis. Artinya pemanfaatan alat berat pada suatu proyek konstruksi dapat memberikan insentif pada efisiensi dan efektifitas pada tahap pelaksanaan maupun hasil yang dicapai.

Alat-Alat yang Digunakan dalam Cut & Fill

Excavator

Excavator atau sering disebut dengan Backhoe termasuk dalam alat penggali hidrolis memiliki bucket yang dipasang di depannya. Alat penggeraknya traktor dengan roda ban atau *crawler*. Backhoe bekerja dengan cara menggerakkan bucket ke arah bawah dan kemudian menariknya menuju badan alat.

Produktivitas Excavator

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{CT} (m^3/jam)$$

Waktu Siklus CT

$$R = (\text{Digging depth}/\text{Max.Spec digging depth}) \\ = \text{Kedalaman galian} / \text{Kemampuan Alat}$$

Sehingga waktu siklus yang diperhitungkan adalah:

$$Cta = Ct \times R \text{ (menit)}$$

Produksi persiklus (q)

$$q = ql \times K$$

dimana:

$$Q = \text{produksi perjam} (m^3/jam)$$

$$q = \text{produksi per siklus} (m^3)$$

$$CT = \text{waktu siklus (menit)}$$

$$E = \text{Job faktor}$$

$$ql = \text{Kapasitas bucket}$$

$$K = \text{Faktor bucket}$$

Produktivitas Dump Truk

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{cmt} (m^3/jam)$$

Waktu Siklus

$$Cmt = n \times (Cms + \frac{D}{V_1} + t1 + \frac{D}{V_2} + t2)$$

Produksi persiklus (q)

$$q = n \times ql \times K$$

dengan:

- Q = produksi perjam (m³/jam)
- q = produksi per siklus
- Cmt= waktu siklus dump truck (menit)
- E = job faktor
- n = jumlah siklus dari excavator mengisi dump truck
- ql = kapasitas bucket
- K = faktor bucket

Biaya Operasional

Biaya bahan bakar

$$BBM = (0.80 \times N \times S/E) \times H \text{ bbm (Rp/jam)}$$

dengan:

- N = tenaga alat
- S = kebutuhan spesifik bahan bakar
= 0.22 liter/ HP jam untuk mesin bensin
= 0.55 liter/ HP jam untuk mesin solar
- Hbbm = Harga BBM
- E = Job faktor alat yang dipengaruhi pengopersian alat, nilainya sama dengan job faktor yang ditetapkan pada perhitungan produksi

Program Linear Metode Simpleks

Metode simpleks pertama kali diperkenalkan oleh George B. Dantzig pada tahun 1947 dan telah diperbaiki oleh beberapa ahli lain. Metode penyelesaian dari metode simpleks ini melalui perhitungan ulang (*iteration*) dimana langkah-langkah perhitungan yang sama diulang-ulang sebelum solusi optimal diperoleh dan merupakan metode yang umum digunakan untuk menyelesaikan seluruh problem program linier, baik yang melibatkan dua variabel keputusan maupun lebih dari dua variabel keputusan.

Metode simpleks merupakan sebuah metode lanjutan dari metode grafik. Metode grafik tidak dapat menyelesaikan persoalan manajemen yang memiliki variabel keputusan yang cukup besar, sehingga untuk menyelesaikannya dibutuhkan sebuah metode yang lebih kompleks yaitu dengan menggunakan program komputer QSB (Quantitative System For Business) atau menggunakan metode simpleks. Dalam kenyataannya penggunaan komputer lebih efisien, akan tetapi metode dasar yang digunakan dalam pengoperasian komputer tetap metode simpleks.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif dengan keterangan deskriptif. Yaitu metode penelitian dengan metode survey yang dalam mengumpulkan data dengan perlakuan seperti test atau wawancara terstruktur. Untuk mendukung teori dari survey perlu dilakukan studi perpustakaan terhadap teori-teori diatas dengan mengumpulkan literatur-literatur. Metode ini juga melihat studi kasus yang ada.

Metode Survey

Metode survey adalah penyelidikan yang diadakan untuk memperoleh fakta-fakta. Dalam metode ini juga dikerjakan evaluasi serta perbandingan terhadap hal-hal yang telah dikerjakan orang dalam menangani masalah serupa sehingga hasilnya dapat digunakan dalam pembuatan rencana dan pengambilan keputusan di masa datang.

Studi Kepustakaan

Studi kepustakaan dilakukan dengan mencari data informasi dari beberapa penelitian dan literatur-literatur yang berkaitan dengan tata letak fasilitas dan juga tentang alat-alat berat untuk mendukung penelitian ini. Studi kepustakaan ini untuk mendapatkan macam dan kegunaan dari penempatan fasilitas proyek, spesifikasi dan jenis alat-alat berat, tata cara pemakaiannya pada proyek *cut & fill*, waktu siklus, dan faktor-faktor yang mempengaruhi efektifitas alat berat.

Studi Kasus

Studi kasus adalah penelitian yang bertujuan memberikan gambaran secara detail tentang latar belakang, sifat, maupun karakter yang khas dari suatu kasus. Dalam hal ini disusun hal-hal yang harus dilakukan dengan tujuan untuk efektifitas waktu dan pekerjaan penelitian ini.

Tahapan ini meliputi kegiatan, antara lain:

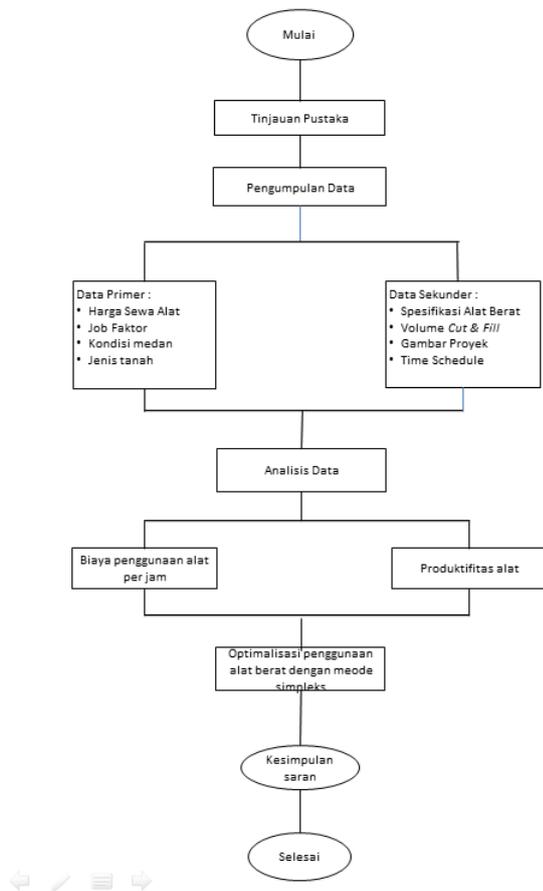
1. Survey lokasi untuk mendapatkan gambaran umum proyek
2. Menentukan kebutuhan data
3. Studi pustaka terhadap materi desain
4. Jadwal pemakaian alat-alat berat
5. Aktifitas-aktifitas yang menggunakan alat-alat berat
6. Efektifitas penggunaan alat-alat berat pada aktifitas terhadap durasi

Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data adalah suatu proses pengadaan data primer untuk keperluan penelitian. Pengumpulan data merupakan langkah penting dalam metodologi ilmiah, karena pada umumnya data yang dikumpulkan akan digunakan.

Selanjutnya bila dilihat dari segi cara atau teknik pengumpulan data, maka teknik pengumpulan data dilakukan dengan 2 tahap yaitu interview (wawancara) dan observasi (pengamatan).

Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Lapangan

Pada studi kasus proyek pembangunan perumahan *holland boulevard* Manado yang berlokasi di Kecamatan paniki I, Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara ini memiliki kriteria tanah lempung organik selain itu lokasi ini dulunya bekas perkebunan. Untuk meratakan tanah tersebut diambil elevasi rencana 1 m dan

untuk keseluruhan luas lokasi pembangunan perumahan *Holland Boulevard* Lippo Manado adalah 20.750 m². Dalam proses pekerjaan meratakan tanah ini diperlukan beberapa alat berat antara lain excavator, dump truck yang berfungsi untuk mendukung dan mempermudah pekerjaan ini. Excavator digunakan untuk menggali tanah yang diatas 1 meter, dump truck digunakan untuk meangkut tanah ke lokasi pembuangan,



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Produktivitas Alat

Excavator

Dimana pada perhitungan ini dihitung 3 buah excavator dengan kapasitas bucket 1,2 m³, 0.9 m³ dan 0.5 m³. Excavator tersebut digunakan sebagai alat penggali dan pemuat dilokasi pekerjaan.

Excavator dengan kapasitas bucket 0,5 m³

- Produksi Excavator : $Q_e = \frac{q \times 60 \times E}{CT}$
- Perhitungan job faktor:
 - a. Faktor gabungan cuaca dan operator (FCO) digunakan 0,85 (Tabel 2.7). Dikarenakan cuaca dilokasi proyek terang, panas, dan berdebu. Dan operator diasumsikan baik.
 - b. Faktor gabungan alat dan medan (FAM) digunakan 0.805 (Tabel 2.4). Pada kondisi ini alat diasumsikan dalam kategori ringan.
 - c. Faktor material (FM) diambil 1,20 (Tabel 2.5). Pada pekerjaan ini tingkat pekerjaan yang dilakukan excavator adalah mudah.
 - d. Faktor besaran traksi (FBT) diambil 0.9 (Tabel 2.6). Pada pekerjaan ini jenis permukaan tanah liat lempung.

Sehingga job faktor :

$$\begin{aligned}
 E &= FCO \times FAM \times FM \times FBT \\
 &= 0.783 \times 0.805 \times 1.20 \times 0.9 \\
 &= 0.681
 \end{aligned}$$

- Waktu siklus
Dalam beroperasi, excavator pada pemuatan material melakukan empat gerakan/ empat komponen waktu yaitu :
a. waktu mengisi bucket
b. waktu putar bermuatan
c. waktu membongkar beban
d. waktu putar kosong

Waktu siklus (CT) adalah gabungan dari keempat komponen waktu gerakan tersebut. Dalam tugas akhir ini diambil pada tabel 2.8 Yaitu sebesar 0,28 menit dengan asumsi sudut buang 180 dan kapasitas bucket 0.5 m³.

Faktor kedalaman galian juga mempengaruhi waktu siklus. Faktor kedalaman galian dapat dihitung dengan rumus :

$$R = \frac{4}{4} = 100 \%$$

$$R = 1.10 \text{ (Tabel 2.9)}$$

Jadi waktu siklus = 0.28 x 1.10 = 0.308 menit
Sehingga produksi excavator perjam dapat dihitung sebagai berikut:

$$Qe = \frac{q \times 60 \times E}{CT}$$

$$Qe = \frac{(ql \times K) \times 60 \times E}{CT}$$

$$Qe = \frac{(0.5 \times 0.6) \times 60 \times 0.681}{0.308}$$

$$= 39.784 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Excavator dengan kapasitas bucket 0,9 m³

- Produksi Excavator : $Q = \frac{q \times 60 \times E}{CT}$
- Perhitungan job faktor:
 - a. Faktor gabungan cuaca dan operator (FCO) digunakan 0,85 (Tabel 2.7). Dikarenakan cuaca dilokasi proyek terang, panas, dan berdebu. Dan operator diasumsikan baik.
 - b. Faktor gabungan alat dan medan (FAM) digunakan 0.805 (Tabel 2.4). Pada kondisi ini alat diasumsikan dalam kategori ringan.
 - c. Faktor material (FM) diambil 1,20 (Tabel 2.5). Pada pekerjaan ini tingkat pekerjaan yang dilakukan excavator adalah mudah.
 - d. Faktor besaran traksi (FBT) diambil 0.9 (Tabel 2.6). Pada pekerjaan ini jenis permukaan tanah liat lempung.

Sehingga job faktor :

$$E = FCO \times FAM \times FM \times FBT$$

$$= 0.783 \times 0.805 \times 1.20 \times 0.9$$

$$= 0.681$$

- Waktu siklus
Dalam beroperasi, excavator pada pemuatan material melakukan empat gerakan/ empat komponen waktu yaitu :
a. waktu mengisi bucket

- b. waktu putar bermuatan
- c. waktu membongkar beban
- d. waktu putar kosong

Waktu siklus (CT) adalah gabungan dari keempat komponen waktu gerakan tersebut. Dalam penelitian ini diambil pada tabel 2.8. Yaitu sebesar 0,35 menit dengan asumsi sudut buang 180 dan kapasitas bucket 0.9 m³.

Faktor kedalaman galian juga mempengaruhi waktu siklus. Faktor kedalaman galian dapat dihitung dengan rumus :

$$R = \frac{400}{900} = 44 \%$$

$$R = 0,80 \text{ (Tabel 2. 8)}$$

Jadi waktu siklus = 0.35 x 0.80 = 0.31 menit
Sehingga produksi excavator perjam dapat dihitung sebagai berikut:

$$Qe = \frac{q \times 60 \times E}{CT}$$

$$Qe = \frac{(ql \times K) \times 60 \times E}{CT}$$

$$Qe = \frac{(0.9 \times 0.6) \times 60 \times 0.681}{0.31}$$

$$= 88.935 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Excavator dengan kapasitas 1.2 m³

- Produksi Excavator : $Q = \frac{q \times 60 \times E}{CT}$
- Perhitungan job faktor:
 - a. Faktor gabungan cuaca dan operator (FCO) digunakan 0,85 (Tabel 2.7). Dikarenakan cuaca dilokasi proyek terang, panas, dan berdebu. Dan operator diasumsikan baik.
 - b. Faktor gabungan alat dan medan (FAM) digunakan 0.805 (Tabel 2.4). Pada kondisi ini alat diasumsikan dalam kategori ringan.
 - c. Faktor material (FM) diambil 1,20 (Tabel 2.5). Pada pekerjaan ini tingkat pekerjaan yang dilakukan excavator adalah mudah.
 - d. Faktor besaran traksi (FBT) diambil 0.9 (Tabel 2.6). Pada pekerjaan ini jenis permukaan tanah liat lempung.

Sehingga job faktor :

$$E = FCO \times FAM \times FM \times FBT$$

$$= 0.783 \times 0.805 \times 1.20 \times 0.9$$

$$= 0.681$$

- Waktu siklus
Dalam beroperasi, excavator pada pemuatan material melakukan empat gerakan/empat komponen waktu yaitu :
a. waktu mengisi bucket
b. waktu putar bermuatan
c. waktu membongkar beban
d. waktu putar kosong
Waktu siklus (CT) adalah gabungan dari keempat komponen waktu gerakan tersebut. Dalam tugas akhir ini diambil pada tabel 2.8.

Yaitu sebesar 0,35 menit dengan asumsi sudut buang 180 dan kapasitas bucket 1.2 m³.

Faktor kedalaman galian juga mempengaruhi waktu siklus. Faktor kedalaman galian dapat dihitung dengan rumus:

$$R = \frac{400}{900} = 44 \%$$

$$R = 0,80 \text{ (Tabel 2.8)}$$

Jadi waktu siklus = 0.35 x 0.80 = 0.31 menit

Sehingga produksi excavator perjam dapat dihitung sebagai berikut:

$$Q_e = \frac{q \times 60 \times E}{CT}$$

$$Q_e = \frac{(ql \times K) \times 60 \times E}{CT}$$

$$Q_e = \frac{(1.2 \times 0.6) \times 60 \times 0.681}{0.31} = 105.208 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Produksi dump truck

Dalam pengerjaan dilapangan excavator membutuhkan bantuan dump truck sebagai alat untuk membuang material galian/timbunan ke lokasi pekerjaan. adapun beberapa jenis ukuran dump truck yang akan dihitung produktivitasnya yaitu dump truck dengan kapasitas 4m³ dan 7m³.

- Produksi Excavator : $Q_p = \frac{q \times 60 \times E}{CT}$
- Perhitungan job faktor:
 - a. Faktor gabungan cuaca dan operator (FCO) digunakan 0.783 (Tabel 2.4). Dikarenakan cuaca dilokasi proyek terang, panas, dan berdebu. Dan operator diasumsikan baik.
 - b. Faktor gabungan alat dan medan (FAM) digunakan 0.805 (Tabel 2.3). Pada kondisi ini alat diasumsikan dalam kategori ringan.
 - c. Faktor material (FM) diambil 1,20 (Tabel 2.5). Pada pekerjaan ini tingkat pekerjaan yang dilakukan excavator adalah mudah.
 - d. Faktor besaran traksi (FBT) diambil 0.56 (Tabel 2.2). Pada pekerjaan ini jenis permukaan tanah datar tanpa perkerasan.

Sehingga job faktor :

$$E = FCO \times FAM \times FM \times FBT = 0.783 \times 0.805 \times 1.20 \times 0.56 = 0.514$$

No	Kapasitas Dump Truck (CD)	Kapasitas bucket excavator (qE)	K	Waktu siklus excavator (CTE)	Jumlah siklus excavator mengisi dump truck (n)	Waktu excavator untuk mengisi dump truck
1	4 m ³	0.5 m ³	0.6	0.31	13.333	4.107
2	4 m ³	0.9 m ³	0.6	0.25	7.407	1.837
3	4 m ³	1.2 m ³	0.6	0.28	5.556	1.556
4	7 m ³	0.5 m ³	0.6	0.31	23.333	7.187
5	7 m ³	0.9 m ³	0.6	0.25	12.963	3.215
6	7 m ³	1.2 m ³	0.6	0.28	9.722	2.722

- a. Waktu untuk mengangkut material D/V1
 - Jarak angkut dump truck (D) = 4 km
 - Kecepatan rata-rata dump truck bermuatan (V1) = 40 km/jam
 - Jadi waktu untuk mengangkut material = $\frac{4}{40} \times 60 = 6 \text{ menit}$
- b. Waktu yang dibutuhkan untuk posisi pengisian
 - Waktu buang = 2 menit
 - Waktu tunggu = 0.5 menit
 - Diambil dari tabel 2.10 waktu buang dan waktu tunggu, dimana kondisi lapangan adalah kurang, yaitu pembuangan bebas memerlukan waktu untuk mengatur posisi pembuangan dan antrian lebih dari dua unit.
- c. Waktu kembali D/V2
 - Jarak angkut dump truck (D) = 10 km
 - Kecepatan rata-rata dump truck bermuatan (V1) = 60 km/jam
 - Jadi waktu untuk mengangkut material = $\frac{10}{60} \times 60 = 10 \text{ menit}$
- Jadi waktu siklus :

$$CTD = n \times CTE + \frac{D1}{V1} + t1 + \frac{D2}{V2} + t2 = 4.107 + 6 + 10 + 2 + 0.5 = 22.607 \text{ menit}$$

No	Kapasitas Dump Truck	Kapasitas Bucket Excavator	K	Waktu Siklus Excavator (CT)	Jumlah Siklus Excavator mengisi dump truck (n)	Waktu Excavator untuk mengisi dump truck	Waktu angkut material $\frac{D}{V1}$
1.	4 m ³	0.5 m ³	0.6	0.308	13.333	4.107	6
2.	4 m ³	0.9 m ³	0.6	0.248	7.407	1.837	6
3.	4m ³	1.2 m ³	0.6	0.280	5.556	1.556	6

Waktu bongkar material (t1)	Waktu Kembali $\frac{D}{V2}$	Waktu yang diperlukan dump truck ke posisi pengisian (t2)	Job faktor dump truck (E)	Waktu Siklus dump truck (CT)	Produksi Dump Truck (Qp)
2	10	0.5	0.514	22.607	5.458 m ³ /jam
2	10	0.5	0.514	20.337	6.067 m ³ /jam
2	10	0.5	0.514	20.056	6.152 m ³ /jam

No	Kapasitas Dump Truck	Kapasitas Bucket Excavator	K	Waktu Siklus Excavator (CT)	Jumlah Siklus Excavator mengisi dump truck (n)	Waktu Excavator untuk mengisi dump truck	Waktu angkut material $\frac{D}{V1}$
1.	7 m ³	0.5 m ³	0.6	0.308	23.333	7.187	8
2.	7 m ³	0.9 m ³	0.6	0.248	12.963	3.215	8
3.	7 m ³	1.2 m ³	0.6	0.280	9.722	2.722	8

Waktu bongkar material (t1)	Waktu Kembali $\frac{D}{V2}$	Waktu yang diperlukan dump truck ke posisi pengisian (t2)	Job faktor dump truck (E)	Waktu Siklus dump truck (CT)	Produksi Dump Truck (Qp)
2	12	0.5	0.514	29.687	7.273 m ³ /jam
2	12	0.5	0.514	25.715	8.396 m ³ /jam
2	12	0.5	0.514	25.222	8.560 m ³ /jam

Kombinasi Penggunaan Alat Berat

Kombinasi alat berat yang akan digunakan dalam perhitungan kali ini digunakan 4 buah kombinasi yaitu:

- a. Kombinasi I :
 - 2 unit excavator berkapasitas 0,5 m³
 - 14 unit dump truck berkapasitas 4 m³
- b. Kombinasi II :
 - 1 unit excavator berkapasitas 0,9 m³
 - 14 unit dump truck berkapasitas 4 m³
- c. Kombinasi III :
 - 1 unit excavator berkapasitas 0,9 m³
 - 11 unit dump truck berkapasitas 7 m³
- d. Kombinasi IV :
 - 1 unit excavator berkapasitas 1,2 m³
 - 12 unit dump truck berkapasitas 7 m³

Perhitungan Biaya Sewa Alat dengan Metode Simpleks

Kombinasi I

- 2 Unit Excavator 0.5 m³
- 14 Unit Dump Truck 4 m³

Excavator

Biaya Sewa alat	Rp. 200.000
Biaya Operator	Rp. 210.00/Hari
Biaya Bahan Bakar	$\frac{0,80 \times 88 \times 0,15}{0,681} \times 11.000 = Rp.170.600$
Biaya	$((200.000 + 170.600 \times 8) + Rp.210.000) = Rp.3.170.000$
Jumlah Excavator	2 Unit
Total Biaya	Rp. 6.340.000

Tabel 4.10 Biaya sewa alat berat excavator 0.5 m³ Kombinasi I

Dump truck

Biaya Sewa alat	Rp. 600.000/Hari
Biaya Bahan bakar	$\frac{0,80 \times 120 \times 0,15}{0,424} \times 11.000 = Rp.373.580$
Biaya	Rp.973.684
Jumlah dump truck	14
Total Biaya	Rp.13.630.188

VB	X1	X2	S1	S2	NK
Z	0	7.290.188	-	1.703.733	272.603.773
X1	0	2.13	1	5.24	10317
X2	1	1	0	0.125	20

Pada iterasi 1 terlihat bahwa koefisien fungsi tujuan sudah tidak ada lagi yang mempunyai nilai negatif, dan ini menunjukkan penyelesaian persoalan program linear dengan metode simpleks sudah mencapai optimum dengan hasil:

$X1 = 10317, X2 = 20$
 dengan $Z = Rp. 272.603.773$

Kombinasi II

- 1 Unit Excavator 0.9 m³
- 15 Unit Dump Truck 4 m³

Excavator

Biaya Sewa alat	Rp. 275.000
Biaya Operator	Rp. 210.00/Hari
Biaya Bahan Bakar	$\frac{0,80 \times 147 \times 0,15}{0,681} \times 11.000 = Rp.285.000$
Biaya	$((Rp.275.000 + 285.000) \times 8) + Rp.210.000) = Rp.4.690.000$
Jumlah Excavator	1 Unit
Total Biaya	Rp.4.690.000

Dump truck

Biaya Sewa alat	Rp. 600.000/Hari
Biaya Bahan bakar	$\frac{0,80 \times 120 \times 0,15}{0,424} \times 11.000 = Rp.373.580$
Biaya	Rp.973.684
Jumlah dump truck	15
Total Biaya	Rp.14.603.773

Tabel 4.15 Biaya sewa alat berat dump truck 4 m³ Kombinasi II

VB	X1	X2	S1	S2	NK
Z	0	9.913.773	-	1.825.471	248.264.150
X1	0	2.07	1	11.38	10405
X2	1	1	0	0.125	17

Pada iterasi 1 terlihat bahwa koefisien fungsi tujuan sudah tidak ada lagi yang mempunyai nilai negatif, dan ini menunjukkan penyelesaian persoalan program linear dengan metode simpleks sudah mencapai optimum dengan hasil:

$X1 = 10405, X2 = 17$
dengan $Z = \text{Rp. } 248.264.150$

Kombinasi III

- 1 Unit Excavator 0.9 m³
- 11 Unit Dump Truck 7 m³

Excavator

Biaya Sewa alat	Rp. 275.000
Biaya Operator	Rp. 210.00/Hari
Biaya Bahan Bakar	$\frac{0,80 \times 147 \times 0,15}{0,681} \times 11.000 = \text{Rp. } 285.000$
Biaya	$((\text{Rp.}275.000 + 285.000) \times 8) + \text{Rp.}210.000 = \text{Rp.}4.690.000$
Jumlah Excavator	1 Unit
Total Biaya	Rp.4.690.000

Tabel 4.10 Biaya sewa alat berat excavator 0.9 m³ Kombinasi III

Dump truck

Biaya Sewa alat	Rp. 750.000/Hari
Biaya Bahan bakar	$\frac{0,80 \times 135 \times 0,15}{0,424} \times 11.000 = \text{Rp. } 420.283$
Biaya	Rp.1.170.283.02
Jumlah dump truck	11
Total Biaya	Rp.12.873.113

Tabel 4.11 Biaya sewa alat berat dump truck 7 m³ Kombinasi III

VB	X1	X2	S1	S2	NK
Z	0	8.183.113	-	1.609.139	218.842.924
X1	0	3.43	1	11.55	10.377
X2	1	1	0	0.125	17

Pada iterasi 1 terlihat bahwa koefisien fungsi tujuan sudah tidak ada lagi yang mempunyai nilai negatif, dan ini menunjukkan penyelesaian persoalan program linear dengan metode simpleks sudah mencapai optimum dengan hasil:

$X1 = 10377, X2 = 17$
dengan $Z = \text{Rp. } 218.842.924$

Kombinasi IV

- 1 Unit Excavator 1.2 m³
- 14 Unit Dump Truck 4 m³

Excavator

Biaya Sewa alat	Rp. 300.000
Biaya Operator	Rp. 210.00/Hari
Biaya Bahan Bakar	$\frac{0,80 \times 168 \times 0,15}{0,681} \times 11.000 = \text{Rp. } 286.900$
Biaya	$(\text{Rp.}300.000 + 286.900) \times 8 + \text{Rp.}210.000 = \text{Rp.}4.680.000$
Jumlah Excavator	1 Unit
Total Biaya	Rp. 4.680.000

Tabel 4.14 Biaya sewa alat berat excavator 1.2 m³ Kombinasi IV

Dump truck

Biaya Sewa alat	Rp. 750.000/Hari
Biaya Bahan bakar	$\frac{0,80 \times 135 \times 0,15}{0,424} \times 11.000 = \text{Rp. } 420.283$
Biaya	Rp.1.170.283.02
Jumlah dump truck	14
Total Biaya	Rp.16.383.962

Tabel 4.15 Biaya sewa alat berat dump truck 7 m³ Kombinasi IV

VB	X1	X2	S1	S2	NK
Z	0	11.493.952	-	2.047.955	229.375.471
X1	0	30.91	1	14.98	10248
X2	1	1	0	0.125	14

Pada iterasi 1 terlihat bahwa koefisien fungsi tujuan sudah tidak ada lagi yang mempunyai nilai negatif, dan ini menunjukkan penyelesaian persoalan program linear dengan metode simpleks sudah mencapai optimum dengan hasil:

$X1 = 10248, X2 = 14$
dengan $Z = \text{Rp. } 229.375.471$

Pemilihan penggunaan alat berat

Setelah dilakukan perhitungan dari masing-masing kombinasi alat yang telah direncanakan sebelumnya, diperoleh waktu yang dibutuhkan oleh alat berat untuk mengerjakan pekerjaan galian tanah dan biaya dari setiap kombinasi.

Kombinasi	Alat yang digunakan	Waktu Pengerjaan	Total Biaya
I	- 2 unit Excavator 0.5 m ³	20 Hari	Rp.272.603.733,-
	- 14 unit dump truck 4 m ³	20 Hari	
II	- 1 unit Excavator 0.9 m ³	17 Hari	Rp.248.265.150,-
	- 15 unit dump truck 4 m ³	17 Hari	
III	- 1 unit Excavator 0.9 m ³	17 hari	Rp.218.842.924,-
	- 11 unit dump truck 7 m ³	17 Hari	
IV	- 1 unit excavator 1.2 m ³	14 Hari	Rp.229.275.471,-
	- 14 unit dump truck 7 m ³	14 Hari	

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil analisis yang dilakukan dengan menggunakan metode simpleks dalam studi kasus ini maka mandapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Setelah menghitung produktifitas masing-masing alat, maka diperoleh penggunaan alat berat kombinasi III lebih optimal dibandingkan dengan kombinasi lainnya, yaitu dengan menggunakan 1 unit excavator 0.9 m³ dan 11 unit dump truck 7 m³ dengan waktu pengerjaan yang diperoleh 17 hari. Setelah itu kombinasi IV dengan menggunakan 1 unit excavator 1.2 m³ dan 14 unit dump truck 7 m³ dengan waktu pelaksanaan 14 hari. Lalu kombinasi II dengan menggunakan 1 unit excavator 0.9 m³ dan 15 unit dump truck 4 m³ dengan waktu pelaksanaan 17 hari. Dan terakhir kombinasi I dengan menggunakan 2 unit excavator 0.5 m³ dan 14 unit dump truck 4 m³ dengan waktu pelaksanaan 20 hari.

2. Dari hasil perhitungan biaya penggunaan alat berat maka di peroleh total biaya yang harus dikeluarkan untuk masing-masing kombinasi penggunaan alat. Kombinasi III merupakan biaya yang dikeluarkan paling sedikit yaitu dengan total biaya Rp.218.842.924,-. Lalu kombinasi IV dengan total biaya Rp.229.275.471,-. Kombinasi II dengan total biaya Rp.248.265.150,-. Dan yang terakhir kombinasi I Rp.272,603,733,-.

Saran

Berdasarkan dari penelitian ini maka diberikan saran sebagai berikut :

1. Bagi pihak kontraktor disarankan menggunakan kombinasi III sebagai kombinasi

penggunaan alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian dan timbunan tanah di proyek tersebut. yaitu dengan menggunakan 1 buah PC 200 dengan kapasitas bucket 0.9m³ dan dipasangkan dengan 11 unit dump truck 7 m³. Dimana dengan kombinasi waktu pelaksanaan dan biaya penggunaan alat dapat diminimalisir.

2. Untuk memperoleh hasil yang maksimal dalam penggunaan alat berat khususnya pada pekerjaan galian tanah pihak kontraktor perlu memperhatikan kombinasi antara kapasitas bucket dan produktifitas dump truck agar menghasilkan produktifitas secara maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

Asiyanto., 2008. *Manajemen Alat Berat untuk Konstruksi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Kaseke, O. H., 2008. *PTM penggunaan alat berat*, Universitas Sam Ratulangi, Manado.

Rochmanhadi, 1984. *Perhitungan Biaya Pelaksanaan Pekerjaan Menggunakan Alat-alat Berat*. Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.

Rochmanhadi, 1986. *Alat-alat berat dan penggunaannya*, Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta.

Rostiyanti, S.F. 2002. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.

Rostiyanti, S.F. 2008. *Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi*. Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.

Wedhanto, S., 2009. *Alat Berat dan Pindahkan Tanah Mekanis*, Universitas Negeri Malang

Wigroho,H.Y., & Suryadarma, 1993. *Pemindahan Tanah Mekanis*. Institut Teknologi Malang.

Wigroho,H.Y., & Suryadarma, 1998. *Alat-alat Berat*. Penerbit Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.

Yulianto D. Herry, Sutapa I Nyoman., 2005. *Riset Operasi dengan Excel*. Penerbit Andi, Yogyakarta.

Halaman ini sengaja dikosongkan