



Analisis Dampak Keterlambatan Distribusi Material terhadap Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Jalan Kasai–Semanting Kabupaten Berau

Bambang Edy Maryono^{1*}, Andi Syaiful Amal²

¹ Dinas PUPR Kabupaten Berau

² Program Profesi Insinyur, Universitas Muhammadiyah Malang, Jl. Raya Tlogomas 246 Malang, Indonesia

*Corresponding Author's e-mail: bambangedymaryono.s3@gmail.com

Article History:

Received: August 7, 2026

Revised: September 11, 2026

Accepted: September 28, 2026

Keywords:

material distribution;
productivity; project cost;
construction duration; road
project

Abstract: Material distribution is one of the important factors affecting the successful implementation of road construction projects. Delays in material distribution can disrupt construction activities, reduce the productivity of labor and equipment, and potentially increase project costs and completion time. This study aims to analyze the impact of material distribution delays on time and cost performance in the Kasai–Semanting Road Construction Project, Berau Regency. The research method was conducted through the collection of primary and secondary data, including work volume data, material requirements, construction schedules, and project implementation data. The analysis was carried out by identifying the dominant materials used in the project, calculating material requirements, and simulating the effect of material distribution delays on effective daily working hours. The results indicate that delays in material distribution cause a reduction in effective working hours, which directly affects labor and equipment productivity, resulting in decreased daily work output and longer project completion time compared to the initial schedule. Material distribution delays also have the potential to increase project costs due to extended resource utilization duration and reduced construction efficiency. Under significant delay conditions, the project completion duration may experience delays of up to 90 days beyond the planned schedule. Based on the findings, it can be concluded that effective material distribution management plays an important role in maintaining project cost and time performance. Therefore, proper material planning, distribution management, and adequate monitoring systems are required to minimize the risk of construction project delays.

Copyright © 2026, The Author(s).

This is an open access article under the CC–BY-SA license



How to cite: Maryono, B. E., & Amal, A. S. (2026). Analisis Dampak Keterlambatan Distribusi Material terhadap Waktu dan Biaya pada Proyek Pembangunan Jalan Kasai–Semanting Kabupaten Berau. *SENTRI: Jurnal Riset Ilmiah*, 5(9), 4772–4784. <https://doi.org/10.55681/sentri.v5i9.7080>

PENDAHULUAN

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan salah satu upaya penting dalam mendukung pertumbuhan ekonomi, meningkatkan konektivitas wilayah, serta memperlancar mobilitas barang dan jasa. Keberhasilan pelaksanaan proyek konstruksi jalan tidak hanya ditentukan oleh kualitas hasil pekerjaan, tetapi juga oleh kemampuan proyek dalam memenuhi target biaya, mutu, dan waktu yang telah ditetapkan. Oleh karena itu, pengelolaan sumber daya proyek secara efektif menjadi faktor penting dalam menjamin keberhasilan pelaksanaan pekerjaan konstruksi, terutama dalam

mengendalikan penggunaan tenaga kerja, material, peralatan, serta waktu pelaksanaan proyek [1], [2].

Salah satu sumber daya yang memiliki pengaruh besar terhadap kelancaran pelaksanaan proyek adalah material konstruksi. Material merupakan komponen utama dalam pekerjaan konstruksi karena sebagian besar aktivitas pekerjaan sangat bergantung pada ketersediaan material yang tepat waktu, jumlah yang sesuai, dan memenuhi spesifikasi teknis. Sistem pengadaan dan distribusi material menjadi bagian penting dalam *construction supply chain* yang berfungsi menjaga kesinambungan proses konstruksi di lapangan. Gangguan pada sistem distribusi material dapat menyebabkan waktu tunggu (*waiting time*), terhentinya aktivitas pekerjaan, menurunnya produktivitas tenaga kerja dan peralatan, serta meningkatnya risiko keterlambatan proyek [3], [4]. Penelitian Awaad *et al.* menunjukkan bahwa rantai pasok material memiliki pengaruh signifikan terhadap produktivitas proyek konstruksi jalan karena keterlambatan pasokan material dapat menyebabkan kehilangan waktu kerja dan menurunkan efisiensi pelaksanaan pekerjaan [5].

Keterlambatan distribusi material tidak hanya berdampak terhadap aspek waktu, tetapi juga berpengaruh terhadap biaya proyek. Bertambahnya durasi pekerjaan akibat keterlambatan material dapat meningkatkan biaya tidak langsung (*indirect cost*) seperti biaya tenaga kerja, penggunaan alat, biaya operasional lapangan, serta biaya manajemen proyek. Selain itu, ketidakefisienan dalam pengelolaan material dapat menyebabkan penurunan produktivitas dan meningkatkan potensi pembengkakan biaya proyek [3], [6]. Oleh karena itu, manajemen material yang efektif melalui perencanaan kebutuhan, pengadaan, penyimpanan, dan distribusi menjadi salah satu faktor penting dalam meningkatkan kinerja proyek konstruksi [7].

Permasalahan distribusi material sering dijumpai pada proyek konstruksi yang berada di wilayah dengan keterbatasan akses transportasi dan rantai pasok yang panjang. Faktor geografis, kondisi infrastruktur transportasi, jarak sumber material, kondisi cuaca, serta keterbatasan sistem logistik dapat memengaruhi ketepatan waktu pengiriman material ke lokasi pekerjaan. Kondisi tersebut menjadi tantangan tersendiri terutama pada proyek pembangunan jalan di wilayah yang memiliki karakteristik geografis luas dan aksesibilitas terbatas.

Kabupaten Berau merupakan salah satu wilayah yang memiliki kondisi geografis dengan cakupan wilayah yang luas sehingga proses pengadaan dan distribusi material konstruksi menghadapi berbagai kendala logistik. Jarak antara sumber material dengan lokasi proyek, kondisi jaringan transportasi, serta faktor lingkungan dapat memengaruhi kontinuitas pasokan material. Salah satu proyek yang menghadapi tantangan tersebut adalah Proyek Pembangunan Jalan Kasai–Semanting Kabupaten Berau. Proyek ini membutuhkan material dalam jumlah besar untuk mendukung pekerjaan tanah, struktur perkerasan, serta pekerjaan pendukung lainnya. Ketepatan waktu distribusi material menjadi faktor penting karena keterlambatan pasokan dapat secara langsung memengaruhi produktivitas pekerjaan di lapangan.

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan kajian untuk mengetahui sejauh mana keterlambatan distribusi material memberikan dampak terhadap kinerja proyek, khususnya pada aspek waktu dan biaya pelaksanaan. Analisis dilakukan melalui identifikasi kebutuhan material, evaluasi produktivitas pekerjaan, serta simulasi pengaruh keterlambatan distribusi terhadap jam kerja efektif harian. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai dampak keterlambatan distribusi material

sekaligus menjadi bahan pertimbangan dalam meningkatkan efektivitas pengelolaan logistik pada proyek konstruksi jalan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis dampak keterlambatan distribusi material terhadap kinerja waktu dan biaya pada Proyek Pembangunan Jalan Kasai–Semanting Kabupaten Berau. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi masukan bagi kontraktor, konsultan, dan pemangku kepentingan dalam merancang strategi pengelolaan material yang lebih efektif guna meminimalkan risiko keterlambatan dan meningkatkan keberhasilan pelaksanaan proyek infrastruktur jalan.

LANDASAN TEORI

2.1 Manajemen Proyek Konstruksi

Manajemen proyek konstruksi merupakan proses perencanaan, pelaksanaan, dan pengendalian sumber daya proyek yang meliputi tenaga kerja, material, peralatan, biaya, dan waktu untuk mencapai target mutu, biaya, serta jadwal yang telah ditetapkan. Dalam pelaksanaannya, pengelolaan sumber daya yang efektif menjadi faktor penting karena keterlambatan pada salah satu komponen proyek dapat mempengaruhi keberhasilan pekerjaan secara keseluruhan [11], [12].

2.2 Manajemen Material Konstruksi

Material merupakan salah satu sumber daya utama dalam proyek konstruksi yang menentukan kelancaran pelaksanaan pekerjaan. Manajemen material mencakup proses perencanaan kebutuhan, pengadaan, penyimpanan, hingga distribusi material ke lokasi proyek. Pengelolaan material yang tidak efektif dapat menyebabkan kekurangan material, waktu tunggu (*waiting time*), penurunan produktivitas, serta peningkatan biaya pelaksanaan proyek [1], [2]. Oleh karena itu, ketersediaan material yang tepat jumlah, mutu, dan waktu menjadi faktor penting dalam menjaga kesinambungan pekerjaan konstruksi.

2.3 Distribusi Material dan Rantai Pasok Konstruksi

Distribusi material merupakan bagian dari sistem rantai pasok konstruksi (*construction supply chain*) yang berperan dalam memastikan material tersedia sesuai kebutuhan pekerjaan. Pada proyek konstruksi jalan, distribusi material memiliki tingkat kepentingan tinggi karena kebutuhan material seperti tanah timbunan, agregat, semen, dan aspal memiliki volume besar serta harus tersedia secara berkelanjutan. Gangguan distribusi akibat faktor transportasi, cuaca, jarak sumber material, maupun kendala pemasok dapat menyebabkan terhambatnya aktivitas pekerjaan dan menurunkan efisiensi pelaksanaan proyek [3], [4], [5].

2.4 Produktivitas Pekerjaan Konstruksi

Produktivitas konstruksi menunjukkan kemampuan proyek dalam menghasilkan pekerjaan berdasarkan pemanfaatan sumber daya yang tersedia. Tingkat produktivitas dipengaruhi oleh tenaga kerja, peralatan, metode pelaksanaan, serta ketersediaan material. Keterlambatan material dapat menyebabkan tenaga kerja dan peralatan mengalami waktu tunggu sehingga jam kerja efektif berkurang dan output pekerjaan harian menurun [6]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengendalian distribusi material memiliki hubungan erat dengan pencapaian produktivitas proyek.

2.5 Keterlambatan Proyek dan Dampaknya terhadap Biaya serta Waktu

Keterlambatan proyek merupakan kondisi ketika penyelesaian pekerjaan tidak sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan. Salah satu penyebab utama keterlambatan adalah gangguan ketersediaan sumber daya, termasuk keterlambatan pasokan material.

Kondisi tersebut dapat memperpanjang durasi pekerjaan, mengganggu jalur kritis proyek, serta meningkatkan biaya akibat bertambahnya penggunaan tenaga kerja, peralatan, dan biaya tidak langsung (*indirect cost*) [8], [17], [18]. Oleh karena itu, pengendalian distribusi material melalui perencanaan kebutuhan, koordinasi antar pihak, dan monitoring secara berkala diperlukan untuk menjaga kinerja biaya dan waktu proyek konstruksi [19].

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dampak keterlambatan distribusi material terhadap kinerja waktu dan biaya pada Proyek Pembangunan Jalan Kasai–Semanting Kabupaten Berau. Pendekatan yang digunakan berupa studi kasus dengan memanfaatkan data pelaksanaan proyek, kebutuhan material, produktivitas pekerjaan, serta jadwal pelaksanaan sebagai dasar analisis. Tahapan penelitian dimulai dari pengumpulan data proyek, identifikasi kebutuhan material, analisis produktivitas pekerjaan, simulasi keterlambatan distribusi material, hingga evaluasi dampaknya terhadap biaya dan waktu pelaksanaan proyek.

Penelitian dilaksanakan pada Proyek Pembangunan Jalan Kasai–Semanting yang berlokasi di Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Proyek ini merupakan salah satu infrastruktur transportasi yang berfungsi meningkatkan konektivitas antarwilayah dan mendukung aktivitas ekonomi masyarakat. Pelaksanaan proyek memerlukan pasokan material konstruksi dalam jumlah besar sehingga ketepatan distribusi material menjadi faktor penting dalam menjaga kelancaran pelaksanaan pekerjaan.



Gambar 1. Lokasi Proyek Pembangunan Jalan Kasai-Semanting Kabupaten Berau

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui observasi langsung di lokasi proyek serta wawancara dengan pihak-pihak yang terlibat dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi, sedangkan data sekunder diperoleh dari dokumen proyek yang meliputi Rencana Anggaran Biaya (RAB), volume pekerjaan, jadwal pelaksanaan, kebutuhan material, dan laporan pelaksanaan proyek. Pengumpulan data tersebut dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai kondisi aktual pelaksanaan proyek, sistem pengadaan material, serta faktor-faktor yang memengaruhi kelancaran distribusi material. Penggunaan data proyek secara langsung dan dokumen pelaksanaan menjadi pendekatan yang umum digunakan dalam mengevaluasi kinerja proyek konstruksi, khususnya terkait pengendalian waktu, biaya, dan sumber daya [1], [2].

Data yang diperoleh selanjutnya digunakan untuk mengidentifikasi material dominan yang digunakan dalam proyek, menghitung kebutuhan material, serta mengevaluasi pengaruh keterlambatan distribusi material terhadap produktivitas pekerjaan. Analisis kebutuhan material dilakukan berdasarkan volume pekerjaan pada

setiap item pekerjaan dan koefisien kebutuhan material yang tercantum dalam dokumen perencanaan proyek. Perencanaan kebutuhan material merupakan salah satu aspek penting dalam manajemen konstruksi karena ketidaktepatan pengadaan maupun distribusi material dapat menyebabkan gangguan kontinuitas pekerjaan dan menurunkan efisiensi pelaksanaan proyek [3]. Hasil analisis tersebut digunakan untuk menentukan material yang memiliki kontribusi terbesar terhadap aktivitas proyek dan berpotensi memberikan dampak signifikan apabila mengalami keterlambatan distribusi.

Analisis produktivitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh keterlambatan distribusi material terhadap kemampuan produksi pekerjaan di lapangan. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi beberapa skenario kondisi keterlambatan berdasarkan perubahan jam kerja efektif harian, yaitu kondisi normal dengan jam kerja efektif 7 jam per hari serta kondisi penurunan jam kerja efektif menjadi 6 jam, 5 jam, dan 4 jam per hari. Setiap skenario digunakan untuk mengevaluasi perubahan produktivitas akibat berkurangnya waktu operasional efektif. Penurunan produktivitas akibat gangguan ketersediaan material dapat terjadi karena tenaga kerja dan peralatan mengalami waktu tunggu (*waiting time*) sehingga output pekerjaan harian menjadi lebih rendah dibandingkan kondisi normal [4], [5]. Perubahan produktivitas tersebut kemudian digunakan untuk memperkirakan perubahan durasi pekerjaan dan dampaknya terhadap kinerja proyek.

Analisis dampak biaya dan waktu dilakukan berdasarkan hasil simulasi produktivitas pada masing-masing skenario keterlambatan distribusi material. Dampak terhadap biaya dianalisis melalui perubahan kebutuhan sumber daya yang timbul akibat meningkatnya durasi pekerjaan, seperti tambahan penggunaan tenaga kerja, peralatan, serta biaya operasional proyek. Sementara itu, dampak terhadap waktu dianalisis dengan membandingkan perubahan durasi penyelesaian proyek akibat penurunan produktivitas terhadap jadwal rencana awal. Keterlambatan proyek konstruksi umumnya berkaitan erat dengan peningkatan biaya akibat bertambahnya durasi penggunaan sumber daya serta menurunnya efisiensi pelaksanaan pekerjaan [6]. Hasil analisis tersebut digunakan untuk mengevaluasi pengaruh keterlambatan distribusi material terhadap kinerja proyek serta menjadi dasar dalam penyusunan rekomendasi pengelolaan logistik material yang lebih efektif pada proyek konstruksi jalan [7].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembahasan dilakukan untuk mengidentifikasi pengaruh keterlambatan distribusi material terhadap produktivitas, biaya, dan waktu pelaksanaan proyek konstruksi jalan. Hasil analisis selanjutnya digunakan untuk mengevaluasi dampak keterlambatan material terhadap kinerja proyek serta menyusun rekomendasi pengelolaan logistik material.

4.1 Gambaran Umum Proyek

Proyek Pembangunan Jalan Kasai–Semanting merupakan salah satu proyek infrastruktur transportasi yang dilaksanakan di Kabupaten Berau, Provinsi Kalimantan Timur. Pembangunan jalan ini bertujuan untuk meningkatkan aksesibilitas antarwilayah, memperlancar mobilitas masyarakat, serta mendukung distribusi barang dan jasa yang menjadi bagian penting dalam pengembangan ekonomi daerah.

Pelaksanaan proyek mencakup berbagai jenis pekerjaan konstruksi jalan yang terdiri atas pekerjaan tanah, pekerjaan perkerasan, pekerjaan struktur, serta pekerjaan pendukung lainnya. Kegiatan konstruksi tersebut memerlukan pasokan material dalam jumlah besar dan berkesinambungan sehingga kelancaran distribusi material menjadi faktor penting dalam menjaga produktivitas pekerjaan di lapangan.

Berdasarkan dokumen pelaksanaan proyek, komponen biaya terbesar berada pada pekerjaan perkerasan jalan, pekerjaan lapis pondasi, dan pekerjaan struktur^[1]. Ketiga kelompok pekerjaan tersebut memiliki ketergantungan yang tinggi terhadap ketersediaan material konstruksi sehingga keterlambatan distribusi material berpotensi mengganggu pelaksanaan pekerjaan secara keseluruhan.

Tabel 1. Komposisi Biaya Utama Proyek

Divisi Pekerjaan	Nilai (Rp)
Perkerasan Aspal	7.610.406.000
Lapis Pondasi dan Timbunan	6.434.337.000
Struktur	1.511.532.000

Tingginya nilai pekerjaan pada divisi perkerasan dan lapis pondasi menunjukkan bahwa kebutuhan material menjadi faktor yang sangat dominan dalam pelaksanaan proyek. Material seperti agregat, tanah timbunan, semen, dan aspal harus tersedia sesuai jadwal agar setiap tahapan pekerjaan dapat dilaksanakan secara berkesinambungan. Apabila terjadi keterlambatan distribusi material, maka pekerjaan yang berada pada jalur kritis proyek berpotensi mengalami hambatan yang berdampak terhadap pencapaian target biaya dan waktu pelaksanaan.

Karakteristik proyek yang bergantung pada ketersediaan material dalam jumlah besar menjadikan aspek logistik sebagai salah satu faktor penting dalam keberhasilan pelaksanaan pekerjaan. Oleh karena itu, analisis kebutuhan material dan dampak keterlambatan distribusi material perlu dilakukan untuk mengetahui tingkat pengaruhnya terhadap kinerja proyek.

4.2 Kebutuhan Material Proyek

Ketersediaan material merupakan salah satu faktor utama yang menentukan kelancaran pelaksanaan proyek konstruksi jalan. Setiap tahapan pekerjaan memiliki ketergantungan terhadap material tertentu sehingga keterlambatan distribusi material dapat menyebabkan terganggunya urutan pekerjaan dan menurunkan produktivitas pelaksanaan di lapangan. Oleh karena itu, analisis kebutuhan material dilakukan untuk mengetahui jenis material yang memiliki pengaruh dominan terhadap keberhasilan pelaksanaan proyek.

Berdasarkan hasil perhitungan kebutuhan material pada Proyek Pembangunan Jalan Kasai-Semanting [6], terdapat beberapa material utama yang digunakan dalam jumlah besar, yaitu tanah timbunan, agregat, semen, dan aspal. Material-material tersebut digunakan pada pekerjaan tanah, lapis pondasi, perkerasan jalan, serta pekerjaan struktur yang merupakan komponen utama dalam pelaksanaan proyek.

Tabel 2. Kebutuhan Material Utama Proyek

Material	Kebutuhan
Timbunan Pilihan	3,998 m ³
Tanah Lokal	7,570 m ³
Semen	±566 ton
Aspal	±165 ton
Agregat	±2.833 ton

Hasil analisis menunjukkan bahwa material tanah dan agregat merupakan komponen dengan kebutuhan terbesar selama pelaksanaan proyek. Material tersebut digunakan pada pekerjaan timbunan dan lapis pondasi yang menjadi dasar bagi pelaksanaan pekerjaan perkerasan jalan. Selain itu, kebutuhan semen dan aspal juga cukup

signifikan karena digunakan pada pekerjaan struktur dan perkerasan yang memiliki kontribusi biaya besar terhadap keseluruhan proyek.

Besarnya kebutuhan material menunjukkan bahwa keberhasilan pelaksanaan proyek sangat bergantung pada efektivitas sistem pengadaan dan distribusi material. Material yang datang tidak sesuai jadwal berpotensi menyebabkan terhentinya pekerjaan tertentu, terutama pada pekerjaan yang berada pada jalur kritis proyek. Kondisi tersebut dapat mengakibatkan tenaga kerja dan peralatan tidak dapat beroperasi secara optimal sehingga produktivitas pekerjaan menjadi menurun.

Karakteristik kebutuhan material pada proyek ini juga menunjukkan bahwa sebagian besar material harus didatangkan dari lokasi yang berbeda dengan lokasi pekerjaan. Proses distribusi material yang melibatkan transportasi darat maupun rantai pasok yang cukup panjang meningkatkan risiko terjadinya keterlambatan pasokan material ke lapangan. Risiko tersebut menjadi semakin besar apabila dipengaruhi oleh kondisi cuaca, gangguan transportasi, keterbatasan kapasitas produksi pemasok, maupun faktor logistik lainnya.

Dengan mempertimbangkan besarnya kebutuhan material dan ketergantungan pelaksanaan pekerjaan terhadap ketersediaan material tersebut, maka keterlambatan distribusi material diperkirakan akan memberikan dampak yang signifikan terhadap produktivitas pekerjaan, biaya pelaksanaan, dan waktu penyelesaian proyek. Oleh karena itu, pada tahap selanjutnya dilakukan analisis pengaruh keterlambatan distribusi material terhadap produktivitas pekerjaan melalui simulasi beberapa skenario jam kerja efektif.

4.3 Dampak Keterlambatan Material terhadap Produktivitas

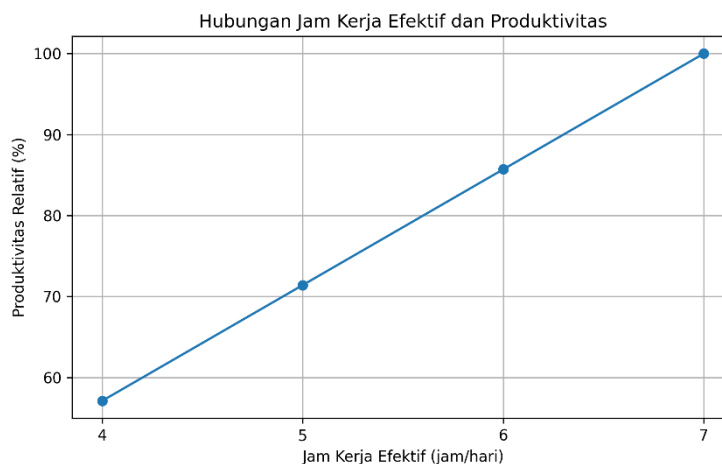
Produktivitas merupakan salah satu indikator penting dalam menilai kinerja pelaksanaan proyek konstruksi [7]. Tingkat produktivitas dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah ketersediaan material yang dibutuhkan untuk mendukung pelaksanaan pekerjaan di lapangan. Material yang tidak tersedia sesuai jadwal dapat menyebabkan terganggunya alur pekerjaan sehingga waktu kerja efektif menjadi berkurang dan produktivitas tenaga kerja maupun peralatan mengalami penurunan [8], [9], [10].

Beberapa penelitian menunjukkan bahwa keterlambatan pasokan material merupakan salah satu faktor yang paling sering menyebabkan penurunan produktivitas pada proyek konstruksi. Ketidaktersediaan material pada saat dibutuhkan menyebabkan tenaga kerja dan peralatan tidak dapat bekerja secara optimal sehingga menimbulkan inefisiensi pemanfaatan sumber daya proyek [11], [12].

Untuk mengetahui pengaruh keterlambatan distribusi material terhadap produktivitas pekerjaan, dilakukan simulasi beberapa skenario jam kerja efektif yang menggambarkan kondisi keterlambatan pasokan material. Skenario yang digunakan terdiri atas jam kerja efektif 7 jam per hari sebagai kondisi normal, kemudian dibandingkan dengan kondisi jam kerja efektif 6 jam, 5 jam, dan 4 jam per hari yang merepresentasikan tingkat keterlambatan distribusi material yang berbeda.

Tabel 3. Simulasi Produktivitas Berdasarkan Jam Kerja Efektif

Jam Kerja Efektif	Produktivitas Relatif
7 Jam	100,0%
6 Jam	85,7%
5 Jam	71,4%
4 Jam	57,1%



Gambar 2. Hubungan Jam Kerja Efektif dan Produktivitas Pekerjaan

Hasil simulasi menunjukkan bahwa berkurangnya jam kerja efektif memberikan dampak langsung terhadap kemampuan produksi pekerjaan harian. Pada kondisi normal dengan jam kerja efektif 7 jam per hari, pekerjaan dapat dilaksanakan sesuai produktivitas rencana. Namun ketika terjadi keterlambatan distribusi material yang menyebabkan jam kerja efektif berkurang menjadi 6 jam per hari, produktivitas pekerjaan turun menjadi sekitar 85,7% dari kondisi normal.

Penurunan produktivitas menjadi lebih signifikan ketika jam kerja efektif berkurang menjadi 5 jam dan 4 jam per hari. Pada kondisi tersebut, produktivitas hanya mencapai sekitar 71,4% dan 57,1% dari produktivitas rencana. Kondisi ini menunjukkan bahwa keterlambatan distribusi material tidak hanya menyebabkan terhambatnya pelaksanaan pekerjaan, tetapi juga mengurangi efektivitas pemanfaatan tenaga kerja dan peralatan yang telah tersedia di lokasi proyek.

Dari sudut pandang pelaksanaan proyek, keterlambatan material menyebabkan terjadinya waktu tunggu (waiting time) bagi tenaga kerja maupun peralatan. Meskipun sebagian sumber daya masih berada di lokasi proyek, pekerjaan tidak dapat dilaksanakan secara optimal karena material yang dibutuhkan belum tersedia. Akibatnya, produktivitas aktual menjadi lebih rendah dibandingkan produktivitas yang direncanakan [17].

Selain berdampak terhadap pekerjaan yang secara langsung menggunakan material tersebut, keterlambatan distribusi material juga dapat mempengaruhi pekerjaan lain yang memiliki hubungan ketergantungan dalam jadwal proyek [18]. Apabila pekerjaan pada suatu tahapan mengalami keterlambatan, maka pekerjaan berikutnya juga berpotensi tertunda sehingga menyebabkan efek berantai terhadap keseluruhan pelaksanaan proyek.

Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin besar keterlambatan distribusi material, semakin besar pula penurunan produktivitas yang terjadi. Penurunan produktivitas tersebut selanjutnya akan mempengaruhi biaya pelaksanaan dan waktu penyelesaian proyek yang dibahas pada subbab berikutnya.

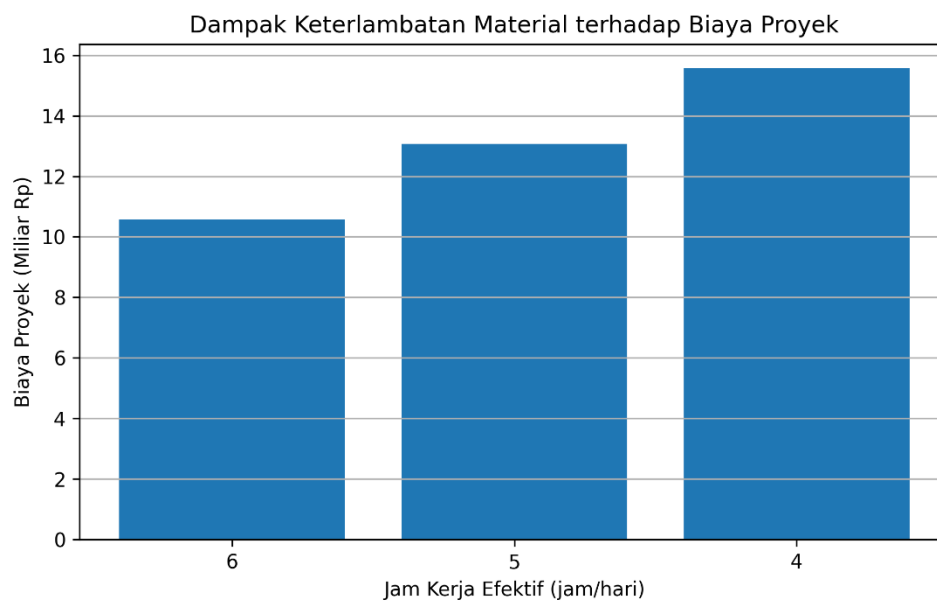
4.4 Dampak Keterlambatan Material terhadap Biaya

Keterlambatan distribusi material tidak hanya mempengaruhi produktivitas pekerjaan, tetapi juga memberikan dampak terhadap biaya pelaksanaan proyek. Penurunan produktivitas akibat berkurangnya jam kerja efektif menyebabkan pekerjaan membutuhkan waktu yang lebih lama untuk diselesaikan. Kondisi tersebut berpotensi meningkatkan penggunaan sumber daya proyek, baik tenaga kerja, peralatan, maupun biaya operasional lainnya.

Dalam penelitian ini, analisis biaya dilakukan berdasarkan beberapa skenario jam kerja efektif yang menggambarkan tingkat keterlambatan distribusi material. Setiap skenario digunakan untuk mengevaluasi perubahan kebutuhan sumber daya yang timbul akibat penurunan produktivitas pekerjaan.

Tabel 4. Dampak Keterlambatan Distribusi Material terhadap Biaya Proyek

Jam Kerja Efektif	Nilai Biaya (Rp)
6 Jam	10.575.021.746,00
5 Jam	13.077.393.947,00
4 Jam	15.584.527.111,00



Gambar 3. Dampak Keterlambatan Distribusi Material terhadap Biaya Proyek

Berdasarkan hasil analisis, terlihat bahwa semakin rendah jam kerja efektif yang tersedia akibat keterlambatan distribusi material, semakin besar biaya yang harus ditanggung selama pelaksanaan proyek. Pada kondisi jam kerja efektif 6 jam per hari, biaya pelaksanaan proyek masih dapat dikendalikan pada tingkat yang relatif mendekati kondisi normal. Namun ketika jam kerja efektif berkurang menjadi 5 jam dan 4 jam per hari, terjadi peningkatan biaya yang cukup signifikan.

Nilai finansial pada Tabel 4 merepresentasikan nilai proyeksi penyerapan anggaran operasional pada komponen pekerjaan kritis yang terdampak. Angka tersebut menunjukkan bahwa semakin rendah jam kerja efektif, maka nilai inefisiensi finansial yang harus ditanggung meningkat tajam. Kenaikan biaya dari Rp10.575.021.746,00 pada skenario 6 jam menuju Rp15.584.527.111,00 pada skenario 4 jam mengonfirmasi adanya lonjakan indirect cost (seperti biaya pengawasan, administrasi, dan sewa alat) yang terus berjalan seiring mundurnya durasi penyelesaian proyek hingga 90 hari dari jadwal rencana semula. Nilai tersebut diperoleh melalui simulasi perubahan produktivitas yang dikonversikan terhadap kebutuhan sumber daya dan durasi pelaksanaan pekerjaan pada item-item kritis proyek.

Peningkatan biaya tersebut disebabkan oleh menurunnya efisiensi penggunaan sumber daya proyek. Tenaga kerja dan peralatan yang telah disiapkan tetap memerlukan biaya operasional meskipun produktivitas pekerjaan mengalami penurunan akibat

keterlambatan material. Selain itu, bertambahnya durasi pelaksanaan pekerjaan juga menyebabkan meningkatnya biaya tidak langsung (indirect cost) yang harus ditanggung selama proyek berlangsung [2],[4]. Dalam praktik manajemen proyek, keterlambatan pekerjaan umumnya tidak hanya meningkatkan biaya langsung akibat menurunnya produktivitas, tetapi juga meningkatkan biaya tidak langsung yang berkaitan dengan pengelolaan proyek, pengawasan lapangan, administrasi, dan penggunaan fasilitas pendukung selama masa pelaksanaan [5],[6].

Dari perspektif manajemen proyek, keterlambatan distribusi material dapat menimbulkan biaya yang tidak secara langsung terlihat pada saat pekerjaan terhenti. Biaya tersebut muncul dalam bentuk waktu tunggu tenaga kerja, biaya standby peralatan, biaya pengawasan, serta biaya operasional proyek yang tetap berjalan selama pekerjaan belum dapat dilaksanakan secara optimal. Oleh karena itu, dampak finansial yang ditimbulkan sering kali lebih besar dibandingkan nilai material yang mengalami keterlambatan.

Hasil analisis menunjukkan bahwa pengelolaan distribusi material yang efektif memiliki peran penting dalam menjaga efisiensi biaya proyek. Semakin baik sistem pengadaan dan distribusi material yang diterapkan, semakin kecil risiko terjadinya gangguan produktivitas yang dapat memicu peningkatan biaya pelaksanaan. Dengan demikian, aspek logistik material perlu menjadi perhatian utama dalam pengendalian proyek konstruksi, khususnya pada proyek jalan yang memiliki kebutuhan material dalam jumlah besar dan berkelanjutan.

Peningkatan biaya akibat keterlambatan distribusi material juga menunjukkan adanya hubungan yang erat antara produktivitas dan kinerja biaya proyek. Ketika produktivitas menurun, waktu penyelesaian pekerjaan menjadi lebih panjang sehingga biaya yang harus ditanggung selama pelaksanaan proyek cenderung meningkat. Oleh karena itu, selain berdampak terhadap biaya, keterlambatan distribusi material juga berpengaruh terhadap waktu penyelesaian proyek yang akan dibahas pada subbab berikutnya.

4.5 Dampak Keterlambatan Material terhadap Waktu Penyelesaian Proyek

Selain mempengaruhi produktivitas dan biaya pelaksanaan, keterlambatan distribusi material juga memberikan dampak langsung terhadap waktu penyelesaian proyek. Ketersediaan material yang tidak sesuai jadwal menyebabkan beberapa pekerjaan tidak dapat dilaksanakan sebagaimana yang telah direncanakan sehingga mengganggu urutan pelaksanaan pekerjaan dan berpotensi mempengaruhi jalur kritis proyek.

Dalam proyek konstruksi jalan, sebagian besar pekerjaan memiliki hubungan ketergantungan satu sama lain [18], [19]. Pekerjaan lapis pondasi tidak dapat dilaksanakan sebelum pekerjaan tanah selesai, sedangkan pekerjaan perkerasan tidak dapat dimulai sebelum lapis pondasi memenuhi persyaratan yang ditetapkan. Oleh karena itu, keterlambatan distribusi material pada satu jenis pekerjaan dapat menyebabkan tertundanya pekerjaan-pekerjaan berikutnya dan menimbulkan efek berantai terhadap keseluruhan jadwal proyek.

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, penurunan jam kerja efektif akibat keterlambatan distribusi material menyebabkan berkurangnya volume pekerjaan yang dapat diselesaikan setiap hari. Semakin rendah produktivitas yang dicapai, semakin panjang waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan volume pekerjaan yang sama. Kondisi ini mengakibatkan durasi pelaksanaan proyek menjadi lebih lama dibandingkan jadwal yang telah direncanakan. Temuan ini sejalan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa keterlambatan pasokan material merupakan salah

satu faktor utama yang menyebabkan keterlambatan penyelesaian proyek konstruksi dan berdampak terhadap kinerja biaya maupun waktu pelaksanaan [18], [19].

Tabel 5. Dampak Keterlambatan Distribusi Material terhadap Waktu Penyelesaian Proyek

Uraian	Durasi (Hari)
Durasi Rencana	180
Durasi Aktual/Simulasi	270
Keterlambatan	90

Hasil analisis menunjukkan bahwa keterlambatan distribusi material berpotensi menyebabkan durasi penyelesaian proyek meningkat dari 180 hari menjadi 270 hari atau mengalami keterlambatan sekitar 90 hari. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa distribusi material merupakan salah satu faktor yang memiliki pengaruh signifikan terhadap keberhasilan pencapaian target waktu pelaksanaan proyek. Dengan demikian terjadi peningkatan durasi sekitar 50% terhadap jadwal rencana.

Keterlambatan selama 90 hari tidak hanya berdampak terhadap jadwal pelaksanaan pekerjaan, tetapi juga berpotensi menimbulkan konsekuensi lain seperti meningkatnya biaya operasional proyek, bertambahnya kebutuhan pengawasan lapangan, terganggunya pemanfaatan sumber daya, serta tertundanya manfaat infrastruktur yang direncanakan untuk masyarakat. Pada proyek pemerintah, keterlambatan tersebut juga dapat mempengaruhi kinerja pelaksanaan anggaran dan pencapaian target pembangunan daerah.

Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa waktu penyelesaian proyek sangat dipengaruhi oleh kelancaran rantai pasok material. Material yang tersedia tepat waktu memungkinkan pekerjaan dilaksanakan sesuai urutan dan target produktivitas yang telah direncanakan. Sebaliknya, keterlambatan distribusi material menyebabkan terjadinya penurunan produktivitas yang pada akhirnya memperpanjang durasi penyelesaian proyek.

Oleh karena itu, diperlukan sistem pengelolaan logistik yang baik melalui perencanaan kebutuhan material yang akurat, penjadwalan pengiriman yang terkoordinasi, serta pengendalian distribusi material secara berkala [4],[10]. Upaya tersebut penting untuk meminimalkan risiko keterlambatan pekerjaan dan menjaga pencapaian target waktu pelaksanaan proyek secara keseluruhan.

Hasil analisis terhadap produktivitas, biaya, dan waktu menunjukkan bahwa distribusi material memiliki peran yang sangat penting dalam keberhasilan pelaksanaan proyek konstruksi jalan. Temuan tersebut memberikan beberapa implikasi keinsinyuran yang perlu diperhatikan dalam pengelolaan proyek konstruksi dan dibahas pada subbab berikutnya.

PMI menyatakan bahwa keterlambatan pada aktivitas yang berada pada jalur kritis (critical path) dapat memberikan dampak langsung terhadap waktu penyelesaian proyek secara keseluruhan. Oleh karena itu, pengendalian logistik dan distribusi material perlu menjadi bagian dari sistem monitoring proyek untuk meminimalkan risiko keterlambatan pelaksanaan [10].

4.6 Implikasi Keinsinyuran

Hasil penelitian ini memberikan gambaran nyata bagi pengelola proyek di lingkungan pemerintahan, khususnya dalam mengantisipasi kendala distribusi material pada proyek infrastruktur di Kabupaten Berau. Mengingat material tanah timbunan dan agregat memiliki volume kebutuhan terbesar, kelancaran distribusinya menjadi faktor penting untuk menjaga kesinambungan pelaksanaan pekerjaan di lapangan.

Dari perspektif manajemen kontrak dan pengendalian proyek, hasil analisis menunjukkan bahwa perencanaan kebutuhan material perlu disusun secara terintegrasi dengan jadwal pelaksanaan pekerjaan agar ketersediaan material tetap terjaga sesuai tahapan konstruksi. Selain itu, diperlukan koordinasi yang baik antara penyedia jasa, pemasok material, dan pengelola proyek untuk memastikan distribusi material dapat berlangsung sesuai rencana serta mengantisipasi potensi kendala akibat cuaca, transportasi, maupun keterbatasan sumber material.

Hasil penelitian juga menunjukkan pentingnya pengendalian distribusi material secara berkala sebagai bagian dari sistem monitoring proyek[13],[10]. Pemantauan yang dilakukan secara rutin memungkinkan potensi keterlambatan material teridentifikasi lebih awal sehingga tindakan penanganan dapat segera dilakukan sebelum berdampak terhadap produktivitas pekerjaan, biaya pelaksanaan, maupun waktu penyelesaian proyek.

Dengan demikian, pengelolaan logistik material tidak hanya menjadi tanggung jawab penyedia jasa, tetapi juga merupakan bagian penting dari fungsi pengendalian proyek untuk menjaga ketercapaian target biaya, mutu, dan waktu pelaksanaan pekerjaan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada Proyek Pembangunan Jalan Kasai–Semanting Kabupaten Berau, dapat disimpulkan bahwa material utama yang memiliki kontribusi dominan terhadap pelaksanaan proyek terdiri atas tanah timbunan, agregat, semen, dan aspal, sehingga kelancaran distribusi material tersebut menjadi salah satu faktor penting dalam menentukan keberhasilan pelaksanaan konstruksi jalan. Keterlambatan distribusi material menyebabkan berkurangnya jam kerja efektif di lapangan yang berdampak langsung terhadap penurunan produktivitas tenaga kerja dan peralatan. Penurunan produktivitas akibat keterbatasan ketersediaan material juga berpotensi meningkatkan biaya pelaksanaan proyek karena terjadi penurunan efisiensi penggunaan sumber daya, baik tenaga kerja maupun peralatan konstruksi.

Selain berdampak terhadap biaya, keterlambatan distribusi material juga memberikan pengaruh signifikan terhadap kinerja waktu proyek. Hambatan pasokan material yang terjadi secara signifikan dapat memperpanjang durasi penyelesaian pekerjaan hingga 90 hari dibandingkan dengan jadwal rencana awal selama 180 hari. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengelolaan distribusi material memiliki peran penting dalam menjaga efisiensi biaya dan waktu pelaksanaan proyek. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengelolaan material yang efektif melalui perencanaan kebutuhan material yang tepat, koordinasi yang baik antar-pemangku kepentingan, serta kegiatan monitoring secara berkala di lapangan untuk meminimalkan risiko keterlambatan, menjaga produktivitas pekerjaan, dan meningkatkan keberhasilan pelaksanaan proyek konstruksi jalan.

DAFTAR REFERENSI

- [1] A. T. Gurmu, “Tools for Measuring Construction Materials Management Practices and Predicting Labor Productivity in Multistory Building Projects,” *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 145, no. 2, pp. 1–12, 2019, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001611.
- [2] S. A. Al-Hajj and H. S. Hamani, “Material Management in Construction Projects: Supply Chain Practices and Project Performance,” *International Journal of Construction Management*, vol. 20, no. 5, pp. 1–12, 2020, doi: 10.1080/15623599.2018.1527381.

- [3] S. Yildiz, "Determination of the Importance of Material Management Activities in Construction Works in Terms of Their Contribution to Productivity," *Building Engineering*, 2024, doi: 10.59400/be1651.
- [4] P. Azzahra and R. Respati, "Analisa Pengaruh Manajemen Material Terhadap Produktivitas Kerja Pada Proyek Konstruksi Gedung Bertingkat di Kota Palangka Raya," *Media Ilmiah Teknik Sipil*, vol. 12, no. 2, pp. 159–166, 2024, doi: 10.33084/mits.v12i2.7323.
- [5] S. Awaad, D. M. Mansour, I. Mahdi, and I. Abdelrasheed, "Impact of Material Supply Chain on the Productivity Optimization for the Construction of Roads Projects," *Scientific Reports*, vol. 14, 2024, doi: 10.1038/s41598-024-53660-6.
- [6] H. L. Y. Ting, S. H. H. Osman, and M. A. A. Rahman, "Factors Affecting Construction Productivity Performance: A Review," *International Journal of Construction Management*, 2021, doi: 10.1080/15623599.2021.1883315.
- [7] M. R. Islam, M. H. Rahman, and M. A. Hossain, "Evaluation of Construction Supply Chain Management Practices and Their Impact on Project Performance," *Journal of Construction Engineering and Management*, 2021.
- [8] N. El-Sayegh, "Construction Project Delays and Cost Overruns: Causes and Effects," *International Journal of Project Management*, 2018.
- [9] A. Ashar, M. N. Abduh, and E. Yuniarto, "Pengaruh Manajemen Material Terhadap Produktivitas Kerja Pada Pekerjaan Pembangunan Mall Pelayanan Publik Gowa," *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 2024.
- [10] Data Proyek Pembangunan Jalan Kasai–Semanting Kabupaten Berau, *Dokumen Rencana Anggaran Biaya, Jadwal Pelaksanaan, dan Data Kebutuhan Material Proyek*, 2024.
- [11] I. Soeharto, *Manajemen Proyek: Dari Konseptual Sampai Operasional*. Jakarta, Indonesia: Erlangga, 1999.
- [12] A. Husen, *Manajemen Proyek*. Yogyakarta, Indonesia: Andi Offset, 2011.
- [13] W. I. Ervianto, *Manajemen Proyek Konstruksi*. Yogyakarta, Indonesia: Andi, 2005.
- [14] D. S. Barrie and B. C. Paulson, *Professional Construction Management*. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1992.
- [15] R. H. Clough, G. A. Sears, and S. K. Sears, *Construction Project Management*. New Jersey, NJ, USA: John Wiley & Sons, 2008.
- [16] W. J. O'Brien, C. T. Formoso, R. Vrijhoef, and K. London, *Construction Supply Chain Management Handbook*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2008.
- [17] M. Sambasivan and Y. W. Soon, "Causes and Effects of Delays in Malaysian Construction Industry," *International Journal of Project Management*, vol. 25, no. 5, pp. 517–526, 2007.
- [18] H. Doloi, A. Sawhney, K. C. Iyer, and S. Rentala, "Analysing Factors Affecting Delays in Indian Construction Projects," *International Journal of Project Management*, vol. 30, no. 4, pp. 479–489, 2012.
- [19] Project Management Institute (PMI), *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK Guide)*, 7th ed. Pennsylvania, USA: Project Management Institute, 2021.