



Department of Digital Business

Journal of Artificial Intelligence and Digital Business (RIGGS)

Homepage: <https://journal.ilmudata.co.id/index.php/RIGGS>

Vol. 5 No. 1 (2026) pp: 5648-5657

P-ISSN: 2963-9298, e-ISSN: 2963-914X

Analisis Efektivitas dan Efisiensi Penggunaan Alat Berat pada Pekerjaan *Cut and Fill* Proyek Jogging Track Universitas Diponegoro

Carina Ika Putri¹, Hanifah Fajariah Dewi²

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Sultan Agung Semarang

¹carinaputri3320@gmail.com, ²hanifahfajariah757@gmail.com

Abstrak

Pekerjaan cut and fill pada Proyek Jogging Track Universitas Diponegoro Semarang memerlukan pengelolaan alat berat yang tepat agar target waktu dan biaya dapat dicapai secara efektif dan efisien. Penelitian ini bertujuan menganalisis kinerja sistem kerja excavator–dump truck pada pekerjaan galian dan timbunan, serta menentukan alternatif kombinasi alat yang paling optimal. Metode penelitian menggunakan studi kasus dengan pengumpulan data dokumen proyek, observasi lapangan, dan wawancara. Data utama meliputi volume pekerjaan (galian 38.062 m³ dan timbunan 277.580 m³), jenis serta jumlah alat, jam kerja (7 jam/hari), waktu siklus, efisiensi kerja, dan biaya sewa. Analisis dilakukan melalui perhitungan produktivitas teoritis excavator dan dump truck, perhitungan biaya operasi per jam, serta simulasi lima alternatif kombinasi alat dengan mempertimbangkan keseimbangan produksi antara alat muat dan alat angkut untuk menekan idle time. Hasil menunjukkan kondisi existing (4 excavator + 3 dump truck) memerlukan durasi 717,4 jam dengan biaya Rp 2.073.357.445. Alternatif terbaik adalah Alternatif 3 (3 excavator Komatsu PC200-8 + 10 dump truck) dengan durasi 605,625 jam dan biaya Rp 1.398.834.440, atau terjadi penurunan waktu 15,6% dan penghematan biaya 32,53% dibanding kondisi existing. Temuan ini menegaskan bahwa efisiensi proyek tidak hanya dipengaruhi kapasitas alat, tetapi terutama oleh pengaturan kombinasi dan keseimbangan produksi alat di lapangan.

Kata kunci: Alat Berat, Cut And Fill, Efisiensi, Efektivitas, Produktivitas, Proyek

1. Latar Belakang

Pekerjaan tanah masih menjadi salah satu pekerjaan yang paling berdampak terhadap waktu dan biaya proyek, terutama pada item cut and fill yang volumenya besar dan ritmenya berulang. Di lapangan, kelancaran cut and fill sangat ditentukan oleh bagaimana alat berat dipilih, dipasangkan, dan diatur ritme kerjanya dari gali–muat–angkut–buang. Alat berat pada dasarnya digunakan untuk membantu pekerjaan yang membutuhkan tenaga besar dan percepatan waktu, bukan sekadar menggantikan tenaga manual, tetapi juga untuk mengejar target mutu dan produktivitas. Hal ini sejalan dengan pengertian alat berat sebagai peralatan yang memudahkan pekerjaan konstruksi seperti menggali, mengangkut, dan membentuk material agar lebih cepat dan lebih baik dibandingkan cara manual (Rostiyanti, 2011). Definisi lain juga menekankan fungsi alat berat sebagai sarana mempercepat pelaksanaan pekerjaan konstruksi, baik pekerjaan permanen maupun sementara, yang pada akhirnya memengaruhi hasil kerja serta biaya operasional proyek (Rochmanhadi, 2010). Keuntungan penggunaan alat berat pada proyek juga telah banyak dibahas, mulai dari percepatan waktu, kemampuan kerja besar, aspek ekonomis, hingga mutu hasil kerja yang lebih stabil (Wilopo, 2009). Namun, pada kenyataannya, keberadaan alat berat saja belum menjamin pekerjaan tanah menjadi cepat dan ekonomis, karena yang paling menentukan adalah manajemen penggunaannya: kapan alat bekerja efektif, berapa jam kerja efektifnya, bagaimana keseimbangan kapasitas antaralat, serta bagaimana mengurangi idle time yang sering tidak terlihat pada tahap perencanaan awal (Rochmanhadi, 2010). Oleh karena itu, pembahasan efektivitas dan efisiensi pemakaian alat berat tetap relevan, terutama untuk proyek yang karakteristiknya berbeda dengan proyek-proyek besar pada umumnya.

Selama ini, penelitian mengenai manajemen alat berat memang cukup banyak, tetapi umumnya mengambil objek proyek berskala besar seperti jalan raya, gedung bertingkat, atau infrastruktur lainnya. Pada proyek-proyek besar, variasi alat lebih banyak, pola kerja lebih kompleks, dan metode pengendalian produksi lebih mapan, sehingga kesimpulan penelitian sering kali terbatas pada konteks proyek tersebut. Sementara itu, proyek dengan skala dan karakteristik khusus seperti pembangunan Jogging Track di lingkungan kampus masih relatif terbatas dibahas. Padahal, kondisi lapangan kampus dapat memiliki pembatas ruang gerak, akses mobilisasi, jam operasional,

hingga keterbatasan area dumping yang berbeda dari proyek jalan atau gedung. Pada Proyek Jogging Track Universitas Diponegoro (UNDIP), pekerjaan cut and fill menjadi pekerjaan utama karena bertujuan membentuk kontur sesuai desain, sehingga kegiatan galian (cut) dan timbunan (fill) harus terukur dan ritmenya tidak boleh terputus terlalu sering. Dalam praktiknya, cut and fill menuntut rangkaian alat yang saling terkait, mulai dari excavator untuk menggali dan memuat, dump truck untuk mengangkut, hingga penataan timbunan mengikuti tahapan pekerjaan.

Jika ditinjau dari kesenjangan penelitian, banyak kajian sebelumnya membahas produktivitas alat berat atau optimasi kombinasi alat, tetapi mayoritas dilakukan pada konteks pekerjaan jalan atau lapis pondasi dengan sistem peralatan yang lebih kompleks. Temuan tersebut belum tentu dapat langsung diterapkan pada proyek Jogging Track yang memiliki ruang terbatas dan karakter alur angkut yang berbeda. Selain itu, beberapa faktor lapangan seperti jam kerja efektif, pekerjaan yang tidak kontinu, mobilisasi/relokasi alat, serta koreksi volume akibat swell factor sering kali belum dianalisis secara mendalam. Padahal, tanpa koreksi tersebut, perhitungan produktivitas dan durasi dapat terlihat baik secara teoritis, tetapi tidak sesuai dengan kondisi pelaksanaan.

Alasan penelitian ini dilakukan karena pada pekerjaan cut and fill Proyek Jogging Track UNDIP, keputusan kombinasi alat berat secara langsung memengaruhi waktu penyelesaian dan biaya pemakaian alat. Ketidakseimbangan antara excavator dan dump truck dapat menyebabkan antrean di area muat atau sebaliknya membuat excavator menunggu, sehingga produktivitas sistem menurun. Produktivitas aktual perlu dikoreksi menggunakan faktor job efficiency agar mendekati kondisi nyata (Peurifoy et al.). Selain itu, jam kerja resmi tidak selalu sama dengan jam kerja efektif, dan pekerjaan konstruksi jarang berjalan kontinu sehingga muncul idle time yang memengaruhi durasi kalender (Hendrickson dan Au). Volume tanah setelah digali juga mengalami pengembangan sehingga berbeda dengan volume in situ, yang berdampak pada kebutuhan ritme alat angkut (Peurifoy, Schexnayder, 2011).

Berdasarkan konteks tersebut, penelitian ini berfokus menganalisis efektivitas dan efisiensi penggunaan alat berat pada pekerjaan cut and fill Proyek Jogging Track Universitas Diponegoro tahun 2025, dengan objek utama excavator dan dump truck. Analisis dilakukan dengan mempertimbangkan produktivitas teoritis, faktor efisiensi kerja, keseimbangan kapasitas produksi, serta implikasinya terhadap waktu dan biaya proyek. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan menghasilkan rekomendasi kombinasi alat yang lebih realistis dan sesuai dengan karakteristik proyek.

2. Metode Penelitian

1. Umum

Tahap proses penelitian dimulai dengan tinjauan pustaka untuk memperoleh informasi serta data terkait teori-teori yang berhubungan dengan pokok permasalahan. Sumber informasi tersebut dapat berasal dari literatur, materi perkuliahan, media daring, maupun media cetak lainnya. Penelitian terdahulu juga dijadikan sebagai referensi dan bahan perbandingan antara hasil perhitungan di lapangan dengan penelitian ini.

Tahap selanjutnya adalah pengumpulan data proyek yang diperoleh langsung dari dokumen proyek. Setelah semua data yang diperlukan terkumpul, dilakukan pengolahan data yang didapat dari proyek tersebut. Setelah mendapatkan hasil analisis, kemudian dapat diambil kesimpulan.

2. Bagan Alir Penelitian

Dalam penyusunan penelitian ini menggunakan bagan alir (*flowchart*) agar pembaca lebih mudah mengetahui langkah-langkah dari penelitian ini.

3. Metode Penelitian

Metode penelitian adalah langkah-langkah sistematis untuk mengumpulkan, menganalisis, dan menginterpretasikan data guna menjawab rumusan masalah pada sebuah penelitian. Dalam penelitian ini, kami menggunakan metode simulasi dan observasi.

3. Hasil dan Diskusi

1. Pengumpulan Data

a. Data Proyek

Studi kasus pada penelitian ini adalah proyek Pembangunan Jogging Track Universitas Diponegoro Semarang. Data proyek yang dibutuhkan antara lain:

Lokasi Proyek : Jalan Prof. Soedarto, Kec. Tembalang, Kota Semarang, Jawa Tengah
Volume Galian : 38.062 m³
Volume Timbunan : 277.580 m³

2 Hasil Wawancara

Berikut merupakan hasil wawancara yang telah kami lakukan dengan Pak Bayu dan Pak Efrat sebagai pelaksana lapangan dan pengawas pada proyek ini, khususnya pada pekerjaan galian dan timbunan Proyek Jogging Track Universitas Diponegoro Semarang.

Tabel 1 Hasil Wawancara

No	Aspek yang Ditanyakan	Narasumber 1	Narasumber 2
1	Faktor Cuaca	Normalnya alat berat bekerja selama 7 jam/hari. Namun, apabila terjadi cuaca buruk seperti hujan, alat berat tidak dapat bekerja maksimal. Contohnya, jika dalam sehari terjadi hujan selama lebih dari 3 jam, maka biaya sewa alat berat pada saat itu akan dihitung setengah hari dari jam kerja.	Normalnya alat berat bekerja selama 7 jam/hari. Namun, apabila terjadi cuaca buruk seperti hujan, alat berat tidak dapat bekerja maksimal. Contohnya, alat telah bekerja dari jam 8 pagi–12 siang, lalu datang hujan deras yang tidak memungkinkan pekerjaan dilanjutkan, maka biaya sewa akan dihitung setengah hari dari jam kerja.
2	Pengaruh Operator	Faktanya, di lapangan operator yang memiliki pengalaman lebih lama dapat menyelesaikan pekerjaannya lebih cepat dan maksimal dibandingkan dengan operator baru. Tidak hanya memiliki pengalaman kerja saja, tetapi operator juga harus dapat berkoordinasi dan disiplin dan bertanggung jawab biasanya berkomunikasi dengan baik serta memiliki kedisiplinan waktu dalam bekerja. Terkadang ada operator yang tidak disiplin waktu sehingga mengakibatkan keterlambatan siklus kerja.	Di lapangan sering terlihat bahwa operator yang memahami karakter alat dan kondisi lapangan dapat menyesuaikan cara kerja agar tidak terjadi pemborosan waktu, bahan bakar, dan kerusakan alat. Selain itu, operator yang melakukan pengecekan alat sebelum dan sesudah bekerja, sehingga potensi kerusakan dapat diminimalkan dan alat dapat beroperasi secara maksimal.
3	Usia Berat Alat	Alat berat yang sudah berusia lama cenderung memperlambat proses pekerjaan dibandingkan dengan alat berat yang masih baru. Terkadang dari penyedia sewa alat berat hanya terdapat unit dengan usia pemakaian dan spesifikasi yang tidak sesuai dengan perhitungan perencanaan.	Usia alat berat tidak selalu menjadi penentu utama apabila diimbangi dengan perawatan yang baik dan pengoperasian yang benar. Alat berat yang sudah cukup lama digunakan tetapi dirawat secara rutin dan dioperasikan oleh operator yang kompeten masih dapat bekerja dengan baik dan memenuhi target pekerjaan. Jadi, usia operasional alat berat berpengaruh terhadap produktivitas, tetapi harus dilihat juga dari kondisi alat dan sistem perawatannya di lapangan.

3. Kesimpulan Hasil Wawancara

Berdasarkan hasil wawancara dengan kedua narasumber, dapat disimpulkan bahwa produktivitas alat berat di lapangan dipengaruhi oleh beberapa faktor utama yang saling berkaitan, yaitu faktor cuaca, kualitas operator, dan usia alat berat. Faktor cuaca menjadi aspek eksternal yang cukup dominan, di mana kondisi cuaca buruk seperti hujan dapat menghambat jam kerja efektif alat berat. Dalam praktiknya, apabila hujan turun dalam durasi tertentu sehingga pekerjaan tidak dapat dilanjutkan, maka jam kerja alat berat tidak dapat dimanfaatkan secara optimal dan berdampak langsung pada perhitungan biaya sewa serta capaian produktivitas.

Selain itu, peran operator sangat menentukan kinerja alat berat. Operator yang berpengalaman, memahami karakter alat dan kondisi lapangan, serta memiliki kemampuan komunikasi dan koordinasi yang baik terbukti mampu menyelesaikan pekerjaan dengan lebih cepat, efisien, dan aman. Disiplin kerja dan tanggung jawab operator, termasuk dalam melakukan pengecekan alat sebelum dan sesudah bekerja, juga berpengaruh besar dalam meminimalkan kerusakan serta mengurangi pemborosan waktu dan bahan bakar. Sebaliknya, kurangnya

kedisiplinan dan pengalaman operator dapat menyebabkan keterlambatan siklus kerja dan menurunkan produktivitas alat berat.

Faktor usia alat berat juga berpengaruh terhadap produktivitas, namun tidak dapat dinilai secara mutlak. Alat berat yang berusia lama cenderung memiliki potensi gangguan operasional yang lebih besar dibandingkan alat baru, terutama jika tidak didukung oleh perawatan yang memadai. Namun demikian, hasil wawancara menunjukkan bahwa alat berat dengan usia operasional yang cukup lama masih dapat bekerja secara optimal apabila dirawat secara rutin dan dioperasikan oleh operator yang kompeten. Dengan demikian, kondisi fisik alat dan sistem perawatan menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan selain usia alat itu sendiri.

Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa produktivitas alat berat di lapangan tidak ditentukan oleh satu faktor saja, melainkan merupakan hasil dari kombinasi kondisi cuaca, kualitas sumber daya manusia sebagai operator, serta kondisi dan perawatan alat berat. Oleh karena itu, perencanaan dan pengelolaan alat berat yang baik perlu mempertimbangkan seluruh faktor tersebut agar target pekerjaan dapat tercapai secara efektif dan efisien.

4. Perhitungan Produktivitas Alat Berat

Didapatkan hasil rekapitulasi produktivitas alat berat per jam dengan rumus seperti yang ada dalam tinjauan pustaka. Excavator dihitung berdasarkan produktivitas saat menggali dan menimbun karena terdapat perbedaan waktu gali pada kondisi tanah asli (*bank volume*) dan tanah hasil galian (*loose volume*). Perhitungan produktivitas dump truck disesuaikan dengan kapasitas dan produktivitas alat pemuatnya.

Tipe Alat Berat	Produktivitas per Jam
Excavator Komatsu PC78US	23,13m ³ /jam(Menggali) 25,80m ³ /jam(Menimbun)
Excavator Hitachi ZX75US	30,2m ³ /jam(Menggali) 33,65m ³ /jam(Menimbun)
Excavator Komatsu PC70 avance	27,15m ³ /jam(Menggali) 30,28m ³ /jam(Menimbun)
Excavator Komatsu PC200-8	89,5m ³ /jam(Menggali) 99,82m ³ /jam(Menimbun)
Dump Truck Hino 300	14,21 m ³ /jam

5. Perhitungan Biaya Sewa Alat

Rincian biaya sewa alat berat diperoleh dari survey survei beberapa perusahaan yang menyediakan penyewaan alat berat di wilayah dan kebutuhan bahan bakar kami peroleh dari wawancara langsung dengan pelaksana lapangan, berikut rincian harga sewa dan keperluan bahan bakar:

1. Excavator tipe Komatsu PC78US

Harga sewa alat = 170.000/jam
 Bahan bakar = 45 liter/hari/7 jam x 6.800
 = 42.000/jam
 Operator = 175.000/hari/7 jam
 = 25.000/jam
 Harga sewa = 170.000 + 42.000 + 25.000
 = 237.000/jam

2. Excavator tipe Komatsu PC200-8

Harga sewa alat = 200.000/jam
 Bahan bakar = 125 liter/hari/7 jam x 6.800
 = 121.500/jam
 Operator = 175.000/hari/7 jam
 = 25.000/jam
 Harga sewa = 200.000 + 121.500 + 25.000

$$= 346.500/\text{jam}$$

3. Excavator tipe Hitachi ZX75US

Harga sewa alat = 170.000/jam

Bahan bakar = 45 liter/hari/7 jam x 6.800
= 42.000/jam

Operator = 175.000/hari/7 jam
= 25.000/jam

Harga sewa = 170.000 + 42.000 + 25.000
= 237.000/jam

4. Excavator tipe Komatsu PC70 avanci

Harga sewa alat = 170.000/jam

Bahan bakar = 45 liter/hari/7 jam x 6.800
= 42.000/jam

Operator = 175.000/hari/7 jam
= 25.000/jam

Harga sewa = 170.000 + 42.000 + 25.000
= 237.000/jam

6. Analisa Hasil Perhitungan Kombinasi Alat Berat

Volume galian yang digunakan pada perhitungan dumptruck mengalami loose volume sebesar 0,80, maka menjadi 47.577 m³ dikarenakan tanah pada pekerjaan ini adalah tanah lempung berpasir.

1.) Kondisi Evaluasi Kinerja Alat di Lapangan

Tipe Excavator: Komatsu PC78US, Komatsu PC200 Hitachi ZX75US, Komatsu PC70 avance

Excavator (Pekerjaan Galian)

Jumlah alat berat :4 unit (Komatsu PC78US, Komatsu PC200 Hitachi ZX75US, Komatsu PC70 avance)

Volume Galian : 38.062 m³

Produksi Excavator/Jam :23,12 m³ (Komatsu PC78US)

:30,2 m³ (Hitachi ZX75US)

:89,5 m³ (Komatsu PC200)

:27,15 m³ (Komatsu PC70 avance)

Produksi Excavator : $\sum Q$

Seluruh Alat : 23,12 + 30,2 + 89,5 + 27,15

: 169,97 m³/jam

Waktu Kerja Excavator : $\frac{\text{Volume Galian}}{\text{Produksi Excavator Seluruh Alat}}$

: $\frac{38.062}{169,97}$

: $\frac{38.062}{169,97}$

: 223,9336 jam

Biaya Total Sewa Alat : (\sum Biaya sewa alat/jam x Waktu kerja alat x Unit)

: ((237.000 + 346.500 + 237.000 + 237.000)

	: 223,9336 x 1)
	: Rp 236.809.819,4
Excavator (Pekerjaan Timbunan)	
Jumlah alat berat	: 4 unit (Komatsu PC78US, Komatsu PC200 Hitachi ZX75US, Komatsu PC70 avance)
Volume Timbunan	: 277.580 m ³
Produksi Excavator/Jam	: 25,80 m ³ (Komatsu PC78US)
	: 33,65 m ³ (Hitachi ZX75US)
	: 99,82 m ³ (Komatsu PC200)
	: 30,28 m ³ (Komatsu PC70 avance)
Produksi Excavator	: $\sum Q$
Seluruh Alat	: 25,80 + 33,65 + 99,82 + 30,28
	: 189,55 m ³ /jam
Waktu Kerja Excavator	: $\frac{\text{Volume Timbunan}}{\text{Produksi Excavator Seluruh Alat}}$
	: $\frac{277.580}{189,55}$
	: 1464,41 jam
Biaya Total Sewa Alat	: (\sum Biaya sewa alat/jam x Waktu kerja alat x Unit)
	: ((237.000 + 346.500 + 237.000 + 237.000) 1464,41 x 1)
	: Rp 1.548.619.625
Biaya Total Excavator	: Excavator Pekerjaan Galian + Excavator Pekerjaan Timbunan
	: Rp 236.809.819,4 + Rp 1.548.619.625
	: Rp 1.785.429.445
Dump Truck Hino 300	
Jumlah alat berat	: 3 ùnit
Volume Pekerjaan	: 47.577 m ³
Produktivitas Dump Truck	: 14,21 m ³ /jam
Pier Jam (Q)	
Waktu kerja tiap alat	: $\frac{\text{Volume Pekerjaan}}{\text{Produktivitas Seluruh Alat}}$
	: $\frac{47.577}{42,63}$ jam
	: 1116 jam
Biaya total sewa alat	: Rp 86.000 x 1116 jam x 3
	: Rp 287.928.000

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya
Excavator	4	1688	1.785.429.445
Dump Truck	3	1116	287.928.000
Total			2.073.357.445

Durasi kalender proyek dapat dihitung menggunakan durasi alat berat dominan.

Durasi kalender proyek ideal = (jam kerja alat dominan) / (jumlah alat dominan)

Durasi kalender proyek ideal = 1688 / 4

Durasi kalender proyek ideal = 422 jam

Durasi kalender proyek ini merupakan hasil hitungan produktivitas teoretis yang selanjutnya harus dikoreksi oleh faktor tambahan, seperti efektivitas jam kerja, pekerjaan tidak kontinu, mobilisasi, dan relokasi.

Faktor koreksi (Adjustment Factor): Faktor efektivitas jam kerja = 1,7

Maka perhitungannya menjadi:

Durasi kalender proyek aktual = 422 jam × 1,7

Durasi kalender proyek aktual = 717,4 jam

2.) Kondisi Simulasi Alternatif 1

Excavator Tipe: Komatsu PC200

Dengan rumus yang sama pada perhitungan evaluasi kondisi eksisting, didapatkan hasil:

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya
Excavator	3	1068,75	1.110.970.822,5
Dump Truck	4	669,6	287.928.000
Total			1.398.898.823

Durasi kalender proyek ideal : 356,25 jam

Durasi kalender proyek aktual : 605,625 jam

3.) Kondisi Simulasi Alternatif 2

Excavator Tipe: Komatsu PC200 (2), Hitachi ZX75US (1)

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya
Excavator	3	1371,8	1.275.764.951
Dump Truck	10	335	288.100.000
Total			1.563.864.951

Durasi kalender proyek ideal : 457,3 jam

Durasi kalender proyek aktual : 777,41 jam

4.) Kondisi Simulasi Alternatif 3

Excavator Tipe: Komatsu PC200

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya
Excavator	3	1068,75	1.110.906.440
Dump Truck	10	334,8	287.928.000

Total	1.563.864.951
-------	---------------

Durasi kalender proyek ideal : 356,25 jam

Durasi kalender proyek aktual : 605,25 jam

5.) Kondisi Simulasi Alternatif 4

Excavator Tipe: Komatsu PC78US (2), Hitachi ZX75US (3)

Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya
Excavator	5	2097,7	2.485.774.500
Dump Truck	12	279	287.928.000
Total			2.773.702.500

Durasi kalender proyek ideal : 419,54 jam

Durasi kalender proyek aktual : 713,218 jam

6.) Kondisi Simulasi Alternatif 5

Excavator Tipe: Komatsu PC200 (1), Komatsu PC70 avance (3)

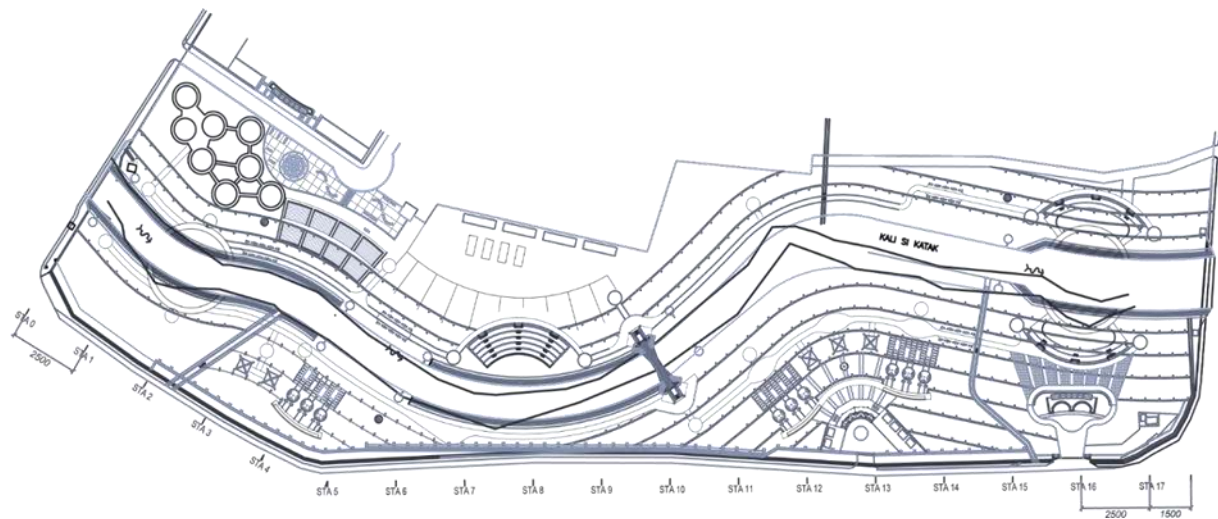
Jenis Alat	Jumlah Alat	Durasi (Jam)	Biaya
Excavator	4	1677,64	1.774.104.300
Dump Truck	12	279	287.928.000
Total			2.062.032.300

Durasi kalender proyek ideal : 419,41 jam

Durasi kalender proyek aktual : 712,997 jam

7.) Kondisi Simulasi Alternatif 5

Excavator Tipe: Komatsu PC200 (1), Komatsu PC70 avance (3)



Gambar 1. Denaah Lokasi proyek Piembangiunan

Diskusi

Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektivitas dan efisiensi penggunaan alat berat tidak hanya ditentukan oleh kapasitas teknis alat, tetapi oleh keseimbangan sistem kerja antara alat pemuat dan alat angkut. Kombinasi alat yang tidak seimbang menyebabkan terjadinya *idle time*, yang pada akhirnya meningkatkan biaya tanpa memberikan percepatan durasi yang signifikan. Temuan ini menjawab pertanyaan penelitian mengenai bagaimana menentukan kombinasi alat yang paling efisien pada pekerjaan *cut and fill*.

Produktivitas excavator yang lebih besar tidak selalu berarti sistem kerja menjadi lebih efisien apabila tidak diimbangi dengan jumlah dump truck yang memadai. Pada kondisi *existing*, produktivitas excavator jauh lebih tinggi dibanding produktivitas dump truck sehingga potensi waktu tunggu alat pemuat cukup besar. Kondisi ini menunjukkan adanya *bottleneck* pada sistem angkutan material. Alternatif 3 memperlihatkan bahwa peningkatan jumlah dump truck mampu memperbaiki keseimbangan produksi sehingga waktu penyelesaian proyek dapat ditekan secara signifikan.

Dari sisi biaya, penggunaan excavator berkapasitas besar seperti Komatsu PC200-8 memang memiliki biaya sewa per jam lebih tinggi. Namun hasil menunjukkan bahwa peningkatan kapasitas produksi mampu mengurangi total jam kerja secara keseluruhan, sehingga total biaya proyek justru lebih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa efisiensi proyek tidak dapat dinilai hanya dari biaya satuan per jam, melainkan harus dilihat dalam konteks biaya total terhadap durasi pekerjaan.

Faktor eksternal dan operasional yang diperoleh dari wawancara juga memperkuat temuan kuantitatif. Cuaca memengaruhi jam kerja efektif dan dapat mengubah durasi aktual proyek. Operator yang berpengalaman berkontribusi terhadap stabilitas waktu siklus dan meminimalkan kerusakan alat. Sementara itu, usia alat tidak selalu berbanding lurus dengan penurunan produktivitas apabila perawatan dilakukan secara rutin. Dengan demikian, efektivitas kombinasi alat bukan hanya persoalan perhitungan matematis, tetapi juga dipengaruhi oleh manajemen operasional di lapangan.

Beberapa hasil menunjukkan kondisi yang perlu dicermati secara objektif. Pada Alternatif 3, meskipun menjadi kombinasi paling efisien secara biaya dan waktu, masih terdapat indikasi ketidakseimbangan kecil antara produktivitas dump truck dan excavator. Hal ini berarti potensi *idle time* belum sepenuhnya hilang. Selain itu, simulasi dilakukan berdasarkan asumsi efisiensi kerja konstan dan kondisi lapangan ideal, sehingga dalam praktiknya durasi aktual dapat dipengaruhi oleh mobilisasi alat, gangguan teknis, atau kondisi cuaca ekstrem.

Secara umum, penelitian ini menunjukkan bahwa pada pekerjaan *cut and fill* dengan volume timbunan lebih besar daripada volume galian, penggunaan excavator berkapasitas besar yang diimbangi jumlah dump truck yang memadai akan menghasilkan efisiensi biaya dan waktu yang lebih baik. Kombinasi alat yang optimal harus mempertimbangkan keseimbangan produktivitas sistem, bukan hanya kapasitas individual alat.

Hasil Rekapitulasi Perbandingan Perhitungan Kombinasi Alat Berat

Berdasarkan perhitungan kombinasi alternatif 1, alternatif 2, alternatif 3, alternatif 4, dan alternatif 5, dapat dilihat hasil rekapitulasi perbandingan perhitungan kombinasi alat berat dari segi biaya, waktu, dan juga produktivitas untuk menentukan kombinasi yang paling efektif dan efisien.

Tabel 4.11 Hasil Perbandingan Perhitungan Efektivitas dan Efisiensi

Pembanding	Sat	existing	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3	Alternatif 4	Alternatif 5
Kombinasi alat	Unit	4 EXC+3 DT	3 EXC+5 DT	3 EXC+10 DT	3 EXC+10 DT	5 EXC+12 DT	4 EXC+12 DT
Biaya	Rp	Rp 2.073.357.445	Rp 1.398.898.823	Rp 1.563.864.951	Rp 1.398.834.440	Rp 2.773.702.500	Rp 2.062.032.300
Waktu	Jam	717,4	605,625	777,41	605,625	713,218	712,997
Produktivitas		$Q_{DT} < Q_{iexca}$ 42,63 < 169,97	$Q_{DT} < Q_{iexca}$ 71,05 < 268,5	$Q_{DT} < Q_{iexca}$ 142 < 209,2	$Q_{DT} < Q_{iexca}$ 142,1 < 268,5	$Q_{DT} \approx Q_{iexca}$ 170,52 ≈ 136,86	$Q_{DT} = Q_{iexca}$ 170,52 = 170,95
Prosentase Biaya	%	-	32,53%	24,57 %	32,53%	(33,77)%	0,55%
Prosentase Waktu	%	-	15,6%	(4,66)%	15,6%	0,6%	0,61%

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis produktivitas dan simulasi kombinasi alat pada pekerjaan cut and fill Proyek Jogging Track Universitas Diponegoro tahun 2025, dapat disimpulkan bahwa kinerja alat berat di lapangan dipengaruhi secara langsung oleh kombinasi kondisi cuaca, kemampuan operator, serta kondisi dan pemeliharaan alat. Produktivitas aktual yang diperoleh di lapangan tidak sepenuhnya sama dengan produktivitas teoritis, karena terdapat waktu tidak produktif yang muncul akibat hambatan operasional, koordinasi, dan keterbatasan area kerja. Dengan mempertimbangkan faktor efisiensi kerja dan jam kerja efektif, diperoleh gambaran bahwa pengelolaan alat berat harus dilakukan secara menyeluruh, tidak hanya berfokus pada kapasitas teknis alat, tetapi juga pada pengendalian faktor-faktor lapangan agar target waktu dan biaya dapat dicapai secara lebih realistis. Hasil perbandingan beberapa alternatif kombinasi menunjukkan bahwa alternatif 1 dan alternatif 3 memiliki perbedaan waktu dan biaya yang relatif tidak terlalu jauh, namun dari sisi keseimbangan produktivitas antara alat muat dan alat angkut terdapat perbedaan yang signifikan. Pada alternatif 1 masih terjadi selisih yang cukup besar antara produktivitas dump truck (QDT) dan excavator (QEXC), sehingga potensi waktu tunggu antar alat lebih tinggi. Sementara itu, alternatif 3 dengan kombinasi 3 unit excavator PC200 dan 10 unit dump truck memberikan hasil yang lebih optimal, dengan penurunan biaya sebesar 33,46% dan penurunan durasi pekerjaan sebesar 15,6% dibandingkan kondisi pembanding. Meskipun pada kombinasi tersebut masih terdapat idle time pada dump truck, tingkat ketidakseimbangan produksi lebih kecil sehingga alur kerja menjadi lebih stabil dan terkendali. Secara praktis, hasil penelitian ini dapat diterapkan pada proyek sejenis yang memiliki karakter pekerjaan tanah dengan ruang gerak terbatas dan jam kerja tertentu, khususnya dalam menentukan jumlah dan komposisi alat berat agar tercapai keseimbangan antara waktu pelaksanaan dan biaya operasional. Implikasi dari temuan ini menunjukkan bahwa penentuan kombinasi alat yang tepat dapat memberikan penghematan biaya dan percepatan waktu yang terukur tanpa harus menambah jenis alat lain di luar kebutuhan utama pekerjaan. Untuk penelitian selanjutnya, disarankan agar analisis diperluas dengan memasukkan aspek pemadatan, variasi kondisi tanah yang lebih detail, serta simulasi berbasis perangkat lunak khusus agar hasil optimasi dapat dibandingkan dengan pendekatan perhitungan manual dan memberikan tingkat akurasi yang lebih tinggi.

Referensi

1. Annafi, H. H., Sumardi, & Riskijah, S. S. (2025). Optimasi penggunaan alat berat di proyek pembangunan Jalan Lintas Selatan Lot X. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 6(2), 204–212.
2. Aini, F. N. (2024). Analisis produktivitas penggunaan alat berat menggunakan metode time study pada pekerjaan timbunan tanah (Doctoral dissertation, Universitas Islam Indonesia).
3. Clairine, Y. K. M., Riskijah, S. S., & Utoyo, S. (2024). Optimasi alat berat pekerjaan struktur bawah proyek Apartemen X Surabaya. *Jurnal Online Skripsi Manajemen Rekayasa Konstruksi (JOS-MRK)*, 5(2), 94–98.
4. Firda, A., Asmawi, B., Akhirini, & Parlaungan, D. (2023). Produktivitas dan efektivitas alat berat pada pekerjaan lapis pondasi proyek rehabilitasi jalan. *Jurnal Deformasi*, 8(1), 100–110.
5. Hendrickson, C. (2008). *Project management for construction: Fundamental concepts for owners, engineers, architects and builders* (2nd ed., Version 2.2). Carnegie Mellon University.
6. Indriatma, B., & Prastyanto, I. (2005). Analisis manajemen alat berat pada pekerjaan persiapan proyek Stadion Sleman (Tugas akhir). Universitas Islam Indonesia.
7. Kaprina, A., Winarto, S., & Cahyo, Y. S. P. (2017). Analisa produktivitas alat berat pada proyek pembangunan gedung Fakultas Syariah dan Ilmu Hukum IAIN Tulungagung. *Jurnal Skripsi*, 1–15.
8. Mahyudi, E. T., & Indratmoko, L. (2026). Perawatan alat berat. PT Kimhsafi Alung Cipta.
9. Mardizal, J. (2025). *Manajemen proyek konstruksi: Strategi dan teknik untuk sukses*. Rajawali Pers.
10. Nurhendi, R. N., & Bastam, M. N. (2024). Tinjauan faktor utama yang mempengaruhi produktivitas tenaga kerja pada proyek konstruksi dengan pendekatan relative importance index (RII). *Jurnal Deformasi*, 9(2), 167–177.
11. Peurifoy, R. L., Schexnayder, C. J., Schmitt, R. L., & Shapira, A. (2018). *Construction planning, equipment, and methods* (9th ed.). McGraw-Hill Education.
12. Purnomo, A., & Mulyono, T. (2023). *Dasar manajemen alat berat: Pemindahan tanah mekanis*. Deepublish.
13. Putra, M. I. H. (2018). Analisis pemilihan alat berat pada pekerjaan galian dan timbunan proyek pembangunan Fakultas Hukum UII (Tugas akhir). Universitas Islam Indonesia.
14. Rochmanhadi. (1992). *Alat-alat berat dan penggunaannya* (Cetakan ke-4). YBPPU.
15. Sutanto, K. R., Kosasi, M. H., & Andi. (2014). Produktivitas alat berat pada pekerjaan galian gedung P1 P2 UK Petra. *Jurnal Teknik Sipil*.

[