



OPTIMASI ALAT BERAT PADA PEKERJAAN TANAH LAHAN PARKIR BDF SINGOSARI

Krisna Amelia Puspawenni^{1,*}, Suhariyanto², Fauziah Shanti C.S.M³Politeknik Negeri Malang ¹⁻³krisnaameliapuspawenniii@gmail.com¹, suhariyanto.polinema@gmail.com²,fauziahscsm@polinema.co.id³

ABSTRAK

Pekerjaan tanah merupakan tahapan awal yang berpengaruh terhadap biaya dan waktu pelaksanaan proyek konstruksi. Penggunaan alat berat yang kurang optimal dapat menyebabkan tingginya biaya operasional dan rendahnya efisiensi pekerjaan. Penelitian ini bertujuan menentukan kebutuhan alat berat berdasarkan perhitungan manual, menyusun model optimasi menggunakan metode *Linear Programming*, membandingkan hasil penggunaan alat berat pada kondisi eksisting, perhitungan manual, dan optimasi, serta mengetahui biaya dan durasi pelaksanaan pekerjaan tanah pada Proyek Pembangunan Lahan Parkir BDF Singosari. Analisis dilakukan melalui perhitungan produktivitas alat, kebutuhan alat, durasi, dan biaya operasional, kemudian disusun model matematis berupa fungsi tujuan dan fungsi kendala yang diselesaikan menggunakan *Microsoft Excel Solver*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi alat berat yang direkomendasikan pada pekerjaan galian terdiri atas 2 unit excavator dan 5 unit *dump truck* pada Disposal Area A serta 1 unit excavator dan 3 unit *dump truck* pada Disposal Area B. Pada pekerjaan timbunan digunakan 1 unit *bulldozer*, 1 unit *water tanker*, dan 1 unit *vibratory roller*. Hasil optimasi menghasilkan biaya sebesar Rp1.673.757.374,46, lebih rendah dibandingkan kondisi eksisting sebesar Rp2.032.740.000,00, sehingga diperoleh penghematan biaya sebesar 17,66%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *Linear Programming* mampu menghasilkan kombinasi alat berat yang lebih efisien sesuai dengan kondisi lapangan

Kata kunci : Alat berat, pekerjaan tanah, produktivitas, *Linear Programming*, optimasi.

ABSTRACT

Earthwork is the initial stage of construction projects that significantly influences project cost and execution time. Inefficient utilization of heavy equipment may increase operational costs and reduce project efficiency. This study aims to determine heavy equipment requirements through manual calculations, develop an optimization model using Linear Programming, compare existing conditions with manual calculations and optimization results, and evaluate the resulting cost and duration of heavy equipment utilization in the earthwork

Article History

Received: Oktober 2026

Reviewed: Oktober 2026

Published: Oktober 2026

Plagiarism Checker No
237.u873247.fh8374

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



of the BDF Singosari Parking Area Project. The research was conducted by analyzing equipment productivity, equipment requirements, operational costs, and work duration. A mathematical optimization model consisting of an objective function and constraint functions was formulated and solved using Microsoft Excel Solver. The results indicate that the recommended equipment combination for excavation consists of two excavators and five dump trucks for Disposal Area A, and one excavator with three dump trucks for Disposal Area B. For embankment work, the optimal combination consists of one bulldozer, one water tanker, and one vibratory roller, while subbase material transportation requires twelve dump trucks and subgrade compaction uses one vibratory roller. The comparison shows that the existing heavy equipment cost was Rp2,032,740,000.00, whereas both the manual calculation and the Linear Programming approach resulted in a total cost of Rp1,673,757,374.46, representing a cost saving of Rp358,982,625.54 (17.66%). The findings demonstrate that the Linear Programming approach provides a more efficient heavy equipment allocation while remaining compatible with actual site conditions.

Keywords : *earthwork, heavy equipment, optimization, productivity, Linear Programming.*

1. PENDAHULUAN

Pekerjaan tanah merupakan salah satu tahapan awal dalam pelaksanaan proyek konstruksi yang berpengaruh terhadap biaya, waktu, dan produktivitas proyek secara keseluruhan. Pelaksanaan pekerjaan tanah umumnya melibatkan berbagai jenis alat berat, seperti excavator, dump truck, bulldozer, water tanker, dan vibratory roller. Penggunaan alat berat yang tidak sesuai dengan kondisi dan volume pekerjaan dapat menyebabkan ketidakseimbangan antaralat, waktu tunggu, rendahnya produktivitas, serta meningkatnya biaya operasional. Oleh karena itu, diperlukan perencanaan kombinasi alat berat yang efisien agar pekerjaan dapat diselesaikan sesuai target waktu dengan biaya yang optimal. Kombinasi alat yang tepat dapat meningkatkan produktivitas sekaligus menekan biaya pelaksanaan proyek [1].

Beberapa penelitian telah menerapkan metode *Linear Programming* untuk

mengoptimalkan penggunaan alat berat pada pekerjaan tanah. Suwaji menunjukkan bahwa optimasi penggunaan alat berat dapat menghasilkan kombinasi alat dengan biaya minimum [2]. Sementara itu, Luh menunjukkan bahwa penerapan optimasi dapat meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dalam pelaksanaan proyek [3]. Penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa pemilihan jumlah dan jenis alat yang tepat perlu mempertimbangkan produktivitas, waktu pelaksanaan, dan biaya operasional. Namun, penelitian terdahulu umumnya lebih menitikberatkan pada hasil optimasi matematis, sedangkan kondisi aktual lapangan sebagai pertimbangan dalam menentukan alternatif kombinasi alat masih belum banyak diperhatikan.

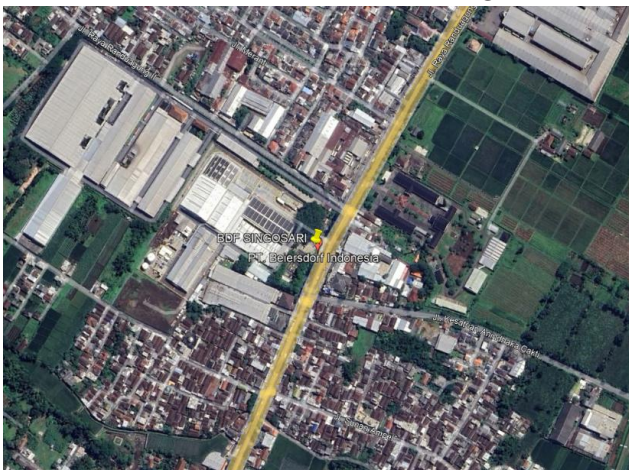
Kondisi tersebut menjadi penting karena hasil optimasi secara matematis belum tentu seluruhnya sesuai untuk diterapkan di lapangan. Keterbatasan area kerja, kondisi antrean dump truck, kapasitas alat, serta



pola kerja alat secara simultan dapat memengaruhi efektivitas kombinasi alat berat. Oleh karena itu, hasil optimasi perlu dibandingkan dengan kondisi eksisting dan perhitungan manual sehingga alternatif yang dipilih tidak hanya memberikan efisiensi biaya dan waktu, tetapi juga dapat diterapkan sesuai kondisi aktual proyek.

Penelitian ini dilakukan pada pekerjaan tanah Proyek Pembangunan Lahan Parkir BDF Singosari yang meliputi pekerjaan galian dan timbunan. Analisis dilakukan melalui perhitungan manual dan optimasi menggunakan metode *Linear Programming*. Hasil kedua pendekatan tersebut dibandingkan dengan kondisi eksisting untuk mengetahui perubahan kebutuhan alat, biaya, dan durasi pekerjaan. Penelitian ini bertujuan memperoleh kombinasi alat berat yang paling efisien berdasarkan biaya dan durasi dengan tetap mempertimbangkan kondisi aktual lapangan.

Gambar 1. 1 Lokasi BDF Singosari



Sumber : Google earth

2. METODE

Analisis ini dilakukan pada pekerjaan tanah Proyek Pembangunan Lahan Parkir BDF Singosari yang meliputi pekerjaan galian, pengangkutan material hasil galian menuju

Disposal Area A dan Disposal Area B, pekerjaan timbunan, pengangkutan material sirtu, serta pemadatan tanah dasar. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan memanfaatkan data primer berupa volume pekerjaan, spesifikasi alat berat, waktu siklus alat, dan kondisi lapangan, sedangkan data sekunder diperoleh dari gambar rencana, dokumen proyek, harga sewa alat, serta literatur yang mendukung penelitian.

Gambar 2. 1 Kondisi Eksisting



Sumber : Dokumentasi Proyek

Tahapan penelitian diawali dengan menghitung produktivitas masing-masing alat berat berdasarkan spesifikasi alat dan kondisi lapangan. Selanjutnya dilakukan perhitungan kebutuhan alat, durasi pekerjaan, dan biaya operasional secara manual untuk memperoleh alternatif kombinasi alat berat. Hasil perhitungan tersebut kemudian digunakan sebagai dasar penyusunan model optimasi menggunakan metode *Linear Programming*.

Model optimasi disusun dengan menetapkan variabel keputusan berupa jumlah alat berat, fungsi tujuan untuk meminimumkan biaya penggunaan alat berat, serta fungsi kendala yang meliputi kendala volume pekerjaan, produktivitas alat, *match factor*, kendala non-negatif, dan kendala bilangan bulat (*integer*). Model matematis selanjutnya



diselesaikan menggunakan *Microsoft Excel Solver* untuk memperoleh kombinasi alat berat yang memenuhi seluruh fungsi kendala. Hasil optimasi kemudian dibandingkan dengan kondisi eksisting dan hasil perhitungan manual berdasarkan jumlah alat berat, biaya operasional, dan durasi pekerjaan. Alternatif terbaik dipilih dengan mempertimbangkan hasil optimasi serta kondisi aktual lapangan sehingga kombinasi alat berat yang direkomendasikan dapat diterapkan secara efektif pada proyek.

Gambar 2. 2 Gambar Penumpukan Dump Truck



Sumber : Dokumentasi Proyek

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini menganalisis kebutuhan alat berat pada pekerjaan tanah Proyek Pembangunan Lahan Parkir BDF Singosari melalui perhitungan manual dan optimasi menggunakan metode Linear Programming. Model optimasi disusun dengan fungsi tujuan untuk meminimumkan biaya penggunaan alat berat. Pada pekerjaan galian, fungsi tujuan dirumuskan sebagai:

$$\text{Min } Z = 298.711,99 X_1 + 480.579,94 X_2 + 480.579,94 X_3$$

Dengan x_1 adalah jumlah excavator, x_2 jumlah dump truck menuju Disposal Area A, dan

x_3 jumlah dump truck menuju Disposal Area B. Fungsi kendala yang digunakan meliputi batas jumlah excavator ($X_1 \leq 3$), pemenuhan volume galian Disposal Area A ($\geq 13.600 \text{ m}^3$), Disposal Area B ($\geq 3.835,22 \text{ m}^3$), durasi pekerjaan (≤ 29 hari), serta kendala bilangan bulat (integer) dan non-negatif.

Tabel 1. Perbandingan Penggunaan Alat Berat

Alat	Kondisi		
	Eksisting	Manual	Linear programming
Excavator	5	3	3
Dump Truck	38	12	12
Bulldozer	-	1	1
Water Tanker	1	1	1
Vibratory Roller	2	1	1

Sumber: Hasil Perhitungan

Berdasarkan Tabel 1, kondisi eksisting menggunakan jumlah alat berat yang lebih banyak dibandingkan hasil penelitian, terutama pada penggunaan *excavator*, *dump truck*, dan *vibratory roller*. Hasil perhitungan manual dan metode *Linear Programming* menghasilkan kombinasi alat berat yang sama, yaitu 3 unit *excavator*, 12 unit *dump truck*, 1 unit *bulldozer*, 1 unit *water tanker*, dan 1 unit *vibratory roller*. Pada pekerjaan galian, kombinasi tersebut terdiri atas 2 unit *excavator* dan 5 unit *dump truck* pada Disposal Area A serta 1 unit *excavator* dan 3 unit *dump truck* pada Disposal Area B. Meskipun hasil optimasi menghasilkan alternatif dengan biaya yang lebih rendah, alternatif tersebut memerlukan jumlah *excavator* yang lebih banyak sehingga berpotensi menghambat mobilitas *dump truck* pada area proyek yang terbatas. Oleh karena itu, Alternatif 2 dipilih sebagai



kombinasi alat berat yang paling sesuai karena tidak hanya efisien secara biaya, tetapi juga realistis untuk diterapkan pada kondisi aktual lapangan.

Tabel 2. Rekapitulasi Alat Berat

Parameter	Eksisting	Hasil Analisis
Total biaya (Rp)	2.032.740.000,00	1.673.757.374,46
Penghematan Biaya (%)	-	17,66
Total Durasi (Hari)	129	37

Sumber: Hasil Perhitungan

Selanjutnya, **Tabel 2** menunjukkan bahwa penerapan kombinasi alat berat hasil penelitian mampu meningkatkan efisiensi pelaksanaan pekerjaan tanah. Total biaya

penggunaan alat berat menurun dari Rp2.032.740.000,00 pada kondisi eksisting menjadi Rp1.673.757.374,46, sehingga diperoleh penghematan sebesar Rp358.982.625,54 atau 17,66%. Selain itu, total durasi pekerjaan berkurang dari 129 hari menjadi 37 hari. Total durasi tersebut merupakan durasi keseluruhan pekerjaan tanah yang diperoleh dari hasil penjadwalan pekerjaan, bukan merupakan penjumlahan durasi penggunaan masing-masing alat berat, karena seluruh alat bekerja secara simultan sesuai urutan pelaksanaan pekerjaan. Hasil ini menunjukkan bahwa metode *Linear Programming* mampu menghasilkan kombinasi alat berat yang lebih efisien dibandingkan kondisi eksisting dengan tetap mempertimbangkan kondisi aktual proy

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa penerapan metode Linear Programming mampu menghasilkan kombinasi alat berat yang lebih efisien dibandingkan kondisi eksisting pada pekerjaan tanah Proyek Pembangunan Lahan Parkir BDF Singosari. Hasil optimasi menghasilkan kombinasi alat berat yang sama dengan hasil perhitungan manual, yaitu pada pekerjaan galian menggunakan 3unit excavator dan 8unit dump truck yang terbagi menjadi Disposal Area A dan Disposal Area B, sedangkan pada pekerjaan timbunan menggunakan 1 unit bulldozer, 1 unit water tanker, 1unit vibratory roller, dan 12unit dump truck. Meskipun terdapat alternatif dengan biaya yang lebih rendah, alternatif tersebut tidak dipilih karena kurang sesuai dengan kondisi aktual proyek yang memiliki area kerja terbatas sehingga berpotensi menghambat mobilitas dump truck. Dibandingkan kondisi eksisting, kombinasi alat berat hasil penelitian mampu menurunkan biaya penggunaan alat berat dari Rp2.032.740.000,00 menjadi Rp1.673.757.374,46 atau menghemat 17,66%, serta mempercepat durasi penyelesaian pekerjaan dari 129 hari menjadi 37 hari. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode Linear Programming dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam menentukan kombinasi alat berat yang optimal dengan mempertimbangkan aspek matematis dan kondisi aktual lapangan.



DAFTAR PUSTAKA

D. M. Octavia dan R. Mardhiyah, “Analisis Kombinasi Excavator dan Dump Truck pada Pekerjaan Galian Tanah (Studi Kasus : Proyek Pembangunan Kampus III UIN Imam Bonjol Padang),” vol. 8, no. 2, hal. 66-74, 2021, doi: 10.21063/JTS.2021.V802.04.

Suwaji, “Optimizing the Use of Heavy

Equipment on Earthworks on the Syamsudin,” vol. 4, no. 3, hal. 391-397, 2024.

N. Luh, G. Anjani, P. Dewi, F. Purnomo, dan I. R. Riskiyah, “Optimasi Alat Berat Pada Pekerjaan Galian Dan Timbunan Proyek Tol Pasuruan-Probolinggo,” vol. 4, no. September, hal. 301-308, 2023.