

Journal homepage: <http://jos-mrk.polinema.ac.id/> **ISSN: 2722-9203 (media online/daring)**

**OPTIMASI ALAT BERAT PEKERJAAN GALIAN DAN TIMBUNAN PROYEK JALAN TOL SOLO – YOGYAKARTA PAKET 1.1 STA 3+000 – STA 6+000**

**Alfitra Ramadhan1\*, Joko Setiono 2, Sitti Safiatus Riskijah 3**

Mahasiswa Manajemen Rekayasa Konstruksi1, Dosen Jurusan Teknik Sipil2, Dosen Jurusan Teknik Sipil3

1*alfitrar3@gmail.com**,* 2*joko.setiono@polinema.ac.id**,* 3 *ririssafiatus@gmail.com,*

**ABSTRAK**

Sering dijumpai alat berat dalam keadaan aktif namun tidak terfungsikan saat pekerjaan berlangsung karena target produktifitas alat tidak tercapai atau antrian muatan. Hal ini mengakibatkan kurang efektif dan efisien yang berdampak pada pembengkakan biaya dan memperlambat waktu pengerjaan. Sehingga diperlukan kombinasi alat berat agar tidak terdapat alat berat yang tak terfungsikan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengoptimasi alat berat dan menghitung biaya alat berat yang optimal. Penentuan solusi optimal menggunakan metode simpleks program linier. Hasil penelitian diperoleh: Volume pekerjaan striping 49.168,358 m3, pekerjaan galian 187.370,630 m3, dan pekerjaan timbunan 978.533,840 m3. Pekerjaan striping menggunakan alat excavator, dump truk, dan bulldozer dengan 8 alternatif kombinasi, pekerjaan galian menggunakan alat excavator, dumptruk, dan bulldozer dengan 8 alternatif kombinasi, dan pekerjaan timbunan menggunakan alat excavator, dumptruk, motor grader, vibratory roller, dan water tank truk dengan 8 alternatif kombinasi. Kombinasi alat berat yang optimal yaitu pekerjaan striping pada alternatif kombinasi tujuh dengan total biaya Rp 1,194,132,280; Pekerjaan galian pada alternatif kombinasi tujuh dengan total biaya Rp 4,716,870,141; dan Pekerjaan Timbunan pada alternatif kombinasi tiga dengan total biaya Rp 13,231,549,342. Jadi total biaya alat berat pada pekerjaan stripping, pekerjaan galian, dan pekerjaan timbunan sebesar Rp 19,142,551,762.

**Kata Kunci**: galian dan timbunan, alat berat, kombinasi alat berat, optimal

***ABSTRACT***

*Heavy equipment is often found to be active but non-functional during work due to unachieved productivity targets or queuing of loads. This results in reduced effectiveness and efficiency, leading to cost overruns and project delays. Therefore, a combination of heavy equipment is needed to avoid idle machinery. The purpose of this research is to optimize heavy equipment and calculate the optimal cost of heavy equipment. The optimal solution will be determined using the simplex method of linear programming. The research results reveal the following: The volume of striping work is 49,168.358 m3, cut work is 187,370.630 m3, and fill work is 978,533.840 m3. Striping work utilizes excavators, dump trucks, and bulldozers with 8 alternative combinations. Cut work uses excavators, dump trucks, and bulldozers with 8 alternative combinations. Fill work involves excavators, dump trucks, motor graders, vibratory rollers, and water tank trucks with 8 alternative combinations. The optimal combinations of heavy equipment are as follows: Stripping work, alternative combination seven totaling Rp 1,194,132,280 in cost; Cut work, alternative combination seven totaling Rp 4,716,870,141 in cost; and Fill Work, alternative combination three totaling Rp 13,231,549,342 in cost. So, the total cost of heavy equipment for the stripping work, cut work, and fill work is Rp 19,142,551,762.*

***Keywords****: cut and fill, heavy equipment, combination of heavy equipment, cut and fill, optimal*

1. **PENDAHULUAN**

Transportasi memegang peranan penting dalam pembangunan suatu negara baik negara maju maupun negara berkembang. Perkembangan transportasi harus didukung dengan perkembangan jalan sebagai prasarananya. Oleh karena itu pembangunan jalan harus dilakukan untuk mempermudah mobilisasi.

Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta merupakan proyek nasional dan memakan lahan yang luas sehingga volume pekerjaan tanah sangat besar. Hal ini menyebabkan perlunya optimasi alat berat yang baik agar tidak terjadi kerugian akibat pemilihan alat berat yang tidak cocok.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan saat pelaksanaan proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta paket 1.1, ada beberapa kejadian yaitu mesin alat berat dibiarkan tetap menyala dan parkir alat berat pada suatu lokasi tanpa mengerjakan suatu pekerjaan. Hal ini mengakibatkan kurang efektif dan efisien yang berdampak pada pembengkakan biaya dan memperlambat waktu pengerjaan. Manajemen penggunaan alat berat pada proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta 1.1 sangat penting dilakukan.

Setiap alat berat memiliki beberapa tipe, kapasitas serta biaya sewa yang berbeda-beda sehingga alat berat dan kombinasi yang dipakai harus diperhitungkan agar mencapai biaya minimum tanpa mengabaikan durasi pekerjaan yang sudah ditargetkan. Biaya minimum dapat dianalisa menggunakan program linier.

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan tersebut maka tujuan penelitian ini meliputi:

1. Menghitung volume pekerjaan galian dan timbunan.
2. Menentukan metode pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan.
3. Mengetahui alat berat yang digunakan dan menentukan kombinasi alat berat tersebut pada pekerjaan galian dan timbunan
4. Menghitung biaya masing-masing alat berat yang digunakan pada pekerjaan galian dan timbunan.
5. Menghitung biaya alat berat yang optimal pada pekerjaan galian dan timbunan.
6. **METODE**

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian optimasi penggunaan alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan pada proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta Paket 1.1 STA 3+000-6+000 adalah sebagai berikut:

1. Perhitungan volume pekerjaan galian dan timbunan dibantu dengan aplikasi AutoCad dari gambar proyek PT. Adhi Karya.
2. Metode pelaksanaan galian dan timbunan menggunakan alat berat excavator, dump truk, bulldozer, motor grader, vibratorry roller, dan water tank truk.
3. Menentukan jenis alat berat dan direncanakan tipe alat berat serta membuat kombinasi alternatif alat berat.
4. Perhitungan produktifitas dan biaya alat berat mengacu pada Permen PUPR No 1 tahun 2022 dan HSPK Klaten tahun 2022.

Produktifitas alat (m3/jam):

1. Excavator

$Q= \frac{V x Fa x Fb x 60}{Ts x Fv}$ (1)

Keterangan:

V = kapasitas *bucket*; m3

Fb = faktor *bucket*

Fa = faktor efisiensi alat

Fv = faktor konversi

Ts = waktu siklus; menit

1. Bulldozer

$Q= \frac{q x Fb x Fm x Fa x 60}{Ts }$ (2)

Keterangan:

Fb = faktor pisau

Fa = faktor efisiensi

Fm = faktor kemiringan pisau

Ts = waktu siklus (menit)

q = kapasitas pisau (m3)

1. Dump Truck

$Q= \frac{(V x Fa x 60)}{D x Ts }$ (3)

Keterangan:

Q = kapasitas produksi dump truck; m3/jam

V = kapasitas bak; ton

Fa = faktor efisiensi alat

D = berat isi material (lepas, gembur); ton/m3

Ts = waktu siklus; menit

1. Motor Grader

$Q= \frac{Lh x (n \left(b-bo\right)x Fa x 60 x t}{N x n x Ts }$ (4)

Keterangan:

Lh = panjang hamparan; m

bo = lebar overlap; m

Fa = faktor efisiensi kerja

t = tebal hamparan padat

n = jumlah lintasan

N = jumlah pengupasan tiap lintasan

b = lebar pisau efektif; m

60 = konversi jam ke menit

Ts = waktu siklus; menit

1. Vibratory Roller

$Q= \frac{be x v x 1000 x Fa x t}{n}$ (5)

Keterangan:

b = lebar roda pemadat

bo = lebar overlap

be = lebar efektif pemadatan = (b-bo)

t = tebal pemadatan

Fa = faktor efisiensi alat

n = jumlah lintasan

v = kecepatan alat

1000 = perkalian dari km ke m

1. Water Tank Truck

$Q= \frac{Pa x Fa x 60}{Wc x 1000 }$ (6)

Keterangan:

V = volume tangki air; m3

Wc = kebutuhan air/m3 material padat; m3

Pa = kapasitas pompa air; diambil 100 liter/menit;

Fa = faktor efisiensi alat

60 = konversi jam ke menit

1000 = perkalian dari km ke m

Biaya Sewa Alat Berat:

1. Menghitung biaya pasti (Permen PUPR No 1 Tahun 2022)

$G=\left(E+F\right)=\frac{\left(B-C\right) x D}{W}+\frac{Ins x B}{W}$

$=\frac{\left(B-C\right) x D+(Ins x D)}{W}$ (7)

Keterangan:

G = biaya pasti per jam (rupiah);

B = harga pokok alat setempat (rupiah);

C = nilai sisa alat;

D = faktor angsuran/pengembalian modal;

E = biaya pengembalian modal;

F = biaya asuransi, pajak dll per tahun;

W = jumlah jam kerja alat dalam satu tahun.

1. Menghitung biaya operasional (Permen PUPR No 1 Tahun 2022)

$P=H+I+J+K+L+M$ (8)

H= banyaknya bahan bakar yang dipergunakan dalam 1 jam dengan satuan lt/jam;

I = banyaknya minyak pelumas yang dipakai dalam 1 jam dengan satuan lt/jam;

J = besarnya biaya bengkel (workshop) tiap jam;

K = biaya perbaikan termasuk penggantian suku cadang yang aus;

L = upah operator atau driver;

M = upah pembantu operator atau pembantu driver.

1. Analisis optimasi alat berat menggunakan program linier metode simpleks dengan bantuan aplikasi komputer yaitu program LINDO 6.1.
2. Penentuan variabel keputusan

X1 = Jumlah unit Excavator

X2 = Jumlah unit Dump Truck

X3 = Jumlah unit Bulldozer

1. Penentuan fungsi tujuan

Zmin = C1X1 + C2X2 + C3X3 (9)

C1 = Biaya alat Excavator

C2 = Biaya alat Dump Truck

C3 = Biaya alat Bulldozer

1. Penentuan fungsi kendala
* Kendala volume
* Kendala area
* Kendala ketergantungan alat
* Kendala ketidak negatifan
1. Memasukkan hasil X1, X2, dan X3 ke dalam rumus fungsi tujuan
2. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Perhitungan volume galian dan timbunan dapat dilihat pada tabel 1.

**Tabel 1.** Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **STA**  | **Vol. Stripping** | **Vol. Galian** | **Vol.** **Timbunan**  | **Satuan**  |
| **3+000-4+000** | 16584,708 | 67.846,030 | 339.852,740 | m3 |
| **4+000-5+000** | 15.222,708 | 58.093,900 | 277.514,325 | m3 |
| **5+000-6+000** | 17.361,088 | 61.430,700 | 361.166,775 | m3 |
| **Total Volume** | 49.168,358 | 187.370,630 | 978.533,840 | m3 |

Jenis dan tipe alat berat yang digunakan:

1. Pada pekerjaan stripping, jenis alat berat yang digunakan dapat dilihat pada tabel 2.

**Tabel 2.** Tipe Alat Berat Pekerjaan Stripping

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No**  | **Alat Berat** | **Kode** |
| **1** | Excavator Tipe Doosan DX 300 LCA | EXC1 |
| **2** | Excavator Tipe Kobelco SK 200 | EXC2 |
| **3** | Dump Truck Tipe Hino 130 HD | DT1 |
| **4** | Dump Truck Tipe HINO FM 280 JD | DT2 |
| **5** | Bulldozer Type Komatsu D65E-12 | BD1 |
| **6** | Bulldozer Type Komatsu D85E – SS2 | BD2 |

1. Pada pekerjaan galian, jenis alat berat yang digunakan dapat dilihat pada tabel 3.

**Tabel 3.** Tipe Alat Berat Pekerjaan Galian

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No**  | **Alat Berat** | **Kode** |
| **1** | Excavator Tipe Doosan DX 300 LCA | EXC1 |
| **2** | Excavator Tipe Kobelco SK 200 | EXC2 |
| **3** | Dump Truck Tipe Hino 130 HD | DT1 |
| **4** | Dump Truck Tipe HINO FM 280 JD | DT2 |
| **5** | Bulldozer Type Komatsu D65E-12 | BD1 |
| **6** | Bulldozer Type Komatsu D85E – SS2 | BD2 |

1. Pada pekerjaan timbunan, jenis alat berat yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.

**Tabel 4.** Tipe Alat Berat Pekerjaan Galian

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **No**  | **Alat Berat** | **Kode** |
| **1** | Excavator Tipe Doosan DX 300 LCA | EXC1 |
| **2** | Excavator Tipe Kobelco SK 200 | EXC2 |
| **3** | Dump Truck Tipe Hino 130 HD | DT1 |
| **4** | Dump Truck Tipe HINO FM 280 JD | DT2 |
| **5** | Bulldozer Type Komatsu D65E-12 | BD1 |
| **6** | Bulldozer Type Komatsu D85E – SS2 | BD2 |
| **7** | Vibratory Roller Type Volvo SD 100 DC | VR1 |
| **8** | Vibratory Roller Type Hamm 3410 | VR2 |
| **9** | Motor Grader Tipe Changlin 713 H | MG1 |
| **10** | Motor Grader Tipe Mitsubishi MG330 | MG2 |
| **11** | Water Tank Truk Tipe Mitsubishi 125 HD | WTT1 |

Alternatif kombinasi (AK) alat berat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan Stripping dapat dilihat pada tabel 5.

**Tabel 5.** Alternatif Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Stripping

|  |  |
| --- | --- |
| Alat Berat | Alternatif Kombinasi |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** |
| Excavator | EXC1 | EXC1 | EXC2 | EXC2 | EXC1 | EXC1 | EXC2 | EXC2 |
| Dump Truk | DT1 | DT2 | DT1 | DT2 | DT1 | DT2 | DT1 | DT2 |
| Bulldozer | BD1 | BD1 | BD1 | BD1 | BD2 | BD2 | BD2 | BD2 |

1. Pekerjaan Galian dapat dilihat pada tabel 6.

**Tabel 6.** Alternatif Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Galian

|  |  |
| --- | --- |
| Alat Berat | Alternatif Kombinasi |
| **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** |
| Excavator | EXC1 | EXC1 | EXC2 | EXC2 | EXC1 | EXC1 | EXC2 | EXC2 |
| Dump Truk | DT1 | DT2 | DT1 | DT2 | DT1 | DT2 | DT1 | DT2 |
| Bulldozer | BD1 | BD1 | BD1 | BD1 | BD2 | BD2 | BD2 | BD2 |

1. Pekerjaan Timbunan dapat dilihat pada tabel 7.

**Tabel 7.** Alternatif Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Timbunan

|  |  |
| --- | --- |
| Alat Berat | Alternatif Kombinasi |
|  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** |
| Excavator | EXC1 | EXC1 | EXC2 | EXC2 | EXC1 | EXC1 | EXC2 | EXC2 |
| Dump Truk | DT1 | DT2 | DT1 | DT2 | DT1 | DT2 | DT1 | DT2 |
| Bulldozer/Motor Grader | MG1 | MG1 | MG2 | MG2 | BD1 | BD1 | BD2 | BD2 |
| Vibratory Rol | VR1 | VR2 | VR1 | VR2 | VR1 | VR2 | VR1 | VR2 |
| Water Tank Truk | WTT1 | WTT1 | WTT1 | WTT1 | WTT1 | WTT1 | WTT1 | WTT1 |

Perhitungan Produktifitas mengacu pada Permen PUPR No 1 Tahun 2022. Berikut hasil perhitungan produktifitas pada tabel 8, 9, dan 10

**Tabel 8.** Perhitungan Produktifitas Stripping

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No**  | **Jenis Alat** | **Produktifitas** | **Satuan** |
| **1** | EXC1 | 222,889 | m3/jam |
| **2** | EXC2 | 194,502 | m3/jam |
| **3** | BD1 | 80,042 | m3/jam |
| **4** | BD2 | 111,408 | m3/jam |
| **5** | DT1 | 66,361 | m3/jam |
| **6** | DT1 | 63,060 | m3/jam |
| **7** | DT2 | 91,512 | m3/jam |
| **8** | DT2 | 81,258 | m3/jam |

**Tabel 9.** Perhitungan Produktifitas Galian

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No**  | **Jenis Alat** | **Produktifitas** | **Satuan** |
| **1** | EXC1 | 203,507 | m3/jam |
| **2** | EXC2 | 177,589 | m3/jam |
| **3** | BD1 | 80,042 | m3/jam |
| **4** | BD2 | 111,408 | m3/jam |
| **5** | DT1 | 64,169 | m3/jam |
| **6** | DT1 | 60,798 | m3/jam |
| **7** | DT2 | 87,394 | m3/jam |
| **8** | DT2 | 81,258 | m3/jam |

**Tabel 10.** Perhitungan Produktifitas Timbunan

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No**  | **Jenis Alat** | **Produktifitas** | **Satuan** |
| **1** | EXC1 | 222,889 | m3/jam |
| **2** | EXC2 | 194,502 | m3/jam |
| **3** | BD1 | 90,304 | m3/jam |
| **4** | BD2 | 123,984 | m3/jam |
| **5** | DT1 | 15,776 | m3/jam |
| **6** | DT1 | 15,582 | m3/jam |
| **7** | DT2 | 25,948 | m3/jam |
| **8** | DT2 | 25,428 | m3/jam |
| **9** | MG1 | 103,337 | m3/jam |
| **10** | MG2 | 151,957 | m3/jam |
| **11** | VR1 | 159,111 | m3/jam |
| **12** | VR2 | 159,858 | m3/jam |
| **13** | WTT1 | 249,000 | m3/jam |

Biaya masing-masing alat berat:

Rekap biaya sewa dan operasional masing-masing alat berat mengacu pada Permen PUPR No 1 Tahun 2022. Berikut hasil perhitungan biaya sewa dan operasional pada tabel 11.

**Tabel 11.** Rekap Biaya Sewa dan Operasional serta Mobilisasi Alat Berat

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **No**  | **Jenis Alat** | **Harga Sewa Operasional/jam** | **Biaya Mobilisasi** |
| **1** | EXC1 | 853.721,36 | 4.200.000 |
| **2** | EXC2 | 547.257,74 | 4.200.000 |
| **3** | BD1 | 695.427,84 | 4.200.000 |
| **4** | BD2 | 812.707,06 | 4.200.000 |
| **5** | DT1 | 365.202,14 | 480.000 |
| **6** | DT2 | 634.813,07 | 480.000 |
| **7** | MG1 | 497.199,67 | 4.200.000 |
| **8** | MG2 | 553.537,99 | 4.200.000 |
| **9** | VR1 | 564.986,67 | 4.200.000 |
| **10** | VR2 | 546.071,37 | 4.200.000 |
| **11** | WTT1 | 249,000 | 480.000 |

Proses Optimasi Menggunakan Program Linier Metode Simpleks

1. Optimasi Alternatif Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Stripping. Alternatif 1.
2. Penentuan Variabel Keputusan

X1 = Jumlah unit Excavator Tipe Doosan DX300LCA (EXC1)

X2 = Jumlah unit Dump Truck Tipe HINO 130 HD (DT1)

X3 = Jumlah unit Bulldozer Tipe Komatsu D65E-12 (BD1)

1. Penentuan Fungsi Tujuan

Zmin = 853721 X1 + 365202 X2 + 695428 X3

1. Penentuan Fungsi Kendala

Volume:

222.889 X1 >= 321.825

66.361 X2 >= 321.825

80.042 X3 >= 321.825

Area:

18,69 X1 <= 56

4,95 X2 <= 56

6,46 X3 <= 56

Ketergantungan Alat:

5 X1 – 17 X2 <= 0

5 X1 – 14 X3 <= 0

Ketidaknegatifan:

X1 >= 0

X2 >= 0

X3 >= 0

Berikut hasil optimasi penggunaan alat per jam dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar1. Hasil Optimasi Alternatif 1 Pekerjaan Stripping

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Berdasarkan hasil optimasi menggunakan aplikasi Lindo 6.1 dapat disimpulkan bahwa jumlah alat yang optimal yaitu:

Excavator Tipe Doosan DX300LCA: 1,44 ≈ 2 Unit

Dump Truck Tipe HINO 130 HD: 4,85 ≈ 5 Unit

Bulldozer Tipe Komatsu D65E-12: 4,02 ≈ 4 Unit

Dengan biaya alat minimal sebesar Rp 6.315.165/Jam

**Tabel 12.** Hasil Optimasi Biaya Alat Berat Pekerjaan Stripping

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Alternatif** | **Kombinasi Alat** | **Harga Unit/jam** | **Jumlah unit/jam** | **Total Harga** |
| **1** | EXC1 | 853.721 | 2 | 6.315.165 |
|  | DT1 | 365.202 | 5 |  |
|  | BD1 | 695.428 | 4 |  |
| **2** | EXC1 | 853.721 | 2 | 7.028.406 |
|  | DT2 | 634.813 | 4 |  |
|  | BD1 | 695.428 | 4 |  |
| **3** | EXC2 | 547.258 | 2 | 5.702.238 |
|  | DT1 | 365.202 | 5 |  |
|  | BD1 | 695.428 | 4 |  |
| **4** | EXC2 | 547.258 | 2 | 6.415.479 |
|  | DT2 | 634.813 | 4 |  |
|  | BD1 | 695.428 | 4 |  |
| **5** | EXC1 | 853.721 | 2 | 5.971.575 |
|  | DT1 | 365.202 | 5 |  |
|  | BD2 | 812.707 | 3 |  |
| **6** | EXC1 | 853.721 | 2 | 6.684.816 |
|  | DT1 | 365.202 | 4 |  |
|  | BD2 | 812.707 | 3 |  |
| **7** | EXC2 | 547.258 | 2 | 5.358.647 |
|  | DT1 | 365.202 | 5 |  |
|  | BD2 | 812.707 | 3 |  |
| **8** | EXC2 | 547.258 | 2 | 6.071.889 |
|  | DT2 | 634.813 | 4 |  |
|  | BD2 | 812.707 | 3 |  |

1. Optimasi Alternatif Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Galian
2. Penentuan Variabel Keputusan

X1 = Jumlah unit Excavator Tipe Doosan DX300LCA (EXC1)

X2 = Jumlah unit Dump Truck Tipe HINO 130 HD (DT1)

X3 = Jumlah unit Bulldozer Tipe Komatsu D65E-12 (BD1)

1. Penentuan Fungsi Tujuan

Zmin = 853721 X1 + 365202 X2 + 695428 X3

1. Penentuan Fungsi Kendala

Volume:

203.507 X1 >= 493.970

64.169 X2 >= 493.970

80.042 X3 >= 493.970

Area:

18,69 X1 <= 56

4,95 X2 <= 56

6,46 X3 <= 56

Ketergantungan Alat:

6 X1 – 19 X2 <= 0

6 X1 – 15 X3 <= 0

15 X3 – 19 X2 <= 0

Ketidaknegatifan:

X1 >= 0

X2 >= 0

X3 >= 0

Berikut hasil optimasi penggunaan alat per jam dapat dilihat pada gambar 2.



**Gambar2.** Hasil Optimasi Alternatif 1 Pekerjaan Galian

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Berdasarkan hasil optimasi menggunakan aplikasi Lindo 6.1 dapat disimpulkan bahwa jumlah alat yang optimal yaitu:

Excavator Tipe Doosan DX300LCA: 2,43 ≈ 3 Unit

Dump Truck Tipe HINO 130 HD: 7,70 ≈ 8 Unit

Bulldozer Tipe Komatsu D65E-12: 6,17 ≈ 6 Unit

Dengan biaya alat minimal sebesar Rp 9.655.348/Jam

**Tabel 13.** Hasil Optimasi Biaya Alat Berat Pekerjaan Galian

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Alternatif** | **Kombinasi Alat** | **Harga Unit/jam** | **Jumlah unit/jam** | **Total Harga** |
| **1** | EXC1 | 853.721 | 3 | 9.655.348 |
|  | DT1 | 365.202 | 8 |  |
|  | BD1 | 695.428 | 6 |  |
| **2** | EXC1 | 853.721 | 3 | 11.177.423 |
|  | DT2 | 634.813 | 7 |  |
|  | BD1 | 695.428 | 6 |  |
| **3** | EXC2 | 547.258 | 3 | 8.735.957 |
|  | DT1 | 365.202 | 8 |  |
|  | BD1 | 695.428 | 6 |  |
| **4** | EXC2 | 547.258 | 3 | 9.623.219 |
|  | DT2 | 634.813 | 6 |  |
|  | BD1 | 695.428 | 6 |  |
| **5** | EXC1 | 853.721 | 3 | 9.546.316 |
|  | DT1 | 365.202 | 8 |  |
|  | BD2 | 812.707 | 5 |  |
| **6** | EXC1 | 853.721 | 3 | 10.433.578 |
|  | DT1 | 365.202 | 6 |  |
|  | BD2 | 812.707 | 5 |  |
| **7** | EXC2 | 547.258 | 3 | 8.626.926 |
|  | DT1 | 365.202 | 8 |  |
|  | BD2 | 812.707 | 5 |  |
| **8** | EXC2 | 547.258 | 3 | 9.514.187 |
|  | DT2 | 634.813 | 6 |  |
|  | BD2 | 812.707 | 5 |  |

1. Optimasi Alternatif Kombinasi Alat Berat Pekerjaan Timbunan
2. Penentuan Variabel Keputusan

X1 = Jumlah unit Excavator Tipe Doosan DX300LCA (EXC1)

X2 = Jumlah unit Dump Truck Tipe HINO 130 HD (DT1)

X3 = Jumlah unit Bulldozer Tipe Komatsu D65E-12 (BD1)

X4 = Jumlah unit Vibratory Roller Tipe Volvo SD 100 DC (VR1)

X5 = Jumlah unit Water Tank Truck Tipe Mitsubishi 125HD (WTT1)

1. Penentuan Fungsi Tujuan

Zmin = 853721 X1 + 365202 X2 + 497200 X3 + 564987 X4 + 363620 X5

1. Penentuan Fungsi Kendala

Volume:

222.889 X1 >= 1518.222

15.776 X2 >= 1518.222

44.287 X3 >= 1518.222

42.960 X4 >= 1518.222

249.000 X5 >= 1518.222

Area:

18.690 X1 <= 56

4.945 X2 <= 56

5.6 X3 <= 56

5.312 X4 <= 56

4.97 X5 <= 56

Ketergantungan Alat:

1 X1 - 14 X2 <= 0

1 X1 - 2 X3 <= 0

1 X1 - 1 X4 <= 0

1 X1 - 1 X5 <= 0

Ketidaknegatifan:

X1 >= 0

X2 >= 0

X3 >= 0

X4 >= 0

X5 >= 0

Berikut hasil optimasi penggunaan alat per jam dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar3.** Hasil Optimasi Alternatif 1 Pekerjaan Timbunan

*Sumber: Hasil Perhitungan*

Berdasarkan hasil optimasi menggunakan aplikasi Lindo 6.1 dapat disimpulkan bahwa jumlah alat yang optimal yaitu:

Excavator Tipe Doosan DX300LCA: 2,97 ≈ 3 Unit

Dump Truck Tipe HINO 130 HD: 11,32 ≈ 11 Unit

Motor Grader Tipe Changlin 713H: 10 ≈ 10 Unit

Vibratory Roller Tipe Volvo SD 100 DC: 10,54 ≈ 11 Unit

Water Tank Truck Tipe Mitsubishi 125HD: 8,21 ≈ 8 Unit

Dengan biaya alat minimal sebesar Rp 18.128.866/Jam

**Tabel 14.** Hasil Optimasi Biaya Alat Berat Pekerjaan Timbunan

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Alternatif** | **Kombinasi Alat** | **Harga Unit/jam** | **Jumlah unit/jam** | **Total Harga** |
| **1** | EXC1 | 853.721 | 3 | 18.128.866 |
|  | DT1 | 365.202 | 11 |  |
|  | MG1 | 497.200 | 10 |  |
|  | VR1 | 564.987 | 11 |  |
|  | WTT1 | 363.620 | 8 |  |
| **2** | EXC1 | 853.721 | 3 | 20.251.705 |
|  | DT2 | 634.813 | 10 |  |
|  | MG1 | 497.200 | 10 |  |
|  | VR2 | 546.071 | 11 |  |
|  | WTT1 | 363.620 | 8 |  |
| **3** | EXC2 | 547.258 | 3 | 17.772.858 |
|  | DT1 | 365.202 | 11 |  |
|  | MG2 | 695.428 | 10 |  |
|  | VR1 | 564.987 | 11 |  |
|  | WTT1 | 363.620 | 8 |  |
| **4** | EXC2 | 547.258 | 3 | 19.895.697 |
|  | DT2 | 634.813 | 10 |  |
|  | MG2 | 695.428 | 10 |  |
|  | VR2 | 546.071 | 11 |  |
|  | WTT1 | 363.620 | 8 |  |
| **5** | EXC1 | 853.721 | 3 | 19.415.720 |
|  | DT1 | 365.202 | 11 |  |
|  | BD1 | 812.707 | 9 |  |
|  | VR1 | 564.987 | 11 |  |
|  | WTT1 | 363.620 | 8 |  |
| **6** | EXC1 | 853.721 | 3 | 21.538.558 |
|  | DT2 | 634.813 | 10 |  |
|  | BD1 | 812.707 | 9 |  |
|  | VR2 | 546.071 | 11 |  |
|  | WTT1 | 363.620 | 8 |  |
| **7** | EXC2 | 547.258 | 3 | 18.739.135 |
|  | DT1 | 365.202 | 11 |  |
|  | BD2 | 812.707 | 8 |  |
|  | VR1 | 564.987 | 11 |  |
|  | WTT1 | 363.620 | 8 |  |
| **8** | EXC2 | 547.258 | 4 | 20.861.973 |
|  | DT2 | 634.813 | 10 |  |
|  | BD2 | 812.707 | 8 |  |
|  | VR2 | 546.071 | 11 |  |
|  | WTT1 | 363.620 | 8 |  |

1. **KESIMPULAN**

Dari hasil optimasi alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan Proyek Jalan Tol Solo – Yogyakarta Paket 1.1 STA 3+000-6+000, dengan menggunakan Linier Metode Simpleks diperoleh beberapa kesimpulan yaitu:

1. Volume pekerjaan striping kondisi tanah asli sebesar 49.168,358 m3 dan kondisi lepas sebesar 70.310,751 m3. Pekerjaan galian persiapan tanah dasar pada kondisi asli sebesar 187.370,630 m3 dan kondisi lepas sebesar 267.940,001 m3. Sedangkan untuk pekerjaan timbunan untuk badan jalan pada kondisi asli sebesar 978.533.840 m3 dan pada kondisi lepas sebesar 1.509.779,862 m3.
2. Metode Pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan sebagai berikut:
3. Pekerjaan Striping membersihkan lapisan permukaan tanah atas yang mengandung banyak bahan organik seperti rumput, akar-akaran dengan menggunakan alat bulldozer yang bergerak dari arah utara ke selatan pada STA 3, lalu tanah hasil striping diangkut menggunakan dumptruck menuju disposal area sejarak 1 km. Berikutnya melakukan pekerjaan striping pada STA 4, STA 5, dan STA 6.
4. Pekerjaan Galian dilakukan setelah pekerjaan striping. Dimulai dari STA 3 menggunakan excavator, hasil galian diangkat oleh excavator dan didumping ke dump truk untuk diangkut ke disposal area sejarak 1 km. Hasil tanah galian yang berada di disposal area diratakan oleh bulldozer. Selanjutnya melakukan pekerjaan galian pada STA 4, STA 5, dan STA 6.
5. Pekerjaan Timbunan dilakukan setelah pekerjaan galian. Dengan cara menggali tanah di quarry menggunakan excavator kemudian diangkat ke dump truk untuk diangkut ke lokasi pekerjaan timbunan di STA 3 yang berjarak 8 km dari quarry. Lalu dump truk mendumping tanah ke STA 3, kemudian dihamparkan tanah timbunan oleh menggunakan motor grader dan dipadatkan dengan vibratory roller dengan kepadatan sesuai dengan hasil uji laboratorium, dan bersamaan dengan penyiraman material timbunan menggunakan water tank truk. Selanjutnya melakukan pekerjaan timbunan pada STA 4, STA 5, dan STA 6.
6. Alat berat yang digunakan sebagai berikut:
7. Pada pekerjaan stripping, jenis alat berat yang digunakan yaitu: Excavator Tipe Doosan DX 300 LCA(EXC1), Excavator Tipe Kobelco SK 200(EXC2), Dump TrucK Tipe Hino 130 HD(DT1), Dump Truck Tipe HINO FM 280 JD(DT2), Bulldozer Type Komatsu D65E-12(BD1), dan Bulldozer Type Komatsu D85E – SS2(BD2)
8. Pada pekerjaan galian, jenis alat berat yang digunakan yaitu: Excavator Tipe Doosan DX 300 LCA(EXC1), Excavator Tipe Kobelco SK 200(EXC2), Dump TrucK Tipe Hino 130 HD(DT1), Dump Truck Tipe HINO FM 280 JD(DT2), Bulldozer Type Komatsu D65E-12 (BD1), dan Bulldozer Type Komatsu D85E – SS2(BD2)
9. Pada pekerjaan timbunan, jenis alat berat yang digunakan yaitu: Excavator Tipe Doosan DX 300 LCA(EXC1), Excavator Tipe Kobelco SK 200(EXC2), Dump TrucK Tipe Hino 130 HD(DT1), Dump Truck Tipe HINO FM 280 JD(DT2), Bulldozer Type Komatsu D65E-12(BD1), Bulldozer Type Komatsu D85E – SS2(BD2), Vibratory Roller Type Volvo SD 100 DC(VR1), Vibratory Roller Type Hamm 3410(VR2), Motor Grader Tipe Changlin 713 H (MG1), Motor Grader Tipe Mitsubishi MG330(MG2), dan Water Tank Truk Tipe Mitsubishi 125 HD(WTT1)

Dan Alternatif Kombinasi (AK) alat berat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pekerjaan Stripping yaitu: AK1 : EXC1, DT1, BD1; AK2 : EXC1, DT2, BD1; AK3 : EXC2, DT1, BD1; AK4 : EXC2, DT2, BD1; AK5 : EXC1, DT1, BD2; AK6 : EXC1, DT2, BD2; AK7 : EXC2, DT1, BD2; dan AK8 : EXC2, DT2, BD2
2. Pekerjaan Galian yaitu: AK1 : EXC1, DT1, BD1; AK2 : EXC1, DT2, BD1; AK3 : EXC2, DT1, BD1; AK4 : EXC2, DT2, BD1; AK5 : EXC1, DT1, BD2; AK6 : EXC1, DT2, BD2; AK7 : EXC2, DT1, BD2; dan AK8 : EXC2, DT2, BD2
3. Pekerjaan Timbunan yaitu: AK1 : EXC1, DT1, MG1, VR1, WTT1; AK2 : EXC1, DT2, MG1, VR2, WTT1; AK3 : EXC2, DT1, MG2, VR1, WTT1; AK4 : EXC2, DT2, MG2, VR2, WTT1; AK5 : EXC1, DT1, BD1, VR1, WTT1; AK6 : EXC1, DT2, BD1, VR2, WTT1; AK7 : EXC2, DT1, BD2, VR1, WTT1; dan AK8 : EXC2, DT2, BD2, VR2, WTT1
4. Biaya masing-masing alat berat per jam, yaitu: Excavator Tipe Doosan DX 300 LCA sebesar Rp 853.721; Excavator Tipe Kobelco SK 200 sebesar Rp 547.257; Dump TrucK Tipe Hino 130 HD sebesar Rp 365.202; Dump Truck Tipe HINO FM 280 JD sebesar Rp 634.813; Bulldozer Tipe Komatsu D65E-12 sebesar Rp 695.427; Bulldozer Tipe Komatsu D85E – SS2 sebesar Rp 812.707; Vibratory Roller Tipe Volvo SD 100 DC sebesar Rp 564.986; Vibratory Roller Tipe Hamm 3410 sebesar Rp 546.071; Motor Grader Tipe Changlin 713 H sebesar Rp 497.199; Motor Grader Tipe Mitsubishi MG330 sebesar Rp 553.537; dan Water Tank Truck Tipe Mitsubishi 125 HD sebesar Rp 363.619
5. Melalui beberapa alternatif kombinasi yang sudah di optimasi, maka penggunaan alat berat yang paling optimal yaitu:
6. Pada pekerjaan stripping menggunakan alternatif kombinasi 7 dengan total biaya Rp 1.194.132.280, dengan kombinasi 2 Excavator Tipe Kobelco SK 200, 5 Dump TrucK Tipe HINO 130 HD, 3 Bulldozer Tipe Koematsu D85E-SS2.
7. Pada pekerjaan galian menggunakan alterntif kombinasi 7 dengan total biaya Rp 4.716.870.141, dengan kombinasi 3 Excavator Tipe Kobelco SK 200, 8 Dump TrucK Tipe HINO 130 HD, 5 Bulldozer Tipe Koematsu D85E-SS2.
8. Pada pekerjaan timbunan menggunakan alterntif kombinasi 3 dengan total biaya Rp 13.231.549.3342, dengan kombinasi 3 Excavator Tipe Kobelco SK 200, 11 Dump TrucK Tipe HINO 130 HD, 10 Motor Grader Tipe Mitsubishi MG330, 11 Vibratory Roller Tipe Volvo SD 100 DC, 8 Water Tank Truck Tipe Mitsubishi 125 HD.
9. Jadi total biaya alat berat pada pekerjaan stripping, pekerjaan galian, dan pekerjaan timbunan sebesar Rp 19,142,551,762.
10. **DAFTAR PUSTAKA**

[1] Aminudin, 2005. Prinsip-Prinsip Riset Operasi. Jakarta: Erlangga.

[2] Bagaskara Andri Pradipta, 2020. “Optimasi Alat Berat Pekerjaan Mainroad Dan Interchange X Tol Pandaan-Malang”.

[3] Diah Lydianingtias & Suhariyanto, 2018. Alat Berat. POLINEMA Press, Politeknik Negeri Malang.

[4] Katalog Alat Berat Konstruksi Tahun 2013.

[5] Kholil, Ahmad. 2012. Alat Berat. Bandung : PT. Remaja Rosdakarya.

[6] Mochamad Hasan Sarmada, 2022. “Optimasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian dan Timbunan Proyek JLS Paket 9 STA 0+000-STA 3+000”.

[7] Moh. Aji Pangestu, 2022. “Penerapan Metode Simpleks Dalam Optimasi Biaya Penggunaan Alat Berat Pada Pekerjaan Cut and Fill Proyek Workshop PT. INKA Persero”.

[8] Novia Ariyanti & Nuril Lutvi Azizah, 2019. Teknik Optimasi. UMSIDA PRESS, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo.

[9] Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2022. Pedoman Penyusunan Perkiraan Biaya Pekerjaan Konstruksi Bidang Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat.

[10] Rostiyanti, S. F. 2008. Alat Berat Untuk Proyek Konstruksi Edisi Kedua. Jakarta. PT Rineka Cipta

[11] Siringoringo, Hotniar. 2005. Seri Teknik Operasional Pemograman Linier. Yogjaykarta: Graha ilmu.

[12] Spesifikasi Umum Kementerian PUPR Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2018.