



Optimasi Penggunaan alat berat pada Proyek Peningkatan Jalan Raya Ruas Dua Sorawolio ke Bukit Asri

Hendra Kundrad Susanto Rumbayan^{1*}, Sijono¹, Qiber Azim Faty¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Buton

*Korespondensi: agus_man8233@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pekerjaan tanah adalah bagian yang sangat penting dari proyek konstruksi besar. Metode kerja serta pemilihan alat berat yang tepat merupakan salah satu pemicu keberhasilan suatu proyek konstruksi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat optimasi dari penggunaan peralatan konstruksi pada pekerjaan peningkatan jalan raya Ruas Dua Sorawolio - Bukit Asri. Berdasarkan rumusan masalah, persamaan linear programming berisi Variabel keputusan Variabel keputusan yang dihasilkan dari besarnya biaya peralatan konstruksi per jam dari jumlah peralatan yang digunakan. Fungsi tujuan dibuat untuk menentukan biaya minimum yang ditimbulkan oleh pekerjaan tersebut. Variabel serta fungsi tujuan yang telah disusun kemudian akan di olah dengan menggunakan aplikasi bantu POM QM. Hasil dari penelitian ini dengan menggunakan Analisa linear programming dengan menggunakan aplikasi bantu POM QM, didapatkan solusi optimum biaya yang akan dikeluarkan oleh kontraktor untuk menyelesaikan pekerjaan yaitu Rp.1.384.659,00 per jam, atau 6% lebih rendah dari harga semula yakni sebesar Rp.1.626.467,00 dengan komposisi alat berat yakni 1 unit alat Excavator dan 2 unit alat Dump Truck

SEJARAH ARTIKEL

Diterbitkan 29 Desember 2022

KATA KUNCI

Peralatan Konstruksi, Optimasi, Linear Programming, POM QM

1. Pendahuluan

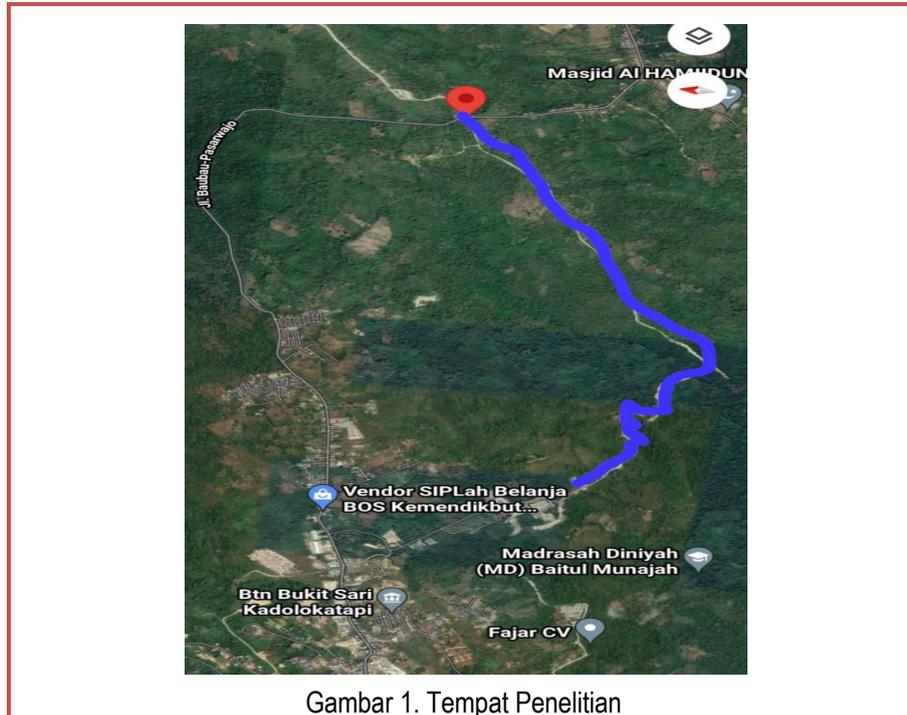
Pekerjaan tanah adalah bagian yang sangat penting dari proyek konstruksi besar. Pekerjaan tanah disini meliputi penggalian, penimbunan kembali, pemadatan dan pengangkutan. Manajemen perangkat berat diperlukan untuk mendukung kelancaran alur kerja. Dalam hal ini, pemilihan alat berat, pengaturan serta pengawasan alat berat di lokasi pekerjaan merupakan cara dalam manajemen alat berat itu sendiri. Pemilihan peralatan konstruksi berdampak sangat signifikan terhadap waktu dan keberhasilan pekerjaan konstruksi. perlu dilakukan pengukuran besaran yang dinyatakan dalam produktifitas alat agar dapat mengetahui waktu serta jumlah alat berat yang akan digunakan.

Metode kerja serta pemilihan alat berat yang tepat merupakan salah satu pemicu keberhasilan suatu proyek konstruksi. Pembengkakan biaya serta keterlambatan penyelesaian pekerjaan merupakan konsekuensi yang bisa ditimbulkan akibat kurang tepat dalam manajemen pada saat pelaksanaan pekerjaan. Pemilihan kombinasi peralatan konstruksi yang mempunyai kapasitas yang besar dapat mempercepat pelaksanaan pekerjaan tetapi membutuhkan biaya yang tinggi. Di lain sisi, tidaklah mudah menyusun komposisi peralatan konstruksi yang akan digunakan (Wibowo & Zacoeb, 2017). Penyelesaian pekerjaan lebih cepat dari jadwal dapat diartikan sebagai kurangnya pengelolaan penggunaan dan produktivitas alat berat, dan hal ini tentu saja menyebabkan peningkatan pendanaan, baik dalam bentuk pendanaan langsung maupun tidak langsung (Rumbayan et al., 2021). Membuat rumusan masalah ini terdiri dari mendapatkan solusi optimal untuk kendala atau batasan yang mempengaruhi masalah. Solusi optimal yaitu keuntungan yang besar atau biaya yang produksi yang rendah (Notoprasetyo, 2017). Pemrograman linier adalah metode matematika yang mengalokasikan biaya yang terbatas untuk mendapatkan tujuan seperti maksimalisasi keuntungan dan minimalisasi anggaran. Sedangkan metode simpleks adalah prosedur matematis yang dapat untuk mencari solusi optimal dari masalah program linier berdasarkan proses iterative (Qariatullailiyah & Indryani, 2013). Keputusan untuk mengoptimalkan penggunaan alat berat pada galian Proyek Peningkatan Jalan Raya Ruas Dua Sorawolio ke Bukit Asri dengan menggunakan analisis pemrograman linier mempertimbangkan perencanaan dan pelaksanaan penggunaan alat berat sebagai sumber daya yang penting. dalam proyek konstruksi.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi Proyek Peningkatan Jalan Raya Ruas Dua Sorawolio ke Bukit Asri terletak di Kec. Sorawolio-Bukit Asri Kota Baubau.



Gambar 1. Tempat Penelitian

2.2 Survey Pendahuluan

Untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan dalam pelaksanaan penelitian ini, maka sangat perlu dilakukan survei awal sebelum penelitian sebenarnya (Yusuf Arla et al., 2022). Survei awal ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

- Tentukan lokasi penelitian selama survei yang sebenarnya.
- Melakukan observasi lapangan terhadap kondisi operasional untuk menentukan teknis pelaksanaan penelitian yang akan digunakan.
- Pemeriksaan terhadap jumlah alat berat yang digunakan.
- Memeriksa kesesuaian serta kelengkapan alat berat yang hendak digunakan.

2.3 Tahapan Penelitian

Tahap penelitian adalah prosedur dimana penelitian dilakukan untuk menemukan jawaban atas masalah. Pada fase ini, perumusan masalah dilakukan setelah menentukan ide atau gagasan yang akan dibahas dalam karya akhir. Kemudian menetapkan tujuan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan masalah yang ada. Untuk memudahkan diskusi dan tidak tersesat, maka dibuat batasan yang mencakup hal-hal yang dilakukan dan tidak dilakukan. pengumpulan data

Pengumpulan data dapat didasarkan pada beberapa aturan yang disusun secara sistematis. Peneliti memastikan bahwa semua data yang diperlukan telah tertata dengan baik sehingga proses pengambilan data dapat dilakukan.

Beberapa data yang akan dipakai pada penelitian ini adalah data primer dan sekunder.

- a. Data primer merupakan data yang didapat secara langsung, dalam penelitian ini data primer diperoleh dari investigasi langsung di lokasi Proyek Peningkatan Jalan Raya Ruas Dua Sorawolio ke Bukit Asri.
- b. Data sekunder merupakan data yang didapat dengan cara tidak langsung seperti diperoleh dari kontraktor proyek Proyek Peningkatan Jalan Raya Ruas Dua Sorawolio ke Bukit Asri. Data sekunder yang di pakai padam penelitian ini adalah:
 - 1) Spesifikasi Proyek Peningkatan Jalan Raya Ruas Dua Sorawolio ke Bukit Asri.
 - 2) DED Proyek Peningkatan Jalan Raya Ruas Dua Sorawolio ke Bukit Asri.
 - 3) Metode Pelaksanaan Proyek Peningkatan Jalan Raya Ruas Dua Sorawolio ke Bukit Asri.

2.4 Teknik Analisis Data

Berdasarkan rumusan masalah, persamaan linear integer programming berisi:

- 1. Variabel keputusan yang akan dihasilkan adalah X_i , yaitu.
 - H. besarnya biaya alat berat per jam dari jumlah alat berat yang digunakan.
- 2. Fungsi tujuan yang dibuat adalah untuk menentukan anggaran minimum yang ditimbulkan oleh pekerjaan tersebut.

Rumus yang terbentuk dari fungsi tujuan dapat dilihat dari rumus berikut:

$$Z = \sum C_i \times X_i \dots\dots\dots$$

Di mana:

- Z = Biaya sewa penggunaan alat berat (Rp/jam)
- C_i = Total biaya sewa peralatan, gaji operator, harga bahan bakar per jam (Rp/jam)
- X_i = jam kerja peralatan tipe i (jam)

Limit fungsi yang akan dihitung adalah:

- a. Batasan Biaya Batasan waktu sewa alat ditentukan oleh masing-masing alat berat dan harga maksimum yang dibebankan oleh kontraktor per jam atau T_s jam.
 - Bentuk-bentuk pengendalian biaya yang tidak adil berikut ini dapat dilihat pada:

$$X_i \leq T_s \dots\dots\dots$$
 - Dimana: X_i = Biaya sewa penggunaan alat berat tipe i (Rp/jam);
 - T_s = biaya tertinggi yang dibayarkan oleh Kontraktor (Rp/jam)

b. Kendala waktu

Batasan waktu tersebut diakibatkan oleh beroperasinya seluruh alat berat, yaitu dibatasinya waktu maksimal untuk menyelesaikan pekerjaan sesuai dengan jadwal pekerjaan proyek. Kesenjangan waktu untuk menyelesaikan pekerjaan galian tanah dapat dilihat dari rumus berikut

$$T_i X_i \leq T_p \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana: X_i = alat berat tipe i;

- T_i = waktu untuk penyelesaian pekerjaan oleh alat (jam);
- T_p = waktu penyelesaian pekerjaan proyek (jam)

c. Kendala Jumlah

Jumlah alat ditentukan oleh peneliti dengan cara mewawancarai kontraktor terhadap kondisi lapangan. Berdasarkan penelitian di lapangan, jumlah dari peralatan konstruksi yang tersedia adalah 4 buah. rumus pertidaksamaannya selanjutnya dirumuskan sebagai berikut berikut:

$$X_i \leq 4 \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana: X_i = Jenis peralatan konstruksi yang dihitung (buah);

4 = Jumlah maksimal peralatan konstruksi yang dapat tersedia (buah)

d. Kendala Produksi Alat

Batasan produksi alat ditentukan dari perhitungan kapasitas produksi peralatan konstruksi dan dibatasi oleh target produksi proyek yang disesuaikan terhadap waktu penyelesaian.

Berikut bentuk ketimpangan kapasitas produksi peralatan konstruksi dapat dilihat sebagai berikut:

$$P_i X_i \geq P_w \dots\dots\dots (3.5)$$

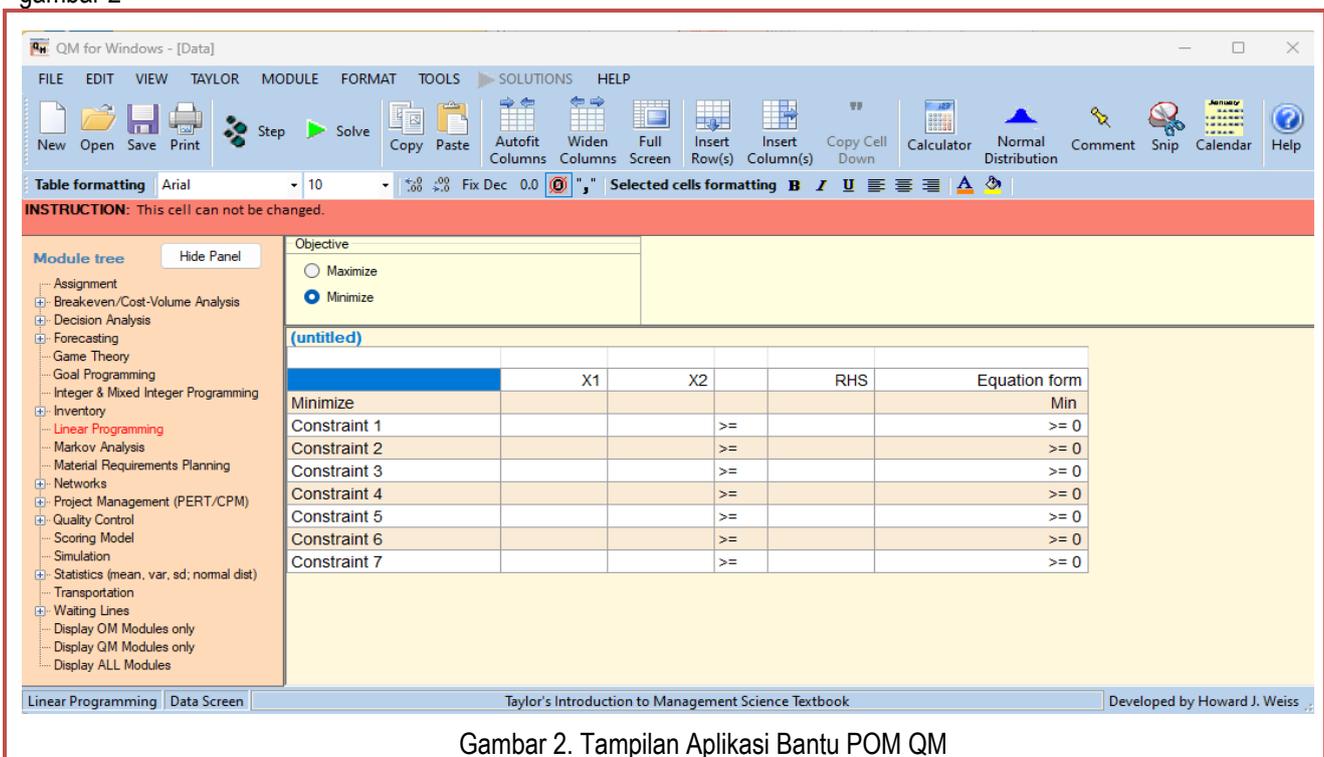
Dimana: P_i = Kapasitas produksi peralatan konstruksi tipe i (m^3 /jam)

X_i = peralatan konstruksi tipe i

P_w = target produksi yang harus dicapai peralatan konstruksi (m^3 /jam)

e. Aplikasi Bantu

Solusi optimum diatas akan di analisa dengan menggunakan Aplikasi bantu manajemen POM QM seperti pada gambar 2



Gambar 2. Tampilan Aplikasi Bantu POM QM

4. Hasil

4.1 Data Umum Proyek

Nama Proyek : Peningkatan Jalan raya ruas dua Sorawolio ke Bukit Asri
 Nomor Kontrak : 06/KONTRAK-KONSTRUKSI/KPA-BM-PUPR/XI/2021

Nilai Kontrak	: Rp. 38.485.000.000,00,-
Sumber Dana	: APBD Kota Baubau
Tahun Anggaran	: 2021-2022
Waktu Pelaksanaan	: 390 Hari Kalender
Lokasi Pekerjaan	: Kota Baubau
Kelas Jalan	: I (satu)
Lebar Galian	: 6 Meter
Panjang Galian	: 3779 Meter
Volume Galian	: 71.249,93 m ³
Jam Kerja	: 8 Jam/hari

Spesifikasi Alat Berat	Pekerjaan Galian Tanah	
	Excavator	Dump Truck
	(X ₁)	(X ₂)
Tipe alat berat	CAT 320D	Canter Fe74Hd
Horse Power (HP)	133 Hp	125 Hp
Umur alat	4 Tahun	5 Tahun
sewa peralatan konstruksi /jam	Rp. 450.000,00	Rp. 185.345,00
Sewa Operator /jam	Rp. 45.128,00	Rp. 45.128,00
waktu jam kerja/ 1 hari	8 jam	8 jam
Jumlah alat tersedia	2 unit	4 unit
Harga bahan bakar /jam	Rp. 191.520	Rp. 82.820
Waktu Siklus (Cm)	18 det	3,1 menit

4.2 Penentuan Tujuan

Tujuan dari penelitian yang dilakukan ini adalah untuk meminimalkan biaya sewa dan operasional. Karena alat berat dibeli melalui leasing peralatan konstruksi, maka perusahaan konstruksi dapat memenuhi kebutuhannya tanpa harus mengeluarkan biaya operasional jangka panjang. Ketentuan dan tarif sewa biasanya didasarkan pada kontrak harian, mingguan, atau bulanan. Selain beban sewa, pengguna alat juga mengeluarkan biaya untuk membayar:

1. Biaya sewa alat
2. Biaya sewa operator
3. Biaya bahan bakar

Biaya yang dihitung dibawah ini merupakan biaya yang dikeluarkan untuk menyewa dan mengoperasikan peralatan konstruksi, yaitu:

Biaya yang akan dikeluarkan dalam pengoperasian alat Berat pada pekerjaan galian tanah dapat dilihat pada tabel 4.1

Tabel 4.1 Biaya Sewa pekerjaan Galian Tanah

No	Jenis Alat	Kode	Biaya Sewa / Jam (s)	Biaya Operator / Jam (l)	Biaya Bahan Bakar / Jam (b)	Total Biaya Sewa / Jam (s+l+b)
1	Excavator	X1	450.000,00	45.128,00	191.520,00	686.648,00
2	Dump Truck	X2	185.345,00	45.128,00	82.800,00	313.273,00

Sumber: Survey dan analisis 2020

Berdasarkan tabel perhitungan biaya sewa peralatan konstruksi diatas, maka persamaan tujuannya dari pekerjaan tanah adalah meminimumkan biaya:

$$Z_1 = 686.648,00X_1 + 313.273,00X_2$$

4.3 Penentuan Batas

a. Pembatas Biaya

Pembatasan biaya ini diambil dari rencana anggaran biaya untuk pekerjaan galian tanah dan tidak termasuk biaya material tanah, dan upah pekerja.

Biaya yang harus dikeluarkan pada pekerjaan galian tanah perjamnya adalah:

$$= \frac{\text{biaya}}{\text{waktu}}$$

$$= \frac{1.040.938.880,00}{640} = \text{Rp. } 1.626.467,00 / \text{jam}$$

Dari perhitungan koefisien tersebut diatas, maka persamaan kendala biayanya adalah:

$$686.648,00X_1 + 313.273,00X_2 \leq 1.626.467,00$$

b. Pembatas_Produksi Alat Berat

Untuk mengetahui kendala produksi alat, terlebih dahulu harus mengetahui produktivitas masing-masing alat berat.

Berikut perhitungan produktivitas masing-masing alat berat:

1. Excavator selanjutnya disebut variabel X_1 .

Produktivitas per jam sebuah Excavator dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Dimana:

$$Q = \text{Produktivitas per siklus (m}^3\text{)}$$

$$q = q^1 \times K$$

$$q^1 = \text{Kapasitas Bucket} = 0,8 \text{ m}^3$$

$$K = \text{Bucket Factor} = 0,8 \text{ (tabel)}$$

$$E = \text{Faktor efisiensi kerja} = 0,87 \text{ (tabel)}$$

$$C_m = \text{Waktu Siklus (menit)} = 0,018 \text{ menit (Survey)}$$

Produktifitas per siklus (q)

$$\begin{aligned}
 q &= q^1 \times K \\
 &= 0,8 \times 0,8 \\
 &= 0,64 \quad \text{m}^3
 \end{aligned}$$

Jadi produktivitas Excavator perjam ialah:

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{q \times 60 \times E}{C_m} \\
 &= \frac{0,64 \times 3600 \times 0,87}{18} \\
 &= 111,36 \quad \text{m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

Volume pekerjaan galian tanah berdasarkan gambar yaitu 71.249,93 m³

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

$$= \frac{\text{Volume yang akan dikerjakan}}{\text{lama pekerjaan}} = \frac{71.249,93}{640} = 111,33 \text{ m}^3/\text{jam}$$

2. Dump Truck selanjutnya disebut variabel X₂

Produktivitas per jam sebuah Dump Truck dapat dihitung menggunakan rumus:

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

Dimana:

p = Produksi per jam (m³/jam)

C = n × q¹ × K

E = Effisiensi kerja

q¹ = Kapasitas bucket dari Excavator (m³)

K = Bucket Factor Excavator = 0,8 (tabel)

C_m = Waktu Siklus (menit) = 3,1 menit (Survey)

n = Jumlah siklus yang dibutuhkan pemuat untuk memuat dump truck

C¹ = Kapasitas rata-rata dump truck (m³)

$$\begin{aligned}
 n &= \frac{C^1}{q^1 \times K} \\
 &= \frac{3,5}{0,93 \times 0,8} \\
 &= \frac{3,5}{0,74} \\
 &= 4,73
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C &= n \times q^1 \times K \\
 &= 4,73 \times 0,8 \times 0,8 \\
 &= 3,03
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= \frac{C \times 60 \times E}{C_m} \text{ m}^3/\text{jam} \\
 &= \frac{3,5 \times 60 \times 0,87}{3,1} \text{ m}^3/\text{jam}
 \end{aligned}$$

$$= 58,94 \text{ m}^3/\text{jam}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume pekerjaan} &= 71.249,93 \text{ m}^3 \text{ dalam keadaan padat} \\ &= \text{volume dalam keadaan padat} \times \text{faktor konversi} \\ &= 71.249,93 \times 1,18 \\ &= 84.074,9174 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

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

$$= \frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{waktu pekerjaan}} = \frac{84.074,9174}{640} = 131,37 \text{ m}^3/\text{jam}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, maka didapatkan pertidaksamaan terhadap batas produksi yaitu:

1. $111,36 X_1 \geq 111,33$
2. $58,94 X_2 \geq 131,37$

c. Batas Jumlah Alat Berat

Terhadap kendala jumlah dari alat yang tersedia di lokasi, agar dapat menyelesaikan sesuai dengan waktu yang ditentukan, peneliti mendapatkan data langsung dari pihak pelaksana lapangan. Adapun koefisien dari masing-masing alat berat ialah sebagai berikut:

1. Excavator selanjutnya disebut Variabel X_1
Jumlah Excavator yang dapat disediakan dilapangan sebanyak 2 buah.
2. Dump Truck selanjutnya disebut Variabel X_2
Jumlah Dump Truck yang dapat disediakan dilapangan sebanyak 4 buah.

Berdasarkan koefisien tersebut diatas, maka persamaan kendala jumlah alat berat yang tersedia di lapangan ialah:

1. $X_1 \leq 2$
2. $X_2 \leq 4$

d. Pembatas Waktu Penggunaan Alat Berat

Untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan oleh masing-masing alat berat untuk menyelesaikan pekerjaan, terlebih dahulu harus diketahui produktivitas dari masing-masing alat berat.

Waktu yang dibutuhkan masing-masing alat berat untuk dapat menyelesaikan pekerjaan dapat diuraikan sebagai berikut:

Berdasarkan perhitungan produktivitas di atas, didapatkan produktivitas dari masing-masing alat berat diantaranya:

1. Excavator X_1 = $111,36 \text{ m}^3/\text{jam}$
2. Dump Truck X_2 = $58,94 \text{ m}^3/\text{jam}$

Waktu yang diperlukan masing-masing alat berat untuk menyelesaikan pekerjaan dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Excavator sebagai variabel X_1 .

$$\text{Volume pekerjaan} = 71.249,93 \text{ m}^3$$

waktu yang dibutuhkan oleh alat excavator untuk menyelesaikan pekerjaan galian tanah yaitu:

$$\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produksi} \cdot X_1} = \frac{71.249,93}{111,36 \cdot X_1} = \frac{639,82}{X_1} \text{ jam}$$

2. Dump Truck sebagai variabel X_2

$$\begin{aligned} \text{Volume pekerjaan tanah} &= 71.249,93 \text{ m}^3 \text{ dalam keadaan padat} \\ &= \text{volume dalam keadaan padat} \times \text{faktor konversi} \\ &= 71.249,93 \times 1,18 \\ &= 84.074,9174 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Jadi waktu yang dibutuhkan oleh alat Dump Truck untuk menyelesaikan pekerjaan galian tanah yaitu:

$$\frac{\text{Volume pekerjaan}}{\text{Produksi} \cdot X_2} = \frac{84.074,9174}{58,94X_2} = \frac{1.426,45}{X_2} \text{ jam}$$

Berdasarkan perhitungan diatas, didapatkan persamaan terhadap kendala waktu yaitu:

$$\begin{aligned} 1. \quad \frac{639,82}{X_1} &\leq 640 && = 640 X_1 \geq 639,82 \\ 2. \quad \frac{1.426,45}{X_2} &\leq 640 && = 640 X_2 \geq 1.426,45 \end{aligned}$$

4.4 Penentuan Solusi Optimum

Berdasarkan hasil pembuatan permodelan matematis, penentuan tujuan dan penentuan batas, permasalahan ini dapat dibuat dalam bentuk:

Minimumkan:

$$Z_1 = 686.648,00X_1 + 313.273,00X_2$$

Berdasarkan batas-batas:

Batas Biaya

$$686.648,00X_1 + 313.273,00X_2 \leq 1.626.467,00$$

Batas produksi alat:

$$\begin{aligned} 1. \quad 111,36 \quad X_1 &\geq 111,33 \\ 2. \quad 58,94 \quad X_2 &\geq 131,37 \end{aligned}$$

Batas jumlah alat yang tersedia:

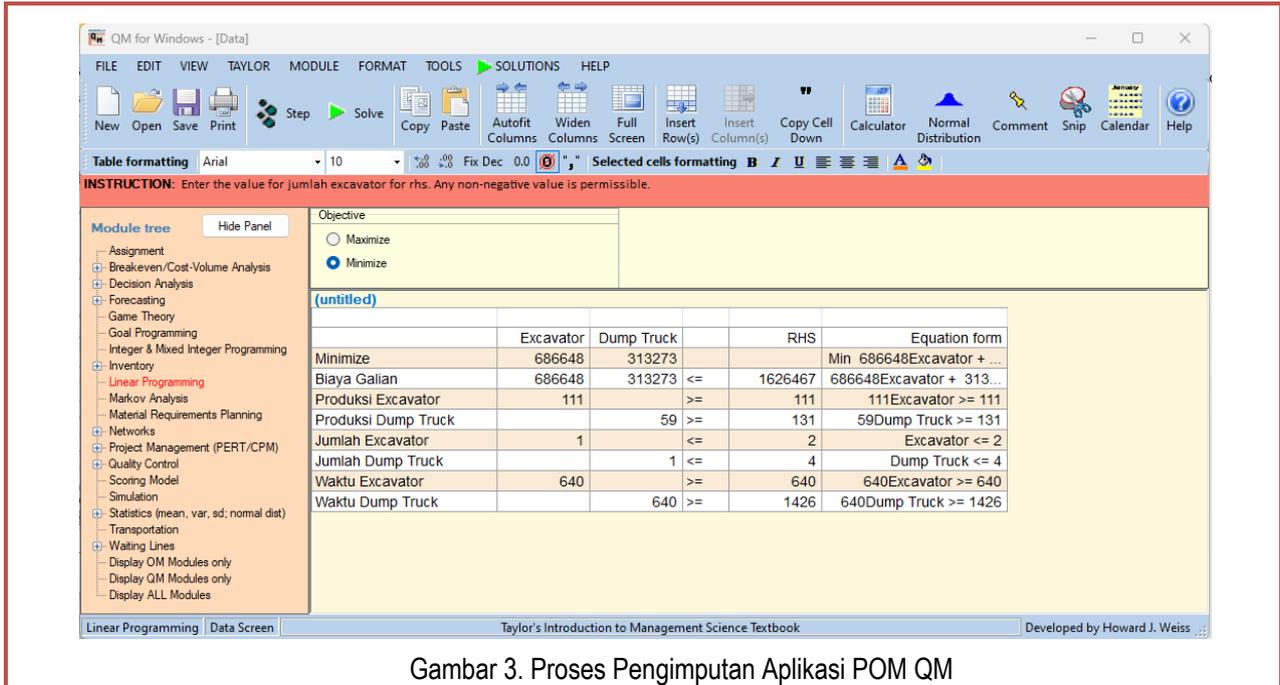
$$\begin{aligned} 1. \quad X_1 &\leq 2 \\ 2. \quad X_2 &\leq 4 \end{aligned}$$

Batas waktu:

$$\begin{aligned} 1. \quad 640 X_1 &\geq 639,82 \\ 2. \quad 640 X_2 &\geq 1.426,45 \end{aligned}$$

5. Pembahasan

Hasil dari permodelan matematis, penentuan tujuan dan penentuan batas, tersebut, kemudian di olah dengan menggunakan aplikasi POM QM yang dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Proses Pengimputan Aplikasi POM QM

Cj	Basic Variable	Quantity	686648	313273 Dump	0 slack 1	0 artfcl 2	0 surplus 2	0 artfcl 3	0 surplus 3	0 slack 4	0 slack 5	0 artfcl 6	0 surplus 6	0 artfcl 7	0 surplus 7
Phase 1 - Iteration 1															
	slack 1	1.62...	686...	313...	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	artfcl 2	111	111	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	artfcl 3	131	0	59	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0
	slack 4	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	slack 5	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	artfcl 6	640	640	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1	0	0
1	artfcl 7	1.426	0	640	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1
	zj	2.308	-751	-699		1	1	1	1			1	1	1	1
	cj-zj		751	699	0	0	-1	0	-1	0	0	0	-1	0	-1
Iteration 2															
	slack 1	939...	0	313...	1	-6.18...	6.18...	0	0	0	0	0	0	0	0
	Excav...	1	1	0	0	0,009	-0,009	0	0	0	0	0	0	0	0
1	artfcl 3	131	0	59	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0
	slack 4	1	0	0	0	-0,009	0,009	0	0	1	0	0	0	0	0
	slack 5	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
1	artfcl 6	0	0	0	0	-5,76...	5,7658	0	0	0	0	1	-1	0	0
1	artfcl 7	1.426	0	640	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1
	zj	1.557		-699		8	-6	1	1			1	1	1	1
	cj-zj		0	699	0	-6,76...	5,7658	0	-1	0	0	0	-1	0	-1
Iteration 3															
	slack 1	939...	0	313...	1	0	0	0	0	0	0	-1,07...	1,07...	0	0
	Excav...	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0016	-0,00...	0	0
1	artfcl 3	131	0	59	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	0	0
	slack 4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-0,00...	0,0016	0	0
	slack 5	4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	surpl...	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0,1734	-0,17...	0	0
1	artfcl 7	1.426	0	640	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-1
	zj	1.557		-699		2		1	1			2		1	1
	cj-zj		0	699	0	-1	0	0	-1	0	0	-1,0	0	0	-1

Iteration 4															
	slack 1	244....	0	0	1	0	0	-5.30...	5.30...	0	0	-1.07...	1.07...	0	0
	Excav...	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0016	-0.00...	0	0
	Dump...	2,2203	0	1	0	0	0	0,0169	-0,01...	0	0	0	0	0	0
	slack 4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-0,00...	0,0016	0	0
	slack 5	1,7797	0	0	0	0	0	-0,01...	0,0169	0	1	0	0	0	0
	surpl...	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0,1734	-0,17...	0	0
1	artfcl 7	4,9831	0	0	0	0	0	-10,8...	10,8...	0	0	0	0	1	-1
	zj	4,9831				2		13	-11			2		1	1
	cj-zj		0	0	0	-1	0	-11,8...	10,8...	0	0	-1,0	0	0	-1
Iteration 5															
	slack 1	241....	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1.07...	1.07...	-489,...	489,...
	Excav...	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0016	-0.00...	0	0
	Dump...	2,2281	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0016	-0,00...
	slack 4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-0,00...	0,0016	0	0
	slack 5	1,7719	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	-0,00...	0,0016
	surpl...	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0,1734	-0,17...	0	0
	surpl...	0,4594	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0,0922	-0,09...
	zj	0				2		2				2		2	
	cj-zj		0	0	0	-1	0	-1	0	0	0	-1,0	0	-1	0
Phase 2															
	slack 1	241....	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1.07...	1.07...	-489,...	489,...
686648	Excav...	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0016	-0.00...	0	0
313273	Dump...	2,2281	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0016	-0,00...
	slack 4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-0,00...	0,0016	0	0
	slack 5	1,7719	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-0,00...	0,0016
	surpl...	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0,1734	-0,17...	0	0
	surpl...	0,4594	0	0	0	0	0	-1	1	0	0	0	0	0,0922	-0,09...
	zj	1.38...	686648	313273								-1073	1073	-489	489
	cj-zj		0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.07...	-1.07...	489,...	-489,...

Gambar 4. Hasil Iterasi Aplikasi POM QM

Variable	Status	Value
Excavator	Basic	1
Dump Truck	Basic	2
slack 1	Basic	241808
surplus 2	Basic	
surplus 3	Basic	0
slack 4	Basic	1
slack 5	Basic	2
surplus 6	NONBasic	
surplus 7	NONBasic	
Optimal Value (Z)		1384659

Gambar 5. Daftar Solusi Aplikasi POM QM

	Excavator	Dump Truck		RHS	Dual
Minimize	686648	313273			
Biaya Galian	686648	313273	<=	1626467	0
Produksi Excavator	111		>=	111	0
Produksi Dump Truck		59	>=	131	0
Jumlah Excavator	1		<=	2	0
Jumlah Dump Truck		1	<=	4	0
Waktu Excavator	640		>=	640	-1073
Waktu Dump Truck		640	>=	1426	-489
Solution->	1	2		1384659	

Gambar 6. Hasil Akhir Program Linear Aplikasi POM QM

Dari hasil akhir program linear dengan menggunakan Aplikasi POM QM didapatkan solusi optimum dari permasalahan ini yaitu:

- a. Excavator (X_1) = 1
- b. Dump Truck (X_2) = 2

Biaya yang harus dikeluarkan untuk operasi alat berat yaitu:

$$(686.648 \times 1) + (313.273 \times 2) = 1.384.659 \text{ /jam}$$

6. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa program linear dengan menggunakan aplikasi bantu POM QM linear pada pekerjaan Proyek Peningkatan Jalan Lingkar Ruas Dua Sorawolio-Bukit Asri, penulis dapat menarik kesimpulan bahwa dengan menggunakan Analisa linear programming, didapatkan solusi optimum biaya yang dibutuhkan untuk penyelesaian pekerjaan yaitu Rp.1.384.659,00 per jam, atau 6% lebih rendah dari harga semula yakni sebesar Rp.1.626.467,00 dengan komposisi alat berat yakni 1 unit Excavator dan 2 unit Dump Truck

Daftar Pustaka

Notoprasetyo, D. D. (2017). Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Underpass Mayjen Sungkono Surabaya. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Qariatullailiyah, & Indryani, R. (2013). Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat untuk Pekerjaan Pengangkutan dan Penimbunan pada Proyek Grand Island Surabaya dengan Program Linier. JURNAL TEKNIK POMITS, 2(1), 1–5.

Rumbayan, H. K. S., Simatupang, M., & Sudarsono. (2021). Evaluasi Produktivitas dan Optimasi Penggunaan Peralatan Mekanis Pada Pekerjaan Cut and Fill. 21(1), 1–9. <https://ojs.uho.ac.id/index.php/JMR/article/view/23448>

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.

Yusuf Arla, B., Efendi, A., Chaidir Hajja, M., Moda Transportasi, P., dan Konvensional, O., & Baubau, K. (2022). Analisis Pemilihan Moda Transportasi Berbasis Online dan Konvensional di Kota Baubau. www.jurnal-umbuton.ac.id/index.php/SCEJ