

PENERAPAN TEORI OPTIMASI PENGGUNAAN *TRUCK CONCRETE PUMP* TERHADAP *TRUCK MIXER* PADA PEKERJAAN PENGECORAN

*I Made Harta Wijaya*¹⁾, *Ida Ayu Rejaniti Wijayanti*²⁾, *I Putu Laintarawan*³⁾
E-mail : madeharta@unhi.ac.id¹⁾, dayuyanti26@gmail.com²⁾, ltrwnnn@gmail.com³⁾

^{1,2,3} *Program Studi Teknik Sipil Universitas Hindu Indonesia*

ABSTRAK

Penggunaan alat berat dalam menunjang efektivitas dan efisiensi pekerjaan konstruksi berskala besar diantaranya pada proses pengecoran beton dengan volume 100 m³. Dalam pelaksanaannya, diperlukan perencanaan yang tepat terkait jumlah dan jenis alat yang digunakan agar produktivitas terjaga dan biaya proyek tetap optimal. Penelitian ini dilakukan pada proyek Beraban Luxury Loft yang menghadapi permasalahan antrian *truck mixer* saat dilayani oleh *truck concrete pump*. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan keterlambatan pekerjaan, peningkatan biaya, serta gangguan lalu lintas di sekitar proyek. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan *truck concrete pump* terhadap *truck mixer* dengan menggunakan teori antrian. Metode yang digunakan meliputi pencatatan waktu siklus, perhitungan produktivitas, analisis tingkat kedatangan (λ), tingkat pelayanan (μ), serta simulasi berbagai konfigurasi jumlah unit pelayanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem antrian yang terbentuk merupakan antrian tunggal dengan pelayanan ganda menggunakan disiplin First Come First Served (FCFS). Berdasarkan hasil analisis, penggunaan tiga unit *truck concrete pump* merupakan konfigurasi optimal dengan biaya total minimum sebesar Rp 943.371. Pada kondisi tersebut, rata-rata waktu tunggu dalam sistem hanya 2,85 menit per *truck mixer* dengan durasi pelayanan keseluruhan 46,67 menit. Temuan ini membuktikan bahwa penerapan analisis antrian dapat menjadi pendekatan efektif dalam perencanaan penggunaan alat berat untuk meminimalisasi biaya serta meningkatkan efisiensi waktu pada pekerjaan pengecoran dengan volume 100 m³.

Kata kunci: Alat Berat, *Truck Mixer*, *Truck Concrete Pump*, Analisis Antrian, Optimasi Biaya

ABSTRACT

The use of heavy equipment has an important role in supporting the effectiveness and efficiency of large-scale construction work, one of which is in the concrete casting process with a volume of 100 m³. In its implementation, proper planning is needed regarding the number and type of tools used so that productivity is maintained and project costs remain optimal. This research was conducted on the Beraban Luxury Loft project which faced the problem of queue truck mixers when served by a concrete pump truck. This condition has the potential to cause work delays, increased costs, and traffic disruptions around the project. This study aims to optimize the use of truck concrete pumps for truck mixers by using queue theory. The methods used include recording cycle time, calculating productivity, analyzing arrival rate (λ), service level (μ), and simulation of various configurations of the number of service units. The results of the study showed that the queue system formed was a single queue with double service using the First Come First Served (FCFS) discipline. Based on the results of the analysis, the use of three units of concrete pump trucks is an optimal configuration with a minimum total cost of IDR 943,371. In these conditions, the average waiting time in the system is only 2.85 minutes per truck mixer with an overall service duration of 46.67 minutes. These findings prove that the application of queue analysis can be an effective approach in planning the use of heavy equipment to minimize costs and improve time efficiency on foundry work with a volume of 100 m³.

Keywords: Heavy Equipment, *Truck Mixer*, *Truck Concrete Pump*, Queue Analysis, Cost Optimization

1. PENDAHULUAN

Alat berat merupakan perangkat penting untuk membantu manusia dalam membangun struktur

bangunan. Penggunaan alat berat bertujuan untuk mempermudah pekerjaan, sehingga target dapat tercapai lebih efisien dan cepat (Manurung, 2016). Banyaknya penggunaan alat berat dalam proses pengecoran tentunya akan memperbesar biaya pelaksanaan pengerjaan. Dengan demikian, pemakaian alat berat pada proyek “Beraban *Luxury Loft*” akan sangat dibutuhkan khususnya pada proses pekerjaan pengecoran agar waktu yang direncanakan tercapai secara maksimal.

Kebutuhan alat berat pada proses pengecoran perlu diperhitungkan jumlah penggunaan *truck mixer* dan *truck concrete pump* (Lorosae et al., 2023). Agar dapat mengetahui jumlah alat yang digunakan pada saat *truck concrete pump* bekerja melayani *truck mixer*, maka perlu dilakukan peninjauan kembali secara khusus baik jumlah alat berat yang akan digunakan maupun besarnya biaya pelaksanaan dan waktu yang paling optimal (Jawat et al., 2018). Dalam konteks ini, pemilihan teori sistem antrian lebih tepat dibandingkan penggunaan model transportasi atau metode simpleks. Hal ini dikarenakan sistem antrian mampu menangani karakteristik probabilistik waktu kedatangan dan pelayanan alat berat yang tidak pasti dan dinamis, sehingga analisisnya mencerminkan kondisi nyata dalam pengoperasian alat berat seperti *truck mixer* dan *concrete pump* (Noordiansyah et al., 2020).

Berdasarkan latar belakang tersebut, pokok permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana melakukan pengoptimalan penggunaan *truck concrete pump* dalam melayani *truck mixer* pada proses pengecoran dengan menerapkan model sistem antrian, sehingga dari rumusan masalah tersebut tujuan penelitian diarahkan untuk mengetahui sejauh mana optimalisasi penggunaan *truck concrete pump* dapat dicapai dalam mendukung kelancaran pekerjaan pengecoran melalui analisis sistem antrian yang tepat.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1 Teori optimasi

Menurut Ali et al., (2013), optimasi merupakan upaya untuk menemukan solusi paling ideal di antara beberapa opsi, dengan tetap memperhatikan kendala-kendala yang berlaku dalam suatu model. Optimasi hanya mungkin dilakukan jika beragam pilihan solusi untuk suatu masalah, atau dengan kata lain terdapat kebebasan untuk memilih cara penyelesaian (*freedom of choice*). Dengan demikian, optimasi dapat diartikan sebagai upaya untuk memilih atau mencapai solusi yang paling optimal dari berbagai pilihan yang tersedia, dengan tetap memperhatikan kendala-kendala yang ada. Ada beragam cara yang bisa ditempuh dalam pengambilan keputusan untuk memecahkan suatu masalah, di antaranya adalah:

1. Metode simpleks
2. Model transportasi
3. Sistem antrian

2.2 Teori antrian

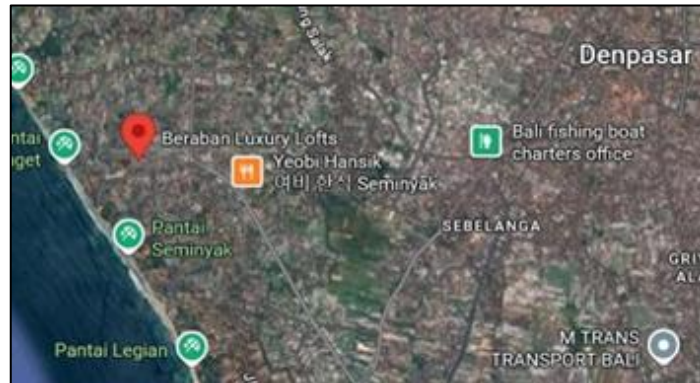
Menurut Prihati (2012), antrean adalah barisan tunggu pelanggan yang memerlukan pelayanan dari satu atau beberapa penyedia layanan. Sistem antrean memiliki berbagai jenis dan teori antrean serta simulasi sering digunakan untuk menganalisis dan memodelkannya, diantaranya adalah:

1. Sistem Antrian
2. Disiplin Antrian
3. Mekanisme Pelayanan Sistem Antrian
4. Model Antrian
5. Sistem Antrian Pelayanan Tunggal
6. Sistem Antrian Pelayanan Ganda
7. Model Ongkos Total Antrian
8. Tingkat Pelayanan (μ) Optimum
9. Jumlah (c) Optimum

3. METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi penelitian

Proyek Beraban *Luxury Loft* yang berlokasi di daerah Jl. Beraban, Desa Kerobokan Kelod, Kecamatan Kuta Utara, Kabupaten Badung. Sebelah kiri proyek tersebut adalah *Saga Villas* dan sebelah kanan proyek tersebut adalah *Braban Saru Guest House*.



Gambar 1. Lokasi penelitian
Sumber: Google Maps (2025)

3.2 Instrumen penelitian

Berikut adalah daftar instrumen penelitian yang digunakan:

1. Rincian pencatatan waktu siklus *truck concrete pump*
2. Rincian pencatatan waktu siklus *truck mixer*

3.3 Metode pengambilan data

Pengambilan data untuk optimasi penggunaan *truck concrete pump* dan *truck mixer* dalam pekerjaan pengecoran dilakukan melalui beberapa metode, yaitu:

1. Metode Studi Pustaka
Studi Pustaka dilakukan untuk mengumpulkan referensi dan teori yang relevan dengan topik penelitian.
2. Metode Wawancara
Wawancara dilakukan dengan mengajukan pertanyaan kepada sopir dan mekanik terkait harga baru *truck concrete pump* dan *truck mixer*, serta kebutuhan pelumas dan *grease*.
3. Metode Observasi
Observasi dilakukan melalui survei waktu siklus *truck concrete pump* dan *truck mixer* untuk menghitung produktivitasnya. Survei ini dilakukan langsung di lapangan.

3.4 Metode analisis data

Berikut Langkah-langkah metode analisis data yang diterapkan:

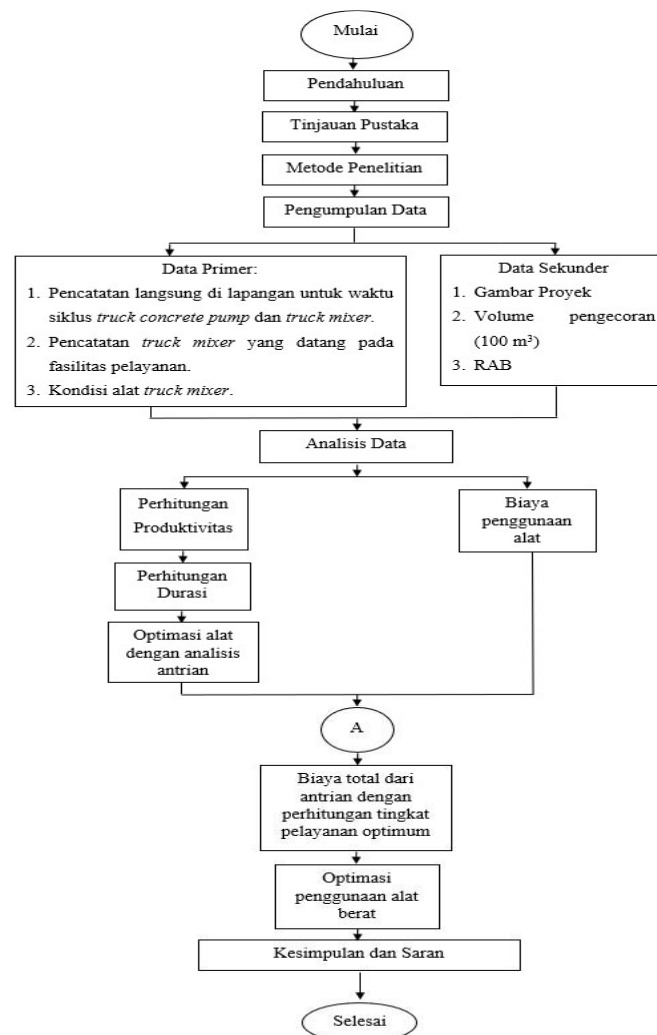
1. Perhitungan waktu siklus dilakukan secara langsung untuk setiap aktivitas yang melibatkan *truck concrete pump* dan *truck mixer*.
2. Perhitungan produktivitas *truck concrete pump* dan *truck mixer* dilakukan dengan memanfaatkan data teknis lapangan untuk menentukan kapasitas produksinya.
3. Menghitung durasi *truck concrete pump*.
4. Menentukan biaya per jam dari *truck concrete pump* dan *truck mixer*.
5. Melakukan analisis antrian untuk menghitung optimasinya.
6. Perhitungan parameter antrian dilakukan dengan mempertimbangkan tingkat kedatangan (λ), yang memerlukan rata-rata kedatangan *truck mixer*, serta tingkat pelayanan (μ), yaitu rata-rata jumlah *truck mixer* yang dapat ditangani.
7. Pemilihan model teori antrian didasarkan pada analisis nilai tingkat kedatangan (λ) dan tingkat layanan (μ).
8. Rumus yang digunakan untuk menghitung elemen-elemen antrian dalam sistem antrian

dengan banyak pelayanan adalah sebagai berikut:

- Probabilitas sistem dalam keadaan kosong (tidak ada pelanggan).
 - Jumlah rata-rata pelanggan dalam sistem antrian.
 - Rata-rata waktu tunggu pelanggan dalam sistem antrian secara keseluruhan.
 - Rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian.
 - Rata-rata waktu tunggu pelanggan dalam antrian sebelum dilayani.
 - Probabilitas pelanggan yang tiba harus antri sebelum dilayani.
 - Probabilitas bahwa tidak ada antrian atau pelanggan yang sedang dilayani.
- Berdasarkan nilai unsur antrian dan harga biaya alat-alat dapat dihitung biaya total dari antrian pada jumlah fasilitas pelayanan yang ada dengan memasukkan kedalam perhitungan tingkat pelayanan (μ) optimum.
 - Selanjutnya, optimasi dilakukan dengan mengulangi perhitungan yang sama, tetapi dengan menambahkan satu fasilitas pelayanan dan menyesuaikan tingkat kedatangan (λ) dan tingkat pelayanan (μ).
 - Jumlah fasilitas pelayanan yang optimal dapat ditentukan dari hasil perhitungan, yaitu konfigurasi yang memberikan total biaya paling minimal.

3.5 Diagram alir penelitian

Diagram alir penelitian ditampilkan pada Gambar 2 yang memiliki fungsi utama sebagai alat bantu visual untuk menggambarkan langkah-langkah, alur kerja, atau proses secara sistematis dan mudah dipahami.



Gambar 2. Diagram alir penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan optimasi dapat dilakukan dengan mencoba memberikan tambahan jumlah fasilitas pelayanan dalam hal ini *truck concrete pump*. Untuk lebih mempermudah penyelesaian, perhitungan optimasi ini dilakukan secara tabel melalui langkah-langkah sebagai berikut:

- Masukkan nilai atau harga kedatangan (λ), tingkat pelayanan (μ) dan jumlah fasilitas yang ada.
- Hitung nilai unsur antrian dari nilai yang dimasukkan.
- Masukkan nilai atau unsur elemen biaya seperti biaya operasional perjam dari *truck concrete pump*, biaya operasional perjam dari *truck mixer*.
- Berdasarkan nilai unsur antrian dan harga elemen biaya dapat dihitung masing-masing *cost* dari model ongkos total seperti biaya pelayanan, biaya menganggurnya pelayanan, dan biaya menganggurnya *truck mixer*.
- Hitung total cost (T_c) atau biaya total dari antrian pada jumlah fasilitas pelayanan yang ada.
- Selanjutnya perhitungan serupa dilakukan secara iterasi atau berulang, pada kondisi tingkat kedatangan (λ), tingkat pelayanan (μ) sedemikian dengan mencoba memberikan tambahan satu fasilitas alat.
- Dari hasil perhitungan diatas akan dapat diketahui bahwa pelayanan yang optimal akan ditujukan pada jumlah fasilitas alat yang memberikan total biaya (T_c) yang paling minimal.

Tabel 1. Perhitungan Optimasi

Jumlah Truck Concrete Pump	$\lambda = 0,62$					
	Po	L	W	Lq	Wq	Pw
2	0,29	1,60	2,85	0,50	0,80	0,39
3	0,32	1,174	2,1	0,06	0,1	0,11
4	0,33	1,11	1,98	0,003	0,004	0,02

Tabel 2. Perhitungan Biaya

Jumlah Truck Concrete Pump	$\mu = 0,56$		
	Biaya Pelayanan	Biaya Menunggu	Biaya Total
2	Rp. 571.740,00	Rp. 457.392,00	Rp. 1.029.132,00
3	Rp. 857.610,00	Rp. 85.761,00	Rp. 943.371,00
4	Rp . 1.143.480,00	Rp. 4.573,92	Rp.1.148.053,92

Durasi yang didapat dari hasil penambahan fasilitas pelayanan adalah sebagai berikut:

- Durasi dengan 2 *Truck Concrete Pump* Volume pekerjaan pengecoran = 100 m³
 Durasi pekerjaan pengecoran = 70 menit
 Produktivitas m³ per menit = 1,428 m³/menit
- Durasi dengan 3 *Truck Concrete Pump* Volume pekerjaan pengecoran = 100 m³
 Durasi pekerjaan pengecoran = 46,67 menit
 Produktivitas m³ per menit = 2,14 m³/menit
- Durasi dengan 4 *Truck Concrete Pump* Volume pekerjaan pengecoran = 100 m³

Durasi pekerjaan pengecoran = 35 menit
Produktivitas m^3 per menit = $2,86 \text{ m}^3/\text{menit}$

Berdasarkan hasil pada Tabel 2, penggunaan 3 (tiga) unit *truck concrete pump* memberikan kinerja yang optimal dengan biaya minimum sebesar Rp. 943.371,00. Pada kondisi tersebut, rata-rata jumlah pelanggan yang dilayani mencapai 1 *truck mixer* per menit, sedangkan waktu rata-rata yang dihabiskan oleh setiap *truck mixer* dalam sistem antrian adalah 2,85 menit. Jumlah kedatangan *truck mixer* tetap dipertahankan sebanyak 14 unit secara berulang. Hasil optimasi ini menghasilkan durasi pelayanan selama 46,67 menit, yang berarti lebih singkat dibandingkan kondisi sebelumnya yaitu 140 menit. Namun demikian, penggunaan tiga unit *truck concrete pump* membutuhkan area yang relatif lebih luas. Visualisasi mengenai biaya total antrian dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Perhitungan Optimasi

Grafik tersebut menunjukkan bahwa jumlah fasilitas pelayanan yang paling optimal adalah 3 (tiga) *truck concrete pump*, dengan total biaya sebesar Rp 943.371,00. Pada jumlah fasilitas ini, biaya pelayanan tercatat sebesar Rp 857.610,00 dan biaya menunggu sebesar Rp 85.761,00. Selain itu, durasi pelayanan yang dicapai adalah sekitar 46,67 menit. Meskipun penambahan fasilitas menjadi empat dapat mengurangi biaya menunggu dan mempercepat durasi pelayanan, hal ini juga menyebabkan peningkatan biaya pelayanan. Sebaliknya, dengan hanya dua fasilitas pelayanan, biaya pelayanan memang lebih rendah, tetapi biaya menunggu menjadi tinggi dan waktu pelayanan lebih lama. Oleh karena itu, penggunaan 3 (tiga) fasilitas pelayanan merupakan pilihan paling efisien.

5. KESIMPULAN

Penggunaan alat berat memiliki peranan penting dalam menunjang efektivitas dan efisiensi pekerjaan konstruksi berskala besar, salah satunya pada proses pengecoran beton dengan volume 100 m^3 . Dalam pelaksanaannya, diperlukan perencanaan yang tepat terkait jumlah dan jenis alat yang digunakan agar produktivitas terjaga dan biaya proyek tetap optimal. Penelitian ini dilakukan pada proyek Beraban *Luxury Loft* yang menghadapi permasalahan antrian *truck mixer* saat dilayani oleh *truck concrete pump*. Kondisi tersebut berpotensi menimbulkan keterlambatan pekerjaan, peningkatan biaya, serta gangguan lalu lintas di sekitar proyek. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan penggunaan *truck concrete pump* terhadap *truck mixer* dengan menggunakan teori antrian. Metode yang digunakan meliputi pencatatan waktu siklus, perhitungan produktivitas, analisis tingkat kedatangan (λ), tingkat pelayanan (μ), serta simulasi berbagai konfigurasi jumlah unit pelayanan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem antrian yang terbentuk merupakan antrian tunggal dengan pelayanan ganda menggunakan disiplin *First Come First Served* (FCFS). Berdasarkan hasil analisis, penggunaan tiga unit *truck concrete pump* merupakan konfigurasi optimal

dengan biaya total minimum sebesar Rp 943.371,00. Pada kondisi tersebut, rata-rata waktu tunggu dalam sistem hanya 2,85 menit per *truck mixer* dengan durasi pelayanan keseluruhan 46,67 menit. Temuan ini membuktikan bahwa penerapan analisis antrian dapat menjadi pendekatan efektif dalam perencanaan penggunaan alat berat untuk meminimalisasi biaya serta meningkatkan efisiensi waktu pada pekerjaan pengecoran dengan volume 100 m³.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali, N. P. H., Tarore, H., Walangitan, D. R. O., & Sibi, M. (2013). Aplikasi Metode Stepping-Stone Untuk Optimasi Perancangan Biaya Pada Suatu Proyek Kontruksi (Studi Kasus: Proyek Pemeliharaan ruas Jalan di Senduk, Tinoor, dan Ratahan). *Jurnal Sipil Statistik*, 1(8), 571–578.
- Jawat, I. W., Rahadiani, A. A. S. D., & Armaeni, N. K. (2018). Produktivitas Truck Concrete Pump dan Truck Mixer Pada Pekerjaan Pengecoran Beton Ready Mix. *Paduraksa*, 7(2), 164–183.
- Lorosae, K., Sembiring, A. I., & Debataraja, S. (2023). Analisa Produktivitas Alat Berat pada Pekerjaan Beton Ready Mix Studi Kasus Bangunan Pelimpah Bendungan Lau Simeme. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil*, 12(1), 44–57.
- Manurung, J. E. (2016). *Optimalisasi Produktivitas Alat-Alat Berat Pada Proyek Pembangunan Jalan Tol Medan – Kualanamu - Tebing Tinggi (Studi Kasus)*. Universitas Medan Area.
- Noordiansyah, A. P., Syahrudin, & Herlambang, Y. (2020). Analisis Sistem Kerja Excavator Komatsu Pc400Lc-8 Dan Articulated Dump Truck Volvo a40F Menggunakan Teori Antrian Pada Penambangan Batubara di PT. Rimau Energy Mining Kalimantan Tengah. *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil ...*, 7. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/view/42827%0Ahttps://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/viewFile/42827/75676587168>
- Prihati, Y. (2012). Simulasi dan Permodelan Sistem Antrian Pelanggan di Locket Pembayaran Rekening XYZ Semarang. *Majalah Ilmiah INFORMATIKA*, 3(3), 1–20.

