

Optimasi Biaya Alat Berat Menggunakan Metode Simpleks pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek Jalan Tol IKN Segmen Kkt. Kariangau-Sp.Tempadung

Sitti Febriyany Aldha. D¹, Ahmad Efendi², Muh. Chaiddir Hadjia³

^{1,2} Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Buton

e-mail: fahlan.efendi@gmail.com

Abstrak

Pekerjaan Pembangunan dalam bidang konstruksi akan selalu berkaitan dengan masalah tanah khususnya proyek Pembangunan Jalan Tol IKN Segmen KKT. Kariangau-Sp.Tempadung, pekerjaan utama yang dilakukan ialah galian dan timbunan, diperlukan alat berat seperti excavator, dumptruck, bulldozer, dan compactor untuk mempermudah pekerjaan. Potensi pembengkakan dana, jika tidak diperhitungkan maka, diperlukan optimalisasi biaya penggunaan alat berat untuk peningkatan efisiensi proyek. Penelitian ini bertujuan mengetahui biaya minimum penggunaan alat berat pekerjaan galian dan timbunan dengan menggunakan suatu metode matematika. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah Metode Simpleks. Hasil perhitungan optimal yang didapat untuk pekerjaan galian hanya membutuhkan 4 unit excavator dengan kapasitas 99,69 m³/jam dan 8 unit dumptruck kapasitas 40,91 m³/jam biaya optimal yang akan dibutuhkan Rp. 26.566.258.688 lebih rendah dari biaya awal Rp. 33.088.021.930, pada pekerjaan timbunan menggunakan 1 bulldozer dengan kapasitas 139,77 m³/jam dan 3 compactor kapasitas 60,78 m³/jam biaya optimal yang dibutuhkan Rp. 1.971.018.720 lebih rendah dari awal Rp. 2.080.000.000.

Kata kunci: *Alat berat, Biaya, Optimal, Metode Simpleks*

Abstract

Development work in the construction sector will always be related to land issues, especially the IKN Toll Road Construction project for the KKT Segment. Kariangau-Sp.Tempadung, the main work carried out is excavation and piles, heavy equipment such as excavators, dumptrucks, bulldozers, and compactors are needed to facilitate the work. The potential for fund overruns, if not taken into account, requires optimization of the cost of using heavy equipment to increase project efficiency. This study aims to determine the minimum cost of using heavy equipment for excavation and stockpile work using a mathematical method. The method used in this study is the Simplex Method. The optimal calculation results obtained for excavation work only require 4 units of excavators with a capacity of 99,69 m³/hour and 8 units of dumptrucks with a capacity of 40,91 m³/hour, the optimal cost that will be needed is Rp. 26.566.258.688 lower than the initial cost of Rp. 33.088.021.930, in the stockpile work using 1 bulldozer with a capacity of 139,77 m³/hour and 3 compactors with a capacity of 60,78 m³/hour, the optimal cost required is Rp. 1.971.018.720 lower than the initial Rp. 2.080.000.000

Keywords : *Heavy Equipment, Cost, Optimal, Simplex Method*

PENDAHULUAN

Ibu Kota Negara Nusantara dipindahkan dan ditetapkan di Kalimantan timur pada Tahun 2019, akibat konversi lahan yang terjadi di pulau jawa, pertumbuhan urbanisasi yang tinggi, ancaman bahaya banjir, gempa bumi, dan tanah turun di Jakarta, krisis air bersih, serta tingginya biaya logistic di Indonesia mencerminkan rendahnya tingkat konektivitas melalui jaringan jalan dan sarana transportasi(Forum, 2019). Hal tersebut tentunya berakibat meningkatnya pergerakan manusia yang menimbulkan banyak aktivitas, dimana mengharuskan sistem transportasi meningkat sehingga perlu dilakukannya pembangunan Jalan Tol IKN. Penelitian terhadap

peningkatan system transportasi ini juga telah dilakukan pada daerah Malang dimana penelitian tersebut merencanakan jalur interchange dari mainroad di jalan tol Pandaan-Malang menuju kota (Pradipta et al., 2020).

Kegiatan Pembangunan dalam konstruksi akan selalu berkaitan dengan masalah tanah. Dengan pekerjaan awal berupa pembersihan lahan, serta galian dan timbunan guna memberikan hasil sesuai elevasi perencanaan, untuk menjalankan proyek dengan volume yang besar tentunya dibutuhkan alat berat(Muhammad Maulana Akbar Sidiq, 2022). Khususnya proyek Pembangunan Jalan Tol IKN Segmen KKT.Kariangau-Sp. Tempadung Seksi 3B, pekerjaan ini diawali dengan pekerjaan galian dan timbunan dengan beberapa area yang tentunya membutuhkan alat berat untuk mempermudah terselesaikannya pekerjaan tersebut. Dalam penggunaan alat berat, perlu pemilihan alat berat yang tepat untuk menjalankan proyek, karena kesalahan dalam pemilihan alat berat dapat menyebabkan manajemen proyek menjadi kurang efektif dan efisien(Wibowo & Zacoeb, 2017). Selain pemilihan di butuhkan, penentuan jumlah optimal dan meminimalisir biaya yang di perlukan untuk pekerjaan tanah guna mendapatkan hasil yang optimal mengurangi pembengkakan biaya (Maddepung, 2018).

Untuk meminimalisir dan, mencegah pembengkakan dana, mempersingkat waktu pekerjaan, dibutuhkan strategi agar mendapatkan hal tersebut, dengan mengetahui kemampuan untuk menghasilkan barang/jasa atau disebut dengan produktivitas(Febrianti & Zulyaden, 2018). Diperlukannya peningkatan efisiensi penggunaan peralatan berat pada proses penggalian dan timbunan dengan maksud untuk mengatur dan merancang system pengoperasian peralatan digunakan di lapangan secara efektif sehingga pemantauan penggunaan alat berat dapat dilakukan secara efisien(Febrianti & Zakia, 2019).

Penggunaan software POM-QM dipilih untuk menjadi salah satu solusi untuk menghitung cepat dalam penggunaan program linear metode simpleks (Linear Programming) dimana program linear merupakan teknik matematika yang dirancang untuk membantu manajer operasi dalam merencanakan dan membuat keputusan yang diperlukan untuk mengalokasikan sumber daya (Teguh Sriwidadi; Erni Agustina, 2013). Metode simpleks guna memecahkan masalah dengan menghasilkan biaya seminimalisir mungkin dan jumlah alat berat yang optimal dengan tujuan awal mencegah terjadinya pembengkakan biaya (Ronald Martin Sokop, Tisano Tj. Arsjad, 2018)

Efisiensi biaya perlu dilakukan dalam pekerjaan pembangunan jalan tol IKN utamanya terkait penggunaan alat berat dalam pekerjaan galian dan timbunan pada proyek tersebut. Terkait hal tersebut, maka tujuan dari dilakukannya penelitian ini adalah untuk menganalisis biaya penggunaan alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan proyek jalan tol IKN segmen KKT Kariangau-SP.Tempadung.

METODE

Teknik Optimasi yang digunakan untuk meminimalkan biaya penggunaan alat berat dalam pekerjaan galian dan timbunan menggunakan metode simpleks. Metode ini membantu menemukan solusi optimal melalui permodelan matematis dan algoritma yang efisien.

Penerapan metode simpleks ini melibatkan beberapa langkah penting yaitu: 1). Pengumpulan data berupa data biaya sewa, biaya solar perliter, biaya operasional alat-alat berat, data volume pekerjaan galian timbunan, waktu pekerjaan galian dan timbunan, serta kondisi tanah di lokasi proyek. 2).Formulasi Masalah Dimana formulasi masalah ini terdiri dari 2 lagi yaitu fungsi tujuan untuk meminimalkan total biaya penggunaan alat berat dan yang kedua kendala meliputi kapasitas alat, waktu pekerjaan, volume tanah galian dan timbunan, anggaran yang sudah direncanakan untuk pekerjaan galian dan timbunan. 3). Model Matematika: Menyusun model linear mencakup semua variable dan kendala yang ada, kemudian dibantu dengan software optimasi yaitu POM-QM untuk menyelesaikan model simpleks. Penyelesaian permasalahan optimasi dalam programa linear dapat menggunakan software POM-QM guna membantu dalam pengambilan keputusan terkait optimasi (Erna Puji Astutik, Hanim Faizah, 2022). 4). Analisis hasil yaitu evaluasi hasil optimal dan perbandingan dengan metode perencanaan awal, dan identifikasi penghematan biaya

Langkah-langkah penyelesaian menggunakan metode simpleks dua fase, adalah sebagai berikut:

1. Langkah pertama adalah membentuk model matematika dan mengubah semua fungsi tujuan dan kendala((Notopasetyo Dwiputra, 2017). Setelah itu, model matematika fase 1 selesai, dilanjutkan dengan fase 2 yang sudah memiliki Solusi yang dicari. Adapun cara membuat permodelan matematika fungsi tujuan terbagi menjadi 2 yaitu biaya penggunaan alat berat pada pekerjaan galian dan biaya penggunaan alat berat pada pekerjaan timbunan dengan persamaan yang di bentuk pada fungsi tujuan dan Fungsi Kendala dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

Fungsi Tujuan

$$Z = \sum Ct . Xt$$

Keterangan :

Z = biaya penggunaan alat berat (Rp)

Ct = biaya penjumlahan harga sewa alat berat, biaya operator, biaya bahan bakar perjam (Rp/jam)

Xt = jam operasional pemakaian alat berat perjam (Rp)

Fungsi Kendala Biaya

$$Xb \leq Tm$$

Keterangan :

Xb = biaya operasinal alat berat per jam (Rp)

Tm = biaya maksimal per jam yang dikeluarkan oleh kontaktor (Rp)

Fungsi Kendala Waktu

$$Tw Xw \leq Tp$$

Keterangan :

Xw = alat berat

Tw = produktivitas alat berat

Tp = lama waktu yang ditentukan oleh proyek (jam)

Fungsi Kendala Jumlah Alat

$$XA \leq n$$

Keterangan :

XA= Alat Berat yang dihitung (buah)

n = Jumlah maksimal alat berat yang standby/ yang tersedia di lapangan (buah)

Fungsi Kendala Produksi Alat

$$piXA \geq Pw$$

Keterangan :

pi = produktivitas alat berat tipe i (m3/jam)

Xi = alat berat

Pw = produktivitas yang harus dicapai alat berat (m3/jam)

2. Setelah membuat model persamaan matematika, selanjutnya menginput semuanya kedalam aplikasi yang digunakan yaitu POM-QM
3. Aplikasi POM-QM akan mengeluarkan hasil/Solusi dari persamaan yang telah dibuat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan permodelan matematika pada pekerjaan galian. Alat yang di gunakan pada pekerjaan galian tentunya ada 2 jenis alat yaitu Excavator dan Dumptruck yang mana Excavator berfungsi untuk menggali tanah, mengambil dan memasukkan material tanah ke Dumptruck.

X_1 = Jumlah Excavator untuk Pekerjaan galian

X_2 = Jumlah Dumptruck untuk pekerjaan galian

Untuk pembayaran sewa/ jam(s), Pembayaran Operator/jam(t), pembayaran bahan bakar(u) diambil salah satu merek Excavator/Dumptruck yang akan di jadikan asumsi keseluruhan.

s = Rp. 275.000 (Excavator)

t = Rp. 25.000

u = Rp. 789.152

s = Rp. 234.000 (Dumptruck)

t = Rp. 25.000

u = Rp. 570.920

Maka, total Pembayaran sewa/jam Excavator = s + t + u = Rp. 1.089.152 dan Dumptruck Rp. 829.920, sehingga didapatkan persamaan tujuan untuk pekerjaan galian adalah meminimumkan biaya
 $Z_1 = 1.089.152 X_1 + 829.920 X_2$

Pembuatan pembatas Biaya

Pembatas biaya ini khusus pekerjaan galian, dengan waktu pekerjaan 365 hari dengan biaya Rp. 33.080.021.939, perlu diketahui bahwa biaya ini akan bisa berubah dikarenakan data biaya tersebut diambil pada tahun 2023 dengan setiap bulannya juga berbeda dikarenakan progres dan pekerjaan galian akan terus bertambah. Berdasarkan data diatas, biaya yang dikeluarkan pekerjaan galian per jamnya adalah

$$= \frac{\text{Biaya Khusus pekerjaan}}{\text{Waktu}} = \frac{\text{Biaya Khusus pekerjaan Galian}}{365 \text{ hari} \times 8 \text{ jam}}$$

$$= \frac{33.088.021.939}{2920} = \text{Rp. } 11.331.514,4 / \text{jam}$$

Maka, didapat persamaan kendala biaya adalah

$$1.089.152 X_1 + 829.920 X_2 \leq 11.331.514,4$$

Pembuat Pembatas Produksi Alat Berat

Produktivitas per jam Excavator dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \text{ m}^3/\text{jam}$$

Keterangan :

Q = Produktivitas (m³)

q = q₁ x K (produksi per siklus m³)

q₁ = Kapasitas Bucket = 1,8 m³

K = Bucket Factor = 0,8

E = Factor efisien kerja = 0,75

Menentukan nilai q

$$q = q_1 \times K$$

Keterangan :

q₁ = Kapasitas Bucket = 1,8 m³

K = Bucket Faktor = 0,8

$$q = q_1 \times K$$

$$= 1,8 \times 0,8$$

$$= 1,44 \text{ m}^3$$

Menentukan Nilai Cm (waktu siklus)

Cm = Waktu gali + (waktu putarx2) + waktu buang

Dimana :

Waktu gali = 13 detik (tabel 2.4)

Waktu putar = 8 detik (tabel 2.5)

Waktu buang = 10 detik (survey)

Jadi, Cm = Waktu gali + (waktu putarx2) + waktu buang

$$= 13 + (8 \times 2) + 10 = 39 \text{ detik} = 0,65 \text{ menit}$$

Maka, produksi excavator per jam:

$$Q = \frac{q \times 60 \times E}{Cm} \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$= \frac{1,44 \times 60 \times 0,75}{0,65}$$

$$= 99,69 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

Volume pekerjaan galian berdasarkan perencanaan yaitu 959.485 m³ Jadi produksi yang harus dicapai excavator untuk menyelesaikan pekerjaan galian biasa yaitu:

$$= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Waktu pekerja}} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{365 \text{ hari} \times 8 \text{ jam}} = \frac{959.485}{2920} = 328,59 \text{ m}^3/\text{Jam}$$

Produktivitas per jam sebuah Dumptruck dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{C \times 60 \times E}{Cmc}$$

Keterangan :

C = $n \times q1 \times K$ (produksi per siklus m3)

E = Efisiensi kerja = 0,75 (tabel 2.8)

q1 = Kapasitas bucket dari Excavator (m3)

K = Bucket Factor Excavator = 0,8

Cm = Waktu siklus (menit) = 11 (survey)

n = jumlah siklus yang dibutuhkan pemuat untuk memuat dumptruck

C1 = kapasitas rata-rata dumptruck (m3)

$$n = \frac{10}{1,8 \times 0,8} = 6,94$$

$$C = n \times q1 \times K = 6,94 \times 1,8 \times 0,8 = 10$$

Maka, produksi dumptruck per jam:

$$Q = \frac{10 \times 60 \times 0,75}{11} = 40,91 \text{ m3/jam}$$

Jadi produksi yang harus dicapai dumptruck untuk menyelesaikan pekerjaan galian tanah yaitu:

$$= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Waktu pekerja}} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{365 \text{ hari} \times 8 \text{ jam}} = \frac{959.485}{2920} = 328,59 \text{ m3/Jam}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan pertidaksamaan pada kendala produksi yaitu :

1. $99,69 X_1 \geq 328,59$
2. $40,91 X_2 \geq 328,59$

Batas Jumlah Alat Berat

Kendala jumlah alat berat ini diambil dari berapa banyak alat berat yang tersedia di lapangan, perlu di ketahui bahwa jumlah alat berat yang tersedia bisa saja berkurang dan bertambah.

Excavator X_1 yang dapat tersedia di lapangan 9

Dumptruck X_2 yang dapat tersedia dilapangan 15

Maka, persamaan kendala jumlah alat berat yang tersedia di lapangan:

1. $X_1 \leq 9$
2. $X_2 \leq 15$

Batas Waktu Alat Berat

Mengetahui waktu yang dibutuhkan alat berat untuk menyelesaikan pekerjaan galian, tentunya harus mengetahui produktivitas alat-alat berat yang digunakan dalam pekerjaan galian.

Waktu yang diperlukan Excavator untuk menyelesaikan pekerjaan galian:

$$= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produksi } X_1} = \frac{959.485,2}{99,69 X_1} = \frac{9624,68}{X_1} \text{ jam}$$

Sedangkan, waktu yang diperlukan Dumptruck untuk menyelesaikan pekerjaan:

$$= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produksi } X_2} = \frac{959.485,2}{40,91 X_2} = \frac{23454}{X_2} \text{ jam}$$

Dari perhitungan diatas, di peroleh persamaan terhadap kendala waktu yaitu:

1. $\frac{9624,68}{X_1} \leq 2920 = 2920 X_1 \geq 9624,68$
2. $\frac{23454}{X_2} \leq 2920 = 2920 X_2 \geq 23454$

Dari semua persamaan diatas yang telah dihitung kemudian diinput kedalam software POM-QM untuk menemukan solusi optimal dengan bantuan tersebut

Hasil Analisa menggunakan metode simpleks pada pekerjaan galian menggunakan software POM-QM adalah sebagai berikut:

Optimalisasi Pekerjaan Galian Solution					
	X1	X2		RHS	Dual
Minimize	1089152	829920			
Biaya Galian	1089152	829920	<=	11331510	0
Produksi X1	99.69	0	>=	328.59	0
Produksi X2	0	40.91	>=	328.59	0
Jumlah Alat X1	1	0	<=	9	0
Jumlah Alat X2	0	1	<=	15	0
Waktu X1	2920	0	>=	9624.68	-373
Waktu X2	0	2920	>=	23454	-284.22
Solution->	3.3	8.03		10256060	

Gambar 1. Perhitungan Hasil Analisa POM-QM Pekerjaan Galian

Hasil analisa berdasarkan tabel diatas, untuk persoalan penentuan jumlah alat berat yang dibutuhkan pada pekerjaan galian, sebagai berikut:

- 4 buah Excavator
- 8 buah Dumptruck

Maka, biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan alat berat pekerjaan galian yaitu: 1.089.152

$$X_1 + 829.920 X_2$$

$$(1.089.152 \times 4) + (829.920 \times 8) = \text{Rp.}10.995.968/ \text{jam.}$$

Pembuatan permodelan matematika pada pekerjaan timbunan. Alat yang di gunakan pada pekerjaan timbunan yaitu Bulldozer dan Compactor

X_3 = Jumlah Bulldozer untuk pekerjaan galian

X_4 = Jumlah Compactor untuk pekerjaan galian

Untuk pembayaran sewa/ jam(s),Pembayaran Operator/jam(t),pembayaran bahan bakar(u) diambil salah satu merek Bulldozer/Compactor yang akan di jadikan asumsi keseluruhan.

s = Rp.325.000 (Bulldozer)

t = Rp. 25.000

u = Rp.473.060

s = Rp.225.000 (Compactor)

t = Rp. 25.000

u = Rp.305.200

Maka, total Pembayaran sewa/jam Bulldozer = s + t + u = Rp. 823.060 dan Compactor Rp. 555.200

Sehingga didapatkan persamaan tujuan untuk pekerjaan galian adalah meminimumkan biaya

$$Z_2 = 823.060 X_3 + 555.200 X_4$$

Pembuatan pembatas Biaya

Pembatas biaya ini khusus pekerjaan timbunan, dengan waktu pekerjaan 60 hari dengan biaya Rp. 2.080.000.000, perlu diketahui bahwa biaya ini akan bisa berubah dikarenakan data biaya tersebut diambil pada tahun 2023 dengan setiap bulannya juga berbeda dikarenakan progres dan pekerjaan galian akan terus bertambah. Berdasarkan data diatas, biaya yang dikeluarkan pekerjaan galian per jamnya adalah

$$= \frac{\text{Biaya Khusus pekerjaan}}{\text{Waktu}} = \frac{\text{Biaya Khusus pekerjaan Timbunan}}{60 \text{ hari} \times 8 \text{ jam}}$$

$$= \frac{2.080.000.000}{480} = \text{Rp. } 4.333.333 / \text{jam}$$

Maka, didapat persamaan kendala biaya adalah

$$823.060 X_3 + 555.200 X_4 \leq 4.333.333$$

Pembuat Pembatas Produksi Alat Berat

Produktivitas per jam Bulldoser dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$(Q) = \frac{KB \times 60 \times FK}{\left(\frac{J}{F}\right) + \left(\frac{J}{R}\right) + Z} \text{ m}^3/\text{jam}$$

Keterangan :

TP = Taksiran produksi (m³/jam)

KB = Kapasitas blade (m³)

FK = Faktor koreksi

J = Jarak dorong (m)

F = Kecepatan maju (m/menit)

R = Kecepatan mundur (m/menit)

Z = Waktu tetap (menit)

Produktivitas per jam suatu bulldozer dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

KB = Kapasitas blade (m³) = 5,81 m³

FK = Efisiensi kerja = 0,83

= Keterampilan operator = 0,83

= Konversi medan = 0,90

= Sehingga FK = 0,83 x 0,83 x 0,90

= 0,62

J = Jarak dorong = 20 m sesuai dengan data perusahaan

F = Kc. Maju = 1,5 km/jam = 25 m/menit

R = Kc. Mundur 2 km/jam = 33,33 m/menit

Z = Waktu tetap pindah perseneling= 0,30 menit

Maka produksi Bulldozer per jam :

$$\begin{aligned} (Q) &= \frac{KB \times 60 \times FK}{\left(\frac{J}{F}\right) + \left(\frac{J}{R}\right) + Z} \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= \frac{5,81 \times 60 \times 0,62}{\left(\frac{20}{25}\right) + \left(\frac{20}{33,33}\right) + 0,3} \text{ m}^3/\text{jam} \\ &= 139,77 \text{ m}^3 / \text{jam} \end{aligned}$$

Volume pekerjaan = 50.000 (ccm) x 1,25 (faktor konversi tanah) = 62.500 loose

Jadi waktu yang diperlukan bulldozer untuk menyelesaikan pekerjaan:

$$= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Waktu Pekerjaan}} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{60 \text{ hari} \times 8} = \frac{62.500}{480} = 130,21 \text{ m}^3 / \text{jam}$$

Produktivitas per jam sebuah Compactor dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$= \frac{(V \times (Le - Lo) + Lo) \times H \times E \times 60}{n}$$

Keterangan :

V = Kecepatan operasi (m/jam)

Le= Lebar efektif blade (m)

Lo= Lebar tumpang tindih (m)

E = Efisiensi operasi/kerja

W = Lebar efektif

H = Ketebalan lapisan yang diproses (m)

n = Jumlah lintasan

Produktivitas per jam suatu compactor dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

V = 2 km / jam = 2000 m/ jam

Le = 2,13 m

Lo = 0,2 (m)

E = 0,75

W = 1,93 m

H = 0,30 (m)

n = 10 lintasan

Maka produktivitas compactor per jam :

$$= \frac{(2000 \times (2,13 - 0,2) + 0,2) \times 0,30 \times 0,75 \times 60}{10}$$

= 60,78 m³ / jam

Jadi waktu yang dibutuhkan compactor untuk menyelesaikan pekerjaan:

$$= \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Waktu Pekerjaan}} = \frac{\text{Volume Pekerjaan}}{60 \text{ hari} \times 8} = \frac{62.500}{480} = 130,21 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan pertidaksamaan pada kendala produksi yaitu :

1. $139,77 X_3 \geq 130,21$
2. $60,78 X_4 \geq 130,21$

Batas Jumlah Alat Berat

Kendala jumlah alat berat ini diambil dari berapa banyak alat berat yang tersedia di lapangan, perlu di ketahui bahwa jumlah alat berat yang tersedia bisa saja berkurang dan bertambah.

Bulldozer X_3 yang dapat tersedia di lapangan 4

Dumptruck X_4 yang dapat tersedia dilapangan 3

Maka, persamaan kendala jumlah alat berat yang tersedia di lapangan:

1. $X_3 \leq 4$
2. $X_4 \leq 3$

Batas Waktu Alat Berat

Mengetahui waktu yang dibutuhkan alat berat untuk menyelesaikan pekerjaan timbunan, tentunya harus mengetahui produktivitas alat-alat berat yang digunakan dalam pekerjaan galian.

Waktu yang diperlukan Bulldozer untuk menyelesaikan pekerjaan galian:

$$= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produksi } X_3} = \frac{62.500}{139,77 \cdot X_3} = \frac{447,16}{X_3} \text{ jam}$$

Sedangkan, waktu yang diperlukan Compactor untuk menyelesaikan pekerjaan:

$$= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produksi } X_4} = \frac{62.500}{60,78 \cdot X_4} = \frac{1028,298}{X_4} \text{ jam}$$

Dari perhitungan diatas, di peroleh persamaan terhadap kendala waktu yaitu:

1. $\frac{447,17}{X_3} \leq 480 = 480 X_3 \geq 447,17$
2. $\frac{179,44}{X_4} \leq 480 = 480 X_4 \geq 1028,289$

Dari semua persamaan diatas yang telah dihitung kemudian diinput kedalam software POM-QM untuk menemukan solusi optimal dengan bantuan tersebut.

Optimalisasi Pekerjaan Timbunan Solution					
	X3	X4		RHS	Dual
Minimize	823060	555200			
Biaya Timbunan	823060	555200	<=	4333333	0
Produksi X3	139.77	0	>=	130.21	-5888.67
Produksi X4	0	60.78	>=	130.21	-9134.58
Jumlah Alat X3	1	0	<=	4	0
Jumlah Alat X4	0	1	<=	3	0
Waktu X3	480	0	>=	447.16	0
Waktu X4	0	480	>=	1028.3	0
Solution->	.93	2.14		1956179.0	

Gambar 2. Hasil Perhitungan Analisa POM-QM Pekerjaan Timbunan

Hasil analisa berdasarkan tabel diatas, untuk persoalan penentuan jumlah alat berat yang dibutuhkan pada pekerjaan galian biasa, sebagai berikut:

- a. 1 buah *Bulldozer*
- b. 3 buah *Compactor*

Maka, biaya yang dikeluarkan untuk penggunaan alat berat pekerjaan galian yaitu:

$$823.060 X_3 + 555.200 X_4$$

$$(823.060 \times 1) + (555.200 \times 3) = \text{Rp. } 2.488.660/\text{jam}$$

SIMPULAN

Hasil perhitungan dan analisa penggunaan alat berat menggunakan metode simpleks, yaitu: 1). Pekerjaan galian menggunakan 4 unit Excavator dengan kapasitas produksi 99,69 m³/jam dan 8 unit dumptruck kapasitas 40,91 m³/jam, biaya optimal dengan metode simpleks sebesar Rp. 10.995.968/jam, maka biaya yang dikeluarkan pada pekerjaan galian secara keseluruhan sebesar Rp. 26.566.258.688 lebih rendah 20% dari harga awal. 2). Pekerjaan timbunan menggunakan 1 Bulldozer dengan kapasitas 139,77 m³/jam dan 3 unit compactor kapasitas 60,68 m³/jam, biaya optimal dengan metode simpleks sebesar Rp. 2.488.660/jam, maka untuk biaya yang dikeluarkan keseluruhan pada pekerjaan timbunan ini secara keseluruhan sebesar Rp. 1.971.018.720 lebih rendah 5%.

DAFTAR PUSTAKA

- Erna Puji Astutik, Hanim Faizah, R. R. W. (2022). Penerapan Case Method Berbantuan Software Pom-Qm Dalam Pembelajaran Program Linier. *Pendidikan Matematika Dan Matematika*, 8.
- Febrianti, D., & Zakia. (2019). Analisis Durasi Dan Perhitungan Biaya Penyusutan (Depresiasi) Alat Berat Excavator. *Teknik Sipil*, 8.
- Febrianti, D., & Zulyaden, Z. (2018). Analisis Produktivitas Alat Berat Pada Pekerjaan Timbunan. *Jurnal Teknik Sipil Dan Teknologi Konstruksi*, 4(1). <https://doi.org/10.35308/Jts-Utu.V4i1.586>
- Forum, W. E. (2019). The Global Competitiveness Index Report 2010-2019. Geneva.
- Maddepung, A. (2018). Peningkatan Efisiensi Penggunaan Alat Berat Dalam Pembangunan Pelabuhan PT. Cemindo Gemilang. *Konstruksia*, 9, 1.
- Muhammad Maulana Akbar Sidiq. (2022). Analisis Pemilihan Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan. *Teknik Sipil*, 15, 1.
- Notopasetyo Dwiputra, D. (2017). *Optimalisasi Biaya Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Underpass Maijen Sungkono Surabaya*.
- Pradipta, B. A., Riskijah, S. S., & Lidyaningtyas, D. (2020). Optimasi Alat Berat Pekerjaan Mainroad Dan Interchange X Tol Pandaan-Malang. *Jurnal JOS-MRK*, 1(September), 84–90. <https://doi.org/10.55404/jos-mrk.2020.01.02.84-90>
- Ronald Martin Sokop, Tisano Tj. Arsjad, G. M. (2018). Analisa Perhitungan Produktivitas Alat Berat Gali-Muat (Excavator) Dan Alat Angkut (Dump Truck) Pada Pekerjaan Pematangan Lahan Perumahan Residence Jordan Sea. *Tekno*, 16.
- Teguh Sriwidadi; Erni Agustina. (2013). Analisis Optimalisasi Produksi Dengan Linear Programming Melalui Metode Simpleks. *Binus Business Review*, 4, 725–741.
- Wibowo, S. A., & Zacoeb, A. (2017). Kajian Biaya Penggunaan Alat Berat Untuk Pekerjaan Pengangkutan Dan Penimbunan Pada Proyek Perumahan Villa Bukit Tidar Malang Dengan Program Linier Metode Simpleks. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Brawijaya*, c.