



# ANALISIS FAKTOR YANG MEMPENGARUHI RANTAI PASOK MATERIAL PROYEK PEMBANGUNAN GEDUNG DI KOTA SURAKARTA

Widi Hartono\*, Adrian Hartanto, Dewi Handayani

Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A, Surakarta

\*Corresponding author; email address: [wieds\\_ts@ft.uns.ac.id](mailto:wieds_ts@ft.uns.ac.id)

## ARTICLE INFO

### Article History:

Received 25 January 2023

Accepted 7 June 2024

Online 30 September 2024

### Keywords:

Material

Delivery time

Delivery distance

Transportation

Traffic jams

Surakarta

## ABSTRACT

Construction projects are activities that are influenced by many factors in their completion, delays in work on this project are caused by many things, for example due to delays in material delivery. Improper delivery of materials will hamper the work process where the material requirements to be used are not available, so that the delivery of work can be delayed. For this reason, it is necessary to study the influence of distance, transportation, weather, and traffic jams on the timeliness of material delivery. Data were obtained by means of interviews and filling out questionnaires to respondents who were working on a building project in Surakarta City. F, t and regression analysis are used to determine the effect of these four variables on the timeliness of material delivery. The results of the analysis show that distance is the variable that most influences the timeliness of material delivery, the effect of the distance variable is 27.4%, while the next biggest influence is the traffic jams variable with an effect of 26.2%. Weather and transportation variables have an influence of 21.5% and 19.7%. The coefficient of determination was obtained at 70.3% which indicates that 70.3% of the timeliness of material delivery is influenced by distance, transportation, weather, and traffic jams, and the rest is influenced by other factors outside the research variables. Ordering materials made outside the city of Surakarta which is far away must consider the time of ordering so that when needed the materials are already at the project site. Traffic conditions or traffic jams are factor that must be considered so that the ordered material can arrive at the project site with the quality that has been planned.

©2024 Magister Teknik Sipil USK. All rights reserved

## 1. PENDAHULUAN

Kota Surakarta adalah kota dengan pergerakan ekonomi yang baik, hal tersebut juga memicu adanya perkembangan infrastruktur untuk mendukung proses ekonomi. Proyek infrastruktur yang paling banyak di Kota Surakarta adalah proyek jenis gedung, seperti super market, hotel, gedung pendidikan, gedung sarana olah raga, gadung saran ibadah, perumahan atau bahkan pabrik. Pelaksanaan proyek konstruksi merupakan seni mengelola kegiatan dengan Batasan biaya, waktu dan mutu, ketiga hal tersebut saling terkait satu sama lainnya. Keterlambatan dalam pelaksanaan proyek konstruksi adalah merupakan hal yang paling sering terjadi, salah satu penyebabnya adalah permasalahan pengadaan material yang mengalami keterlambatan. Keterlambatan dalam pelaksanaan proyek konstruksi juga berakibat terhadap waktu, dimana pekerjaan tertentu membutuhkan waktu untuk proses agar produk yang dihasilkan menjadi baik. Beton membutuhkan proses beberapa hari untuk bisa kuat menahan beban sendiri dan beban konstruksi, sehingga bekisting atau

*scaffolding* dapat dilepas. Kedua hal tersebut diatas akan mempengaruhi biaya konstruksi, misalnya struktur beton yang bisa dikerjakan selama 2 bulan menjadi 3 bulan.

Proyek konstruksi mencakup bermacam-macam jenis sumber daya, diantaranya yaitu sumber daya manusia, material, peralatan, biaya, dan metode pelaksanaan. Proporsi terbesar sumber daya proyek konstruksi adalah sumber daya material, dengan proporsi lebih dari 60%, sehingga dampaknya biaya untuk material sangat besar (Kini, 1999; Hawari dkk., 2021). Pengelolaan yang tidak tepat pada material akan dapat mengakibatkan kerugian yang besar pada proyek konstruksi, material yang datang tidak sesuai kualitasnya (Kurniawan & Anggraeni, 2020), tidak sesuai volumenya (Kurniawan & Anggraeni, 2020; Marioga dkk., 2021), atau material yang datang tidak tepat waktu (Alfiani, 2015; Dewi dkk., 2022; Hariani & Ramdany, 2022; Nansi, 2022). Keterlambatan dalam penyediaan material, Dimana sering terjadi dalam proyek konstruksi, secara signifikan mempengaruhi waktu penyelesaian dan biaya pada proyek, akan mengakibatkan *cost overrun* dan berpotensi menyebabkan perselisihan (Gauri & M.C.Aher, 2021). Penyediaan sumber daya menjadi sangat penting agar proyek dapat mencapai tujuannya, salah satu faktor agar sumber daya dapat tersedia dengan tepat adalah dengan mengelola rantai pasoknya.

Analisis rantai pasok material konstruksi memiliki sistem multifase dengan berbagai pemangku kepentingan dan faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensi dan risiko. Di Sukabumi, bambu kurang dimanfaatkan dalam konstruksi meskipun mempunyai potensi, dengan rantai pasokan yang melibatkan petani, distributor, dan berbagai personel proyek (Sasongko, 2020). Sebaliknya, urbanisasi di Tiongkok telah mendorong eksplorasi pengurangan emisi karbon dan strategi daur ulang dalam rantai pasokan bahan konstruksi, yang dipengaruhi oleh mekanisme pembatasan perdagangan karbon dan preferensi ramah lingkungan para pemangku kepentingan (Xu dkk., 2023). Selain itu, dorongan terhadap dekarbonisasi di Tiongkok telah mengarah pada penyelidikan subsidi teknologi dalam rantai pasokan bahan bangunan ramah lingkungan, yang menekankan pentingnya kebijakan dalam mendorong pembangunan ramah lingkungan (Qian dkk., 2023). Menariknya, meskipun industri semen di India menghadapi tantangan pasca penerapan GST, industri semen di India juga merasakan manfaat seperti berkurangnya biaya logistik dan waktu pengiriman, yang menunjukkan bahwa perubahan kebijakan dapat berdampak signifikan terhadap rantai pasok material konstruksi (Taak & Kumar, 2019).

Manajemen rantai pasokan sangat penting dalam memitigasi keterlambatan pada proyek konstruksi, dengan model simulasi risiko mengidentifikasi dapat mengetahui faktor-faktor sensitif seperti perubahan pesanan klien (Hatmoko & Kistiani, 2017). Ketidakpastian dalam pengadaan material dapat menyebabkan tertundanya proyek, dan masalah keuangan menjadi faktor risiko yang (Kurniawan & Anggraeni, 2020). Bullwhip effect, sebuah fenomena dalam rantai pasokan, dianalisis dalam konteks bahan bangunan, dengan menyoroti manfaat berbagi informasi (J. Chen dkk., 2021). Kompleksitas rantai pasokan material industri konstruksi memerlukan hubungan kerja sama pemangku kepentingan demi keuntungan bersama dan efisiensi operasional, dengan faktor-faktor seperti kepercayaan dan berbagi informasi menjadi hal yang sangat penting (Hanh dkk., 2024). Kemajuan teknologi, seperti sistem permintaan material berbasis web (W-BMRS), dapat menyederhanakan rantai pasokan di lokasi konstruksi, sehingga meningkatkan kinerja (Adedeji dkk., 2021). Terakhir, optimalisasi model peringatan dini risiko dalam rantai pasokan bahan distribusi di perusahaan listrik menggarisbawahi pentingnya manajemen risiko untuk operasi yang stabil (Li dkk., 2019).

Faktor-faktor yang menyebabkan rantai pasok material mengalami keterlambatan dan pembengkakan biaya dapat dilihat dari aspek peralatan kerja dan obyek pekerjaan, motivasi pekerja, faktor operasional dan manajemen (Gauri & M.C.Aher, 2021) dan pemilihan *supplier* (Dewi dkk., 2022; Hartono & Kusnianto, 2023). Pemilihan *supplier* memberikan pengaruh pada rantai pasok, salah satunya adalah aspek alat transportasi yang digunakan (Dewi dkk., 2022; Hariani & Ramdany, 2022; Jin dkk., 2022; Nansi, 2022). Faktor lain yang mempengaruhi rantai pasok material adalah keterlambatan akibat pemesanan tambahan material karena perubahan desain yang mendadak, penundaan pengiriman material, pemesanan tambahan material, penundaan pengiriman material (Hatmoko & Kistiani, 2017) dan ketidakpastian dalam pengadaan

material (Kurniawan & Anggraeni, 2020). Aspek lain yang juga dapat mempengaruhi rantai pasok material konstruksi adalah aspek informasi (Hanh dkk., 2024), dan pentingnya aspek risiko (Li dkk., 2019). Faktor teknis yang mempengaruhi rantai pasok diantaranya disebabkan penggunaan infrastruktur teknologi informasi (Adedeji dkk., 2021).

Rantai pasok material sangat mempengaruhi keberhasilan dalam pengerjaan proyek konstruksi, agar pengelolaan rantai pasok ini dapat berjalan dengan lancar dan baik, maka perlu dilakukan kajian mengenai hal-hal yang mempengaruhi ketepatan waktu pengiriman material. Faktor yang akan dikaji adalah faktor yang terkait proses perpindahan barang dari asal material ke lokasi proyek yang mempengaruhi ketepatan waktu pengiriman. Paper ini mengkaji faktor-faktor yang mempengaruhi keterlambatan dalam rantai pasok material untuk melengkapi kajian yang sudah ada dengan mengangkat isu cuaca, jarak pengiriman, kondisi lalu lintas dan ketepatan waktu material konstruksi. Paper ini memberikan sudut pandang lain dari pengelolaan rantai pasok yang dapat menjadi pertimbangan untuk menentukan keputusan selanjutnya. Akhirnya diharapkan pihak pengelola proyek konstruksi dapat melakukan langkah antisipatif untuk mengurangi atau menghilangkan adanya keterlambatan pengiriman material.

## 2. KAJIAN PUSTAKA

*Supply Chain Management* (SCM) merupakan sistem yang digunakan untuk mengelola aliran barang, produk atau jasa secara terpadu dengan melibatkan banyak pihak dari produsen kepada pelanggan (Gunasekaran dkk., 2004; Waters, 2003; Wei & Yi-zhong, 2013), karena banyak pihak yang terlibat dalam sistem akan membentuk rantai pasok yang kompleks dengan pendekatan *holistic* dalam rangka mengalirkan barang dan jasa agar mendapatkan kinerja rantai pasok yang efektif dan efisien dari pemasok ke pelanggan (Fatorachian & Kazemi, 2021; Rainer dkk., 2015). Pihak-pihak yang terkait dalam rantai pasok dapat terdiri dari berbagai organisasi yang memiliki tujuan untuk mengorganisasi rantai pasok dengan mendistribusikan barang-barang sebaik mungkin (Waters, 2003).

Bertelsen (2002) mengungkapkan bahwa perencanaan rantai pasok material yang tidak baik dapat meningkatkan biaya proyek hingga 10%. Perencanaan dan pengelolaan rantai pasok material konstruksi merupakan sesuatu yang krusial dimana hal tersebut secara langsung dapat memengaruhi jadwal dan biaya konstruksi (Kar & Jha, 2020; Kumar, 2018). Masalah dalam rantai pasok material dapat terjadi dalam berbagai bentuk yang mengakibatkan proyek konstruksi mengalami keterlambatan dan akhirnya berpengaruh terhadap peningkatan biaya konstruksi (Majrouhi Sardroud, 2012; Memon dkk., 2011). Karakteristik material yang berbeda-beda mengakibatkan proses rantai pasoknya juga berbeda, penanganan material menjadi tidak sama, menyesuaikan dengan jenis material agar pada saat dibutuhkan material tersedia. Misalnya ready mix dan baja tulangan, akan sedikit berbeda dalam penanganannya, dimana waktu pengiriman beton ready mix harus mempertimbangkan setting time. Baja tulangan dalam proses rantai pasok dapat dipengaruhi beberapa faktor agar sampai ke lokasi proyek tepat waktu, misalnya terjadi keterlambatan dalam 1 hari, baja tidak terpengaruh kualitasnya. Hanya pekerjaan yang menggunakan baja tulangan yang akan mengalami keterlambatan apabila stok di gudang memang benar-benar habis.

Pengiriman material yang terlambat pada proyek konstruksi akan berdampak pada keterlambatan pengikutnya, dimana pekerjaan tersebut tidak dapat dilaksanakan karena stok material telah habis dan kiriman material belum sampai ke lokasi proyek. Keterlambatan ini akan mengakibatkan adanya pembekakan biaya konstruksi (*cost-overruns*) (Darmanto dkk., 2020; Puteri dkk., 2022; Soekiman & Soekiman, 2021) dimana pembayaran upah tenaga kerja menjadi lebih besar serta biaya tidak langsung juga menjadi lebih besar karena pekerjaan terlambat. *Cost-overruns* jelas akan merugikan perusahaan, margin keuntungan menjadi lebih kecil dan efek keterlambatan juga dapat mempengaruhi kualitas bangunan. Keterlambatan proyek konstruksi sangat merugikan stakeholder, kontraktor maupun owner. Peraturan Presiden Nomor 12 Tahun 2021 menetapkan bahwa penyedia jasa dapat dikenakan denda jika tidak dapat menyelesaikan proyek dalam waktu yang ditentukan dalam kontrak.

Keberhasilan dalam pengelolaan material tidak terlepas dari kinerja dari pemasok, kemampuan

menyediakan material yang cukup dapat mengurangi risiko keterlambatan material di lokasi proyek. Stok material dari pemasok yang sudah siap kirim dan dalam jumlah yang banyak, dapat memperlancar material sampai ke lokasi proyek, sebaliknya apabila stoknya terbatas, pemasok akan memesan material ke tempat lain untuk mencukupi pasokan dan membutuhkan waktu sampai material siap kirim. Keterlambatan material yang datang ke lokasi proyek dapat berakibat pada kurangnya material pada saat akan dipakai, sehingga hal tersebut dapat mengganggu aktivitas pekerjaan dan akhirnya produktivitas pekerjaan menjadi menurun (Dewi dkk., 2022).

Ketersediaan material yang cukup harus didukung pengelolaan material yang baik, sehingga material selalu tersedia pada saat dibutuhkan. Perencanaan kebutuhan material yang baik sangat mempengaruhi kinerja pengelolaan material terutama pada ketepatan waktu kedatangan material (Dewi dkk., 2022; Hariani & Ramdany, 2022; Jin dkk., 2022; Nansi, 2022). Pengadaan material konstruksi dimulai dari membuat perencanaan pengadaan dan membuat jadwal material yang disesuaikan dengan jenis pekerjaan dan volume yang diperlukan. Tempat penyimpanan material konstruksi harus disediakan dengan cukup agar material yang datang dapat disimpan dengan baik dan aman, sehingga apabila dibutuhkan dapat dimanfaatkan dengan baik dan lancar.

Jenis kendaraan untuk transportasi material konstruksi dari tempat asal ke lokasi proyek menentukan kecepatan dan ketepatan waktu pengiriman, ketersediaan kendaraan yang disediakan oleh pemasok mempengaruhi *lead time* (waktu tunggu) pengiriman material (Jin dkk., 2022; Kurniawan & Anggraeni, 2020) Kendaraan besar dapat mengangkut material dalam jumlah yang banyak, hanya memiliki keterbatasan manuver dan kecepatannya yang rendah. Begitu sebaliknya kendaraan kecil kapasitasnya sedikit, memiliki kemampuan manuver yang baik dan kecepatan yang lebih tinggi. Kecepatan kendaraan saat pengiriman material konstruksi tidak hanya dipengaruhi jenis kendaraan, walaupun menggunakan kendaraan kecil yang bisa bergerak lebih cepat tetapi kondisi lalu lintas menjadi hambatan berikutnya dalam proses pengiriman material (Alfiani, 2015; Jin dkk., 2022; Kurniawan & Anggraeni, 2020). Disisi lain jarak antara lokasi proyek dengan tempat pembelian material sangat mempengaruhi rantai pasok material, dimana setiap material memiliki karakteristik yang berbeda misalnya baja tulangan akan dipesankan ke pabrik atau distributornya langsung walaupun jaraknya jauh, sedangkan material batu bata di beli pada penyedia yang jaraknya dekat (Hartono & Kusnianto, 2023).

Kondisi cuaca mempengaruhi kelancaran pengiriman barang, terutama pengiriman barang yang menggunakan jasa transportasi air dimana kapal tidak akan beroperasi pada cuaca yang buruk (Jenlina, 2013; Utama, 2018). Untuk kendaraan yang menggunakan jasa transportasi darat kondisi cuaca juga mempengaruhi kecepatan pengiriman, hanya tidak sebesar pengaruhnya pada transportasi air. Kondisi cuaca yang buruk dapat memperlambat kecepatan kendaraan pada saat melintas di jalan, kadang-kadang kendaraan akan berhenti sejenak menunggu kondisi yang lebih baik.

Penelitian ini menggunakan 5 variabel yang terdiri dari satu variabel tetap dan empat variabel bebas untuk mengetahui faktor apa saja yang mempengaruhi ketepatan waktu pengiriman. Variabel-variabel tersebut diambil hanya pada proses pergerakan material dari asalnya sampai ke lokasi proyek berdasarkan kajian pustaka. Adapun jenis-jenis variabel yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Variabel dalam penelitian

No	Variabel	Referensi
1	Cuaca. Kondisi cuaca cerah atau terjadi hujan	(Jenlina, 2013; Utama, 2018)
	Transportasi. Jenis alat transportasi yang digunakan, misalnya truk besar atau colt	(Jenlina, 2013; Jin dkk., 2022; Mudita dkk., 2016)
3	Jarak. Merupakan jarak antara lokasi material asal ke lokasi proyek	(Gunawan dkk., 2015; Jin dkk., 2022; Karundeng dkk., 2018; Nansi, 2022)
4	Kemacetan. Kondisi lalu lintas yang mengakibatkan kendaraan tidak bergerak dengan lancar	(Alfiani, 2015; Jin dkk., 2022; Kurniawan & Anggraeni, 2020)
5	Ketepatan waktu. Material datang pada saat material dibutuhkan	(Alfiani, 2015; Dewi dkk., 2022; Hariani & Ramdany, 2022; Jin dkk., 2022; Nansi, 2022)

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Penentuan Populasi dan Sampel

Populasi penelitian ini merupakan proyek-proyek yang dikerjakan di Kota Solo, yaitu khusus untuk proyek bangunan gedung dengan mengambil sampel proyek sesuai dengan klasifikasi yang ditentukan. Klasifikasi proyek dibuat dengan 3 jenis yaitu proyek skala besar yang mencakup gedung bertingkat, stadion, rumah sakit, dan supermarket, skala menengah (skala sedang) berupa pembangunan perumahan dan skala kecil adalah proyek rumah tinggal dua lantai. Pembagian skala proyek dalam penelitian ini adalah untuk proyek skala kecil memiliki nilai kontrak dibawah 10 milyar, untuk proyek skala menengah adalah proyek dengan nilai kontrak antara 10 sampai 100 milyar dan untuk proyek skala besar memiliki nilai kontrak diatas 100 milyar. Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder, data primer diperoleh dengan cara wawancara dan memberikan kusioner dan untuk data sekunder diambil dari lokasi proyek atau referensi.

Sampel diambil dengan metode *stratified sampling* yaitu membagi populasi menjadi subkelompok yaitu proyek skala besar, skala menengah dan skala kecil. Pada masing-masing sub kelompok tersebut kemudian diambil beberapa sampel secara acak yang dapat mewakili sub kelompok tersebut. Jumlah sampel yang akan digunakan adalah lebih besar dari 30 responden, hal ini didasarkan pada penelitian Guetterman (2019) bahwa sampel yang lebih besar dari 30 disyaratkan agar asumsi-asumsi statistik seperti normalitas, linieritas, dan homogenitas varian dapat terpenuhi. Data yang diperoleh kemudian dikompilasi yaitu dikelompokkan berdasarkan kriteria tertentu, serta dilakukan analisis deskriptif. Analisis regresi linear digunakan untuk mengetahui pengaruh variabel tetap yaitu ketepatan waktu kedatangan material dengan variabel bebas yaitu cuaca, transportasi, jarak, dan kemacetan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

#### 3.2. Pengujian Kusioner

Pengujian kusioner merupakan langkah penting dalam proses penelitian yang menjamin bahwa instrumen tersebut dapat digunakan untuk mengumpulkan data yang valid dan reliabel. Sebelum dilakukan pengujian validitas dan reliabilitas, kusioner direview untuk memastikan bahasa dan instruksinya jelas, pertanyaan relevan dengan tujuan penelitian, dan tidak ada kesalahan pengetikan atau format yang salah. Langkah selanjutnya adalah pengujian kusioner dengan uji validitas dan reliabilitas.

Uji validitas merupakan langkah penting dalam proses pengembangan instrumen penelitian, seperti sebuah kusioner, hal ini untuk memastikan bahwa instrumen tersebut dapat digunakan untuk mendapatkan data yang valid. Uji validitas yang digunakan menggunakan indikator  $R_{hitung}$  dan  $R_{tabel}$ . Uji reliabilitas penting dilakukan agar penelitian memberikan hasil yang konsisten sehingga hasilnya dapat dipercaya. Instrumen reliabilitas dapat ditingkatkan dengan penyempurnaan item dalam kusioner, peningkatan instruksi yang lebih jelas, dan memastikan kondisi yang konsisten selama proses pengumpulan data. Instrumen pengujian reliabilitas dalam penelitian ini menggunakan indikator *Cronbach Alpha* yang memiliki nilai lebih besar dari 0,6.

#### 3.3. Teknik Pengumpulan Data

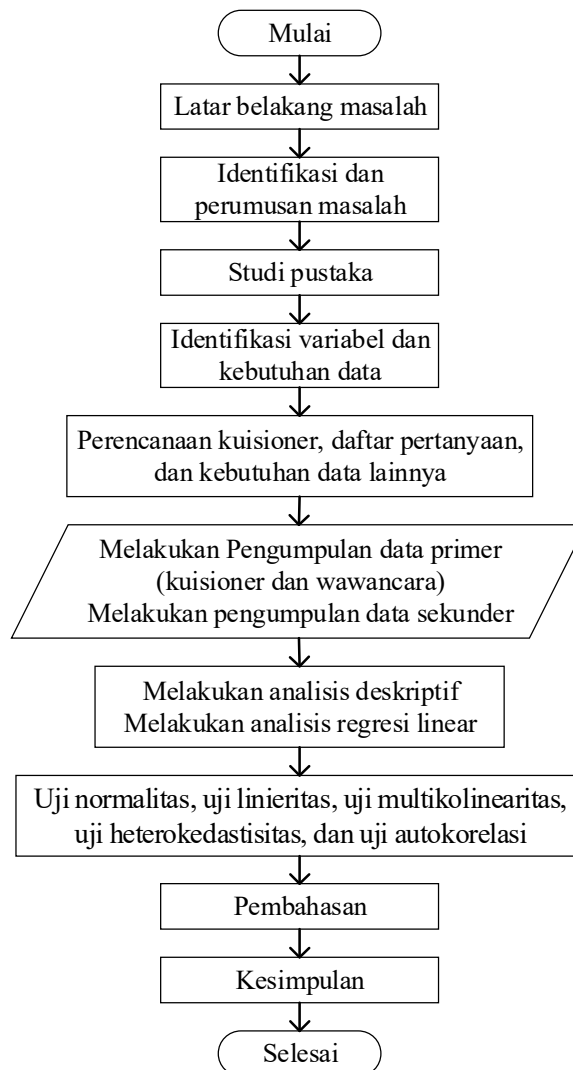
Pengumpulan data dilakukan dengan berbagai cara, dalam penelitian ini untuk mendapatkan data primer dan sekunder, maka dilakukan kunjungan ke lokasi proyek untuk menggali dan mendapatkan informasi tersebut. Data primer diperoleh dengan memberikan kusioner dengan cara membacakan kusioner dan mencatat tanggapan dari responden dengan cara menuliskan jawaban dalam kusioner dan mencatat apabila terdapat informasi tambahan. Perencanaan dan pengujian kusioner dilakukan untuk mendapatkan kusioner yang baik dan siap digunakan. Data primer berikutnya adalah dengan wawancara yang dilakukan pada beberapa responden yang mewakili sub kelompok dalam proyek. Wawancara dilakukan untuk mendiskusikan hasil analisis dalam kusioner dengan responden, sebelum dilakukan wawancara maka sudah dipersiapkan daftar pertanyaan terkait dengan aspek dari hasil analisis dari

kuesioner. Data sekunder diambil dari lokasi proyek dengan meminta informasi terkait dengan deskripsi proyek yang dikerjakan dan dilakukan bersamaan dengan kunjungan pada saat pengambilan data primer.

### 3.4. Analisis Data

Analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah analisis deskriptif dan analisis regresi. Analisis deskriptif untuk memberikan informasi mengenai profil dari obyek penelitian dan responden yang digunakan. Analisis deskriptif ini berupa tabel atau grafik yang menunjukkan data jumlah berdasarkan klasifikasi yang ditetapkan, misalnya jenis kelamin, umur, jabatan, pendidikan, pengalaman kerja maupun profil dari lokasi proyeknya. Analisis regresi linear berganda digunakan

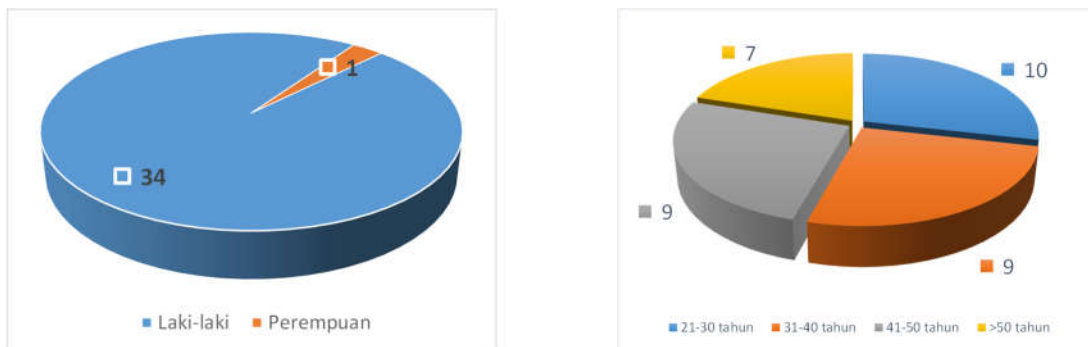
Analisis regresi linear berganda merupakan metode statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara dua atau lebih variabel bebas dan satu variabel tetap. Dalam penelitian ini variabel tetapnya adalah ketepatan waktu pengiriman dan variabel bebasnya terdiri dari cuaca, jenis kendaraan yang digunakan, jarak, dan kemacetan. Analisis regresi digunakan untuk menguji hubungan kausal antara variabel tetap dengan variabel bebas. Analisis terakhir yang dilakukan adalah untuk memastikan bahwa model sudah sesuai dengan benar dengan menggunakan uji klasikal yang terdiri dari uji normalitas, uji linieritas, uji multikolinearitas, uji heterokedastisitas, dan uji autokorelasi. Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk memecahkan permasalahan dalam penelitian ini dan melakukan pembahasan terkait hasil analisis. Urutan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 . Diagram alir penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data primer diperoleh dari kuesioner dan wawancara dengan kontraktor yang sedang mengerjakan proyek Gedung di Kota Surakarta dengan total jumlah responden yang terkumpul sebanyak 35 pada 11 proyek. Gambar 2 dan Gambar 3 merupakan data profil dari responden dalam penelitian ini. Responden yang diperoleh di lapangan sebagian besar adalah laki-laki, dimana hal ini disebabkan pegawai yang ditugaskan di lapangan oleh perusahaan sebgain besar adalah laki-laki sedangkan pegawai perempuan lebih ditempatkan di kantor. Jenis kelamin responden memiliki distribusi 97% merupakan laki-laki dan sisanya 3% adalah wanita, sedangkan umur dari responden bervariasi dari umur 21 tahun ke atas sampai 60 tahun. Usia responden hampir merata pada semua klasifikasi yang dibuat, terdapat empat kelas dimana kategori umur 21-30 tahun berjumlah 10 orang dan kategori umur di atas 50 tahun merupakan jumlah yang paling sedikit yaitu 7 orang.

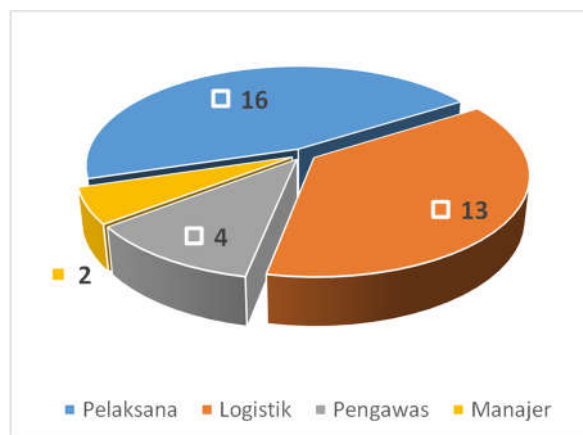


(a) Profil responden berdasarkan jenis kelamin

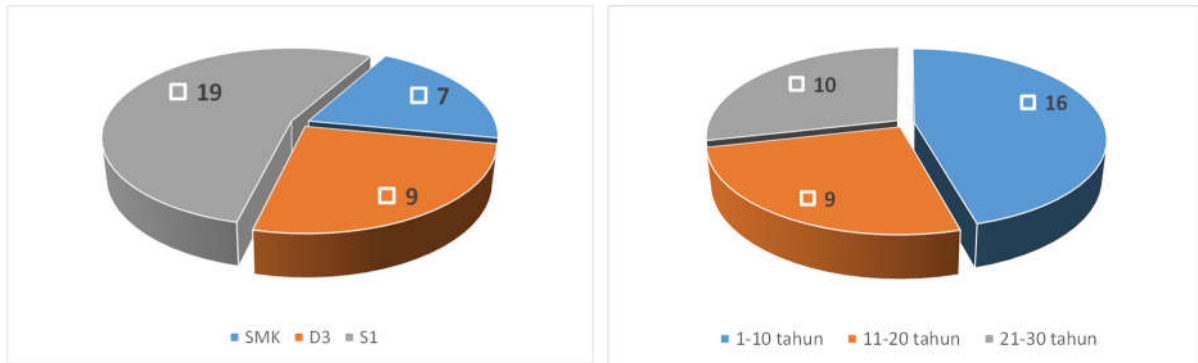
(b) Profil responden berdasarkan umur

**Gambar 2.** Profil responden berdasarkan umur dan jenis kelamin

Jabatan dari responden terdiri dari 4 jenis yaitu pelaksana lapangan, logistik, pengawas dan manajer dengan jumlah pelaksana paling banyak yaitu 16 orang sedangkan jumlah responden bagian logistik berjumlah 13 orang. Latar belakang jabatan dari responden adalah orang-orang yang paham terkait dengan teknis rantai pasok dari material konstruksi yang digunakan, sehingga responden paham terkait dengan seluk beluk rantai pasok material konstruksi. Latar belakang dari responden tersebut memiliki tingkat pendidikan mulai dari SMK sampai sarjana (S1), responden yang memiliki latar belakang pendidikan SMK merupakan pelaksana lapangan yang mengawasi dan mengendalikan pelaksanaan proyek dan memiliki jumlah yang terbanyak yaitu 19 orang. Profil responden berdasarkan pendidikan dan pengalaman kerja dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 3.** Profil responden berdasarkan jabatan



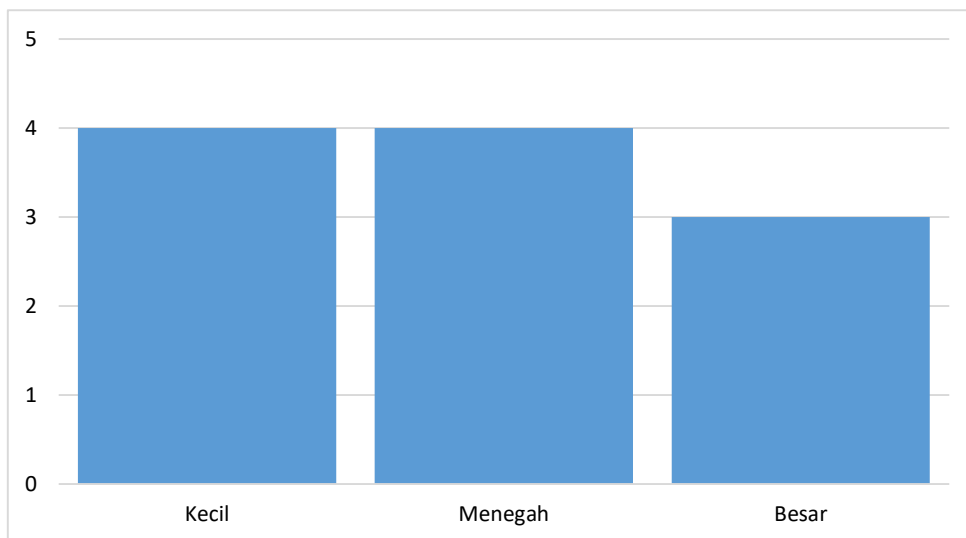
(a) Profil responden berdasarkan pendidikan (b) Profil responden berdasarkan pengalaman kerja

**Gambar 4.** Profil responden berdasarkan pendidikan dan pengalaman kerja

**Tabel 2.** Nama proyek yang menjadi obyek penelitian

No	Proyek	Alamat
1	Gor Manahan Solo	Jl. Adisucipto No. 2, Manahan, Banjarsari, Surakarta
2	Mitra 10	Jl. Sidoluhur No. 6, Ngruki, Cemani, Grogol
3	Hotel Laweyan	Jl. Dr. Radjiman No 523, Laweyan, Laweyan
4	Hotel Dafam	Jl. Honggowongso No 130, Tipes, Serengan
5	Gedung Institut Javanologi UNS	Jl. Ir. Sutami No. 36A, Pucangsawit, Jebres
6	Masjid Agung Sriwedari	Jl. Slamet Riyadi, Sriwedari, Laweyan
7	Rumah Tinggal 3 Lantai	Jl. Satrio Wibowo No. 51, Laweyan
8	Perumahan Ommaya	Jl. Dewa Ruci No. 1, Songgolangir, Gentan, Baki
9	Perumahan Griya Mulya Asri II	Jl. Pandawa No 10, Kartasura, Sukoharjo
10	Pabrik Jamu UD Rachmasari	Jl. Kedunggudel RT 01 RW 01, Kedunggudel, Kenep
11	Stadion Manahan	Jl. Adisucipto No. 1, Manahan, Banjarsari

Proyek konstruksi gedung yang digunakan sebagai obyek penelitian berjumlah 11 proyek, dengan klasifikasi skala besar berjumlah 3 proyek, skala menengah berjumlah 4 proyek, dan berskala besar berjumlah 3 proyek. Klasifikasi skala proyek konstruksi tersebut didasarkan pada besaran kontrak yang ada yang mengacu pada Permen PU No. 7 Tahun 2019. Proyek dengan skala besar memiliki nilai kontra lebih besar dari 100 milyar, untuk proyek skala menengah memiliki nilai kontrak sebesar 10 milyar sampai 100 milyar, dan untuk skala kecil nilai kontraknya lebih kecil dari 10 milyar. Daftar proyek yang diamati dapat dilihat pada Tabel 2 sedangkan klasifikasi skala proyeknya dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Profil pengelompokan jenis proyek yang diamati dalam penelitian



Data hasil kuesioner dilakukan pengolahan dan analisis agar dapat digunakan untuk mencapai tujuan penelitian. Responden dipilih dari masing-masing proyek yang menjadi obyek penelitian, rata-rata setiap lokasi proyek berhasil dikumpulkan sebanyak 3 kuesioner. Hasil pengumpulan data pada total diperoleh sebanyak 35 responden yang memberikan respon terhadap penelitian ini, data yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil analisis deskriptif menunjukkan bahwa rata-rata untuk pengaruh cuaca pada rantai pasok adalah 3,4, alat transportasi sebesar 3,6857, jarak antara lokasi proyek dengan pengiriman material sebesar 4,1143, kemacetan sebesar 4,0286. Sedangkan untuk variabel terikat yaitu ketepatan pengiriman material memiliki rata-rata 3,8286. Data kemudian diuji dengan uji Validitas dan uji Reliabilitas, hasil pengujian menunjukkan bahwa daftar pernyataan yang diberikan kepada responden adalah valid dan data jawaban dari responden adalah reliabel.

**Tabel 2.** Analisis deskriptif data penelitian

No	Deskriptif	Cuaca (x1)	Transportasi (x2)	Jarak (x3)	Kemacetan (x4)	Waktu (y)
1	Rata-rata	3,4000	3,6857	4,1143	4,0286	3,8286
2	Minimal	2	2	3	3	3
3	maksimal	5	5	5	5	5
4	Standar deviasi	0,8471	0,7960	0,7581	0,7854	0,6636

Pengujian hipotesis digunakan untuk membuktikan apakah terdapat pengaruh variabel terikat dengan variabel bebas. Pengujian signifikansi dilakukan dengan menguji variabel bebas secara individu dan simultan. Pengujian secara variabel bebas secara simultan digunakan untuk menguji apakah terdapat pengaruh variabel bebas secara simultan terhadap variabel. Untuk menguji hipotesis ini digunakan statistik F dengan kriteria pengambilan keputusan apabila nilai  $\text{sig} < 0,05$  maka artinya variabel bebas (x) secara parsial berpengaruh terhadap variabel terikat (y) dan membandingkan nilai statistik t dengan titik kritis menurut F tabel. Apabila nilai  $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ , maka hipotesis alternatif menyatakan bahwa bebas (X) secara simultan mempengaruhi variabel terikat (y).

Perhitungan nilai F tabel diperoleh nilai 2.68 dan nilai F hitung sebesar 17.743 dengan nilai Sig. sebesar 0.0000, atau dapat dikatakan nilai F hitung lebih besar dari nilai F tabel serta nilai Sig. lebih kecil dari 0.05. Hasil tersebut menunjukkan bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima artinya variabel independen yang terdiri dari cuaca, transportasi, jarak, dan kemacetan mempunyai pengaruh secara bersama-sama terhadap ketepatan waktu kedatangan material. Untuk uji hipotesis secara parsial dilakukan dengan uji t, yaitu dengan kriteria nilai  $\text{sig} < 0,05$  maka artinya variabel bebas (X) secara parsial berpengaruh terhadap variabel terikat (y). Kemudian membandingkan nilai statistik t dengan titik kritis menurut t tabel. Apabila nilai statistik t hitung  $> t_{\text{tabel}}$ , maka hipotesis alternatif menyatakan bahwa suatu variabel bebas (x) secara individual mempengaruhi variabel terikat (y).

Perhitungan t tabel diperoleh nilai sebesar 2,042, nilai ini akan dibandingkan dengan nilai t hitung pada masing-masing variabel bebas. Berikut ini uji variabel bebas secara simultan yang diuraikan sebagai berikut:

- a. Pengaruh cuaca terhadap ketepatan waktu kedatangan material  
 Nilai t hitung diperoleh sebesar 2,247 dan nilai Sig sebesar 0,032, atau didapat dikatakan nilai t hitung lebih besar daripada nilai t tabel sebesar 2,042 dan nilai Sig lebih kecil daripada 0,05. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima, artinya variabel cuaca berpengaruh signifikan terhadap ketepatan waktu kedatangan material.
- b. Pengaruh transportasi terhadap ketepatan waktu kedatangan material  
 Nilai t hitung diperoleh sebesar 2,067 dan nilai Sig sebesar 0,047, atau didapat dikatakan nilai t hitung lebih besar daripada nilai t tabel 2,042 dan nilai Sig lebih kecil daripada 0,05. Artinya  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima, artinya variabel transportasi berpengaruh signifikan terhadap ketepatan waktu kedatangan material.

- c. Pengaruh jarak terhadap ketepatan waktu kedatangan material  
Nilai t hitung diperoleh sebesar 2,738 dan nilai Sig sebesar 0,010, atau didapat dikatakan nilai t hitung lebih besar daripada nilai t tabel 2,042 dan nilai Sig lebih kecil daripada 0,05. Disimpulkan bahwa Ho ditolak dan H1 diterima, artinya variabel jarak berpengaruh signifikan terhadap ketepatan waktu kedatangan material.
- d. Pengaruh kemacetan terhadap ketepatan waktu kedatangan material  
Nilai t hitung diperoleh sebesar 2,697 dan nilai Sig sebesar 0,011, atau didapat dikatakan nilai t hitung lebih besar daripada nilai t tabel 2,042 dan nilai Sig lebih kecil daripada 0,05. Dapat diartikan bahwa Ho ditolak dan H1 diterima, artinya variabel kemacetan berpengaruh signifikan terhadap ketepatan waktu kedatangan material.

Hasil uji F dan t menunjukkan bahwa variabel bebas secara individu dan simultan berpengaruh terhadap variabel tetap, atau dapat dikatakan cuaca, transportasi, jarak, dan kemacetan mempunyai pengaruh secara individual dan secara simultan terhadap ketepatan waktu pengiriman material. Model persamaan regresi linear diperoleh dengan bantuan *software* SPSS dan diperoleh hasil persamaannya adalah sebagai berikut:

$$y = 0,186 + 0,215 x_1 + 0,197 x_2 + 0,274x_3 + 0,262x_4 \quad (1)$$

Keterangan :

y = ketepatan waktu kedatangan material

x1 = variabel pengaruh cuaca

x2 = variabel pengaruh transportasi

x3 = variabel pengaruh jarak

x4 = variabel pengaruh tingkat kemacetan

Pengujian koefisien determinasi (R<sup>2</sup>) diperoleh nilai sebesar 0,703 atau (70,3%), hal ini dapat diartikan bahwa 70,3% waktu kedatangan material dipengaruhi oleh variabel cuaca, transportasi, jarak, dan kemacetan, sedangkan 29,7 % dipengaruhi diluar variabel dalam penelitian ini. Model persamaan tersebut kemudian dilakukan uji asumsi klasikal untuk mengetahui apakah persamaan sudah memenuhi kaidah statistik. Pengujian asumsi klasikan dilakukan dengan Uji Normalitas, Uji Linieritas, Uji Multikolinieritas, Uji Heterokedastisitas, dan Uji Autokorelas, serta hasilnya semua uji yang dilakukan memenuhi syarat.

Hasil wawancara dengan staf yang berada di proyek menginformasikan bahwa untuk proyek dengan skala kecil sebagian besar material dipesan dari lokasi terdekat atau sekitar Kota Surakarta, untuk material khusus misalnya permintaan dari user yang tidak ditemukan di kota Solo dan sekitarnya akan dipesankan di luar kota. Material tersebut biasanya ukurannya kecil sehingga dapat dikirim lewat ekspedisi, sehingga estimasi durasi kedatangan material bisa diketahui, sehingga jarak menjadi merupakan faktor yang sangat berpengaruh dalam rantai pasok material seperti yang ditunjukkan dalam persamaan regresi.

Untuk proyek skala besar membutuhkan material tertentu dalam jumlah yang besar dan ada beberapa jenis material ada yang langsung dipesan dari pabriknya atau distributor utamanya seperti baja tulangan dipesan dari pabrik Krakatau Steel di Serang atau pabrik baja PT Bhirawa Steel di Surabaya. Material dengan volume besar yang sering dipesan dari pabrik langsung adalah keramik karena apabila dipesan di distributor sering kali jumlahnya tidak mencukupi, sehingga apabila tidak order langsung sesuai kebutuhan sering kali ada perbedaan warna atau motif walaupun nomor serinya sama. Jarak antara lokasi asal material dari kota Solo sangat mempengaruhi waktu pengiriman, sehingga perencanaan jadwal pembelian material tersebut perlu dipertimbangkan matang-matang sehingga pada saat material dibutuhkan material sudah berada di lokasi proyek.

Faktor jarak memang mempengaruhi ketepatan penyampaian material konstruksi. Penelitian dari Nigeria menyoroti bahwa biaya transportasi rata-rata per jarak rata-rata yang ditempuh merupakan metrik penting untuk pengiriman material konstruksi, menunjukkan bahwa jarak dapat memengaruhi biaya dan

kemungkinan waktu pengiriman (Alumbugu dkk., 2020). Demikian pula, studi tentang manajemen rantai pasokan berkelanjutan di industri konstruksi Pakistan menyiratkan bahwa tantangan logistik, seperti jarak, dapat berdampak pada fleksibilitas dan kolaborasi rantai pasokan, yang penting untuk pengiriman tepat waktu (Farooq dkk., 2023).

Menariknya, meskipun jarak merupakan faktor fundamental, kemajuan dalam bidang logistik, seperti penggunaan pusat logistik khusus untuk pengiriman terkonsolidasi, dapat memitigasi beberapa dampak negatif jarak dengan meningkatkan efisiensi dan mengurangi dampak lingkungan, khususnya di daerah perkotaan (Vrijhoef, 2020). Pengaruh jarak terhadap ketepatan waktu pengiriman material konstruksi merupakan permasalahan yang memiliki banyak segi. Dalam konteks manajemen rantai pasokan konstruksi, jarak dari sumber material ke lokasi kerja dapat secara signifikan mempengaruhi jadwal pengiriman dan, akibatnya, jadwal proyek (P. H. Chen & Nguyen, 2019).

Jarak merupakan faktor penting dalam rantai pasokan bahan konstruksi, karena berdampak pada biaya transportasi, yang merupakan komponen penting dari biaya logistik rantai pasokan (Zhou dkk., 2011). Efisiensi operasi transportasi, termasuk optimalisasi rute dan pemilihan pengangkut, dipengaruhi oleh jarak material yang harus ditempuh, sehingga mempengaruhi efisiensi rantai pasokan secara keseluruhan (D. J. Prokop, 2022). Selain itu, dampak transportasi terhadap lingkungan, yang semakin penting bagi konsumen dan perusahaan, juga dipengaruhi oleh jarak, karena rute yang lebih panjang biasanya menghasilkan emisi karbon yang lebih tinggi (Dwivedi, 2024).

Kondisi lalu lintas sangat dinamis sekali, dalam satu hari bisa saja kondisinya sangat beragam kadang pada jam tertentu mengalami kemacetan yang parah dan pada jam lainnya volume lalu lintasnya tidak terlalu besar sehingga kendaraan dapat melintas dengan lancar. Jalan tol menjadi andalan untuk kelancaran distribusi material yang berasal dari luar kota, sehingga waktu yang ditempuh melalui jalan tol menjadi lebih singkat. Kemacetan ini sering terjadi pada perjalanan dari pabrik menuju ke pintu masuk tol dan pintu tol keluar ke lokasi proyek, kemacetan akan sering ditemui apabila pihak pengirim menggunakan jalan non tol untuk pengiriman material. Material-material yang berasal dari kota Solo, faktor kemacetan memang sangat mempengaruhi kecepatan pengiriman dan keterlambatan waktu pengiriman tidak sampai melebihi satu hari. Untuk itu perencanaan kebutuhan material tidak dibuat mepet dalam jangka waktu satu hari untuk menghindari keterlambatan pengiriman dari supplier. Khusus material ready mix keterlambatan akibat kondisi lalu lintas yang macet memiliki pengaruh yang sangat besar, terutama waktu pengiriman melebihi waktu *setting time* dari beton. Untuk itu jadwal pelaksanaan pengecoran diatur agar tidak berbarengan dengan jam sibuk di Kota Surakarta, dan dari dokumen Andalalin juga direkomendasikan untuk melakukan pengecoran di malam hari saat kondisi lalu lintas relatif tidak padat.

Kemacetan lalu lintas mempunyai dampak multifaset pada rantai pasokan, sebagaimana dibuktikan oleh penelitian yang dilakukan dalam berbagai konteks. Studi di Kumasi menyoroti bahwa kemacetan lalu lintas jalan raya dapat berdampak positif dan negatif terhadap kinerja pasokan, layanan pelanggan, dan produktivitas (Oteng dkk., 2022). Di kota-kota berkembang seperti Nairobi, pola mengemudi yang kacau dan kesalahan manajemen lalu lintas berkontribusi pada peningkatan kemacetan lalu lintas dan penurunan pemanfaatan kapasitas jalan, yang pada gilirannya mempengaruhi kinerja rantai pasokan (Bhardwaj dkk., 2023). Selain itu, pandemi COVID-19 telah memaksa industri logistik dan rantai pasokan untuk berinovasi dan mengadopsi teknologi baru untuk meningkatkan visibilitas dan manajemen risiko, yang juga dapat membantu mengelola gangguan terkait kemacetan (Srinivas & Ganesha, 2024).

Faktor cuaca juga mempengaruhi kelancaran proses distribusi material dalam proyek konstruksi, dimana material yang dipesan dari luar kota sedikit terhambat dengan adanya cuaca hujan. Kecepatan kendaraan pengirim material tidak dapat dijalankan dengan kecepatan penuh seperti saat cuaca cerah atau saat musim kemarau. Material yang dipesan dari kota Solo dan sekitarnya, sering terjadi apabila pesanan dalam jumlah sedikit pada saat kondisi hujan deras, pesanan akan dikirim menunggu cuaca cerah. Faktor cuaca merupakan faktor yang mempengaruhi rantai pasok material yang sejalan dengan temuan Yun & Ülkü (2023), Ghadge dkk. (2020), dan Martínez dkk. (2020).

Pengaruh cuaca terhadap rantai pasokan merupakan kekhawatiran yang sudah terdokumentasi dengan baik. Perubahan iklim, yang ditandai dengan meningkatnya frekuensi dan intensitas cuaca ekstrem, mempunyai implikasi signifikan terhadap manajemen rantai pasokan. Peristiwa ini dapat mengganggu jaringan logistik, menghambat aliran barang dan jasa, serta menyebabkan kegagalan kapasitas dan biaya yang besar (Yun & Ülkü, 2023). Dampak langsung dari kondisi cuaca ekstrem terhadap sektor-sektor seperti produksi pangan, sumber daya alam, dan memiliki efek berjenjang pada rantai pasokan global yang saling berhubungan (Ghadge dkk., 2020). Menariknya, meskipun risiko bencana alam mendorong terbentuknya budaya ketahanan dalam rantai pasok, risiko makroekonomi ternyata lebih kecil dan lebih sulit untuk direncanakan (Martínez dkk., 2020). Hal ini menunjukkan bahwa meskipun perusahaan dapat mengantisipasi dan bersiap menghadapi jenis gangguan tertentu, seperti yang disebabkan oleh bencana alam, risiko lain mungkin memerlukan strategi pengelolaan yang berbeda.

Faktor terakhir mempengaruhi ketepatan waktu pengiriman adalah jenis transportasi yang digunakan. Truk besar dengan beban yang berat tidak dapat berjalan dengan lincah dan cepat dibandingkan kendaraan pengangkut kecil material. Material yang dipesan dari luar kota dengan jumlah besar akan diangkut dengan truk besar yang khusus mengirim material tersebut, apabila materialnya volumenya kecil biasanya akan dikirimkan dengan ekspedisi dengan ukuran kendaraan yang lebih kecil sehingga bisa lebih cepat sampai. Untuk material yang dipesan di kota Solo, biasanya menggunakan truk engkel atau colt yang pergerakannya lebih lincah dan cepat apabila melalui jalur perkotaan.

Jenis alat transportasi memang mempengaruhi operasional rantai pasok. Transportasi yang efisien sangat penting untuk pengiriman bahan dan produk tepat waktu, yang merupakan komponen kunci manajemen rantai pasokan (Dwivedi, 2023). Misalnya, dalam konteks logistik pelabuhan laut, optimalisasi jaringan pengumpulan dan distribusi, yang mencakup berbagai moda transportasi, sangat penting untuk menangani peningkatan arus kargo secara efektif (Yang & Guo, 2020). Demikian pula, dalam industri konstruksi, penggunaan peralatan transportasi seperti penggerak, trailer, gerbang, dan kerekan, yang terintegrasi dengan teknologi RFID dan WSN, dapat berdampak signifikan pada proses rantai pasokan dengan mengatasi masalah seperti identifikasi redundansi (Shin dkk., 2012). Terlebih lagi, rantai pasok logistik transportasi mobil memerlukan pengelolaan peralatan transportasi untuk meningkatkan tingkat layanan dan memenuhi permintaan pasar (Yu, 2024). Pemilihan moda transportasi, optimalisasi rute, dan pemilihan operator merupakan faktor penting yang mempengaruhi efisiensi dan biaya transportasi dalam rantai pasokan (Dwivedi, 2023). Selain itu, perencanaan logistik dan manajemen rantai pasokan di bidang khusus seperti operasi ruang angkasa juga menekankan pentingnya peralatan transportasi dalam mengelola biaya dan memastikan operasi yang efisien (Evans, 2006).

Faktor jarak dalam praktiknya tidak berdiri sendiri mempengaruhi waktu pengiriman, tetapi terdapat faktor lainnya juga mempengaruhi, untuk menuju ke lokasi proyek akan dipengaruhi faktor kemacetan jalur yang dilalui, dipengaruhi juga kondisi cuaca dan jenis kendaraan yang digunakan, sehingga keempat faktor tersebut bisa disimpulkan secara bersama-sama mempengaruhi ketepatan waktu pengiriman material. Kinerja rantai pasok yang dipengaruhi faktor jarak yang dominan secara keseluruhan akan mempengaruhi efisiensi rantai pasokan secara keseluruhan (D. J. Prokop, 2022).

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan analisis yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa faktor jarak antara lokasi proyek dengan asal barang paling besar pengaruhnya terhadap ketepatan waktu kedatangan material. Cuaca, transportasi, jarak dan kemacetan mempengaruhi secara simultan terhadap ketepatan waktu kedatangan material. Hal ini menunjukkan bahwa untuk melakukan pemesanan material harus mempertimbangkan faktor cuaca, transportasi, jarak dan kemacetan, sehingga material pada saat dibutuhkan sudah tersedia di lokasi proyek.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adedeji, A. O., S., A. Y., & Oluwafikunmi, A. 2021. Web-based material requisition system in the supply chain of construction businesses. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. 11(2), 1531. <https://doi.org/10.11591/ijece.v11i2.pp1531-1538>
- Alfiani, A. 2015. Tinjauan Keterlambatan Pengiriman Parts Serta Klaim Pada PT United Tractors. *Jurnal Logistik D III Transportasi UNJ*. VIII(2), 37–40.
- Alumbugu, P. O., Shakantu, W. W. M., & Tsado, A. J. 2020. Analysis of Outbound Logistics Channels for Construction Material. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*. 10(1), 19–26. <https://doi.org/10.2478/jeppm-2020-0003>
- Bertelsen, S. 2002. Bridging the gap—towards a comprehensive understanding of lean construction. *International Group for Lean Construction*, 1–13.  
[http://www.bertelsen.org/strategisk\\_rådgivning\\_aps/pdf/Bridging the gaps - towards a comprehensive understanding of lean construction.pdf](http://www.bertelsen.org/strategisk_rådgivning_aps/pdf/Bridging%20the%20gaps%20-%20towards%20a%20comprehensive%20understanding%20of%20lean%20construction.pdf)
- Bhardwaj, A., Iyer, S. R., Ramesh, S., White, J., & Subramanian, L. 2023. Understanding sudden traffic jams: From emergence to impact. *Development Engineering*. 8, 100–105. <https://doi.org/10.1016/j.deveng.2022.100105>
- Chen, J., Zhong, J., & Xie, B. 2021. Research on System Dynamics Simulation of Building Materials Supply Chain. *Journal of Physics: Conference Series*. 1865(4), 042120. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1865/4/042120>
- Chen, P. H., & Nguyen, T. C. 2019. A BIM-WMS integrated decision support tool for supply chain management in construction. *Automation in Construction*. 98 (December 2018), 289–301. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.11.019>
- Darmanto, B., Widjayakusuma, J., & Simanjuntak, M. R. A. 2020. Identifikasi Faktor-Faktor Yang Menyebabkan Cost Overrun Pada Konstruksi Gedung Bertingkat. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2020*, 334–342.
- Dewi, R. M., Indrayadi, M., Teknik, J., Fakultas, S., Universitas, T., Pontianak, T., Teknik, D., Universitas, S., & Pontianak, T. 2022. Perencanaan Dan Pengendalian Bahan Material Pada Proyek Penggantian Jembatan Ruas Jalan Kota Mempawah - Sui Pinyuh – Batas Kota Pontianak. *Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*. 9(3), 1–9.
- Dwivedi, D. N. 2023. *The Use of Artificial Intelligence in Supply Chain Management and Logistics*. 306–313. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1902-4.ch018>
- Dwivedi, D. N. 2024. The Use of Artificial Intelligence in Supply Chain Management and Logistics. In D. Sharma, B. Bhardwaj, & M. C. Dhiman (Eds.), *Leveraging AI and Emotional Intelligence in Contemporary Business Organizations*. 306–313. IGI Global.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.4018/979-8-3693-1902-4.ch018>
- Evans, W. 2006, June 19. Logistics and Supply Chain Management - A Space Operations Enabler. *SpaceOps 2006 Conference*. <https://doi.org/10.2514/6.2006-5852>
- Farooq, S. A., Indhu, B., & Jagannathan, P. 2023. Impact of covid-19 on supply chain management in construction industry in Kashmir. *Asian Journal of Civil Engineering*. 24(2), 429–438. <https://doi.org/10.1007/s42107-022-00509-w>
- Fatorachian, H., & Kazemi, H. 2021. Impact of Industry 4.0 on supply chain performance. *The Management of Operations*. 32(1), 63–81.
- Gauri, H., & M.C.Aher. 2021. Construction Supply Chain Management and Organizational Performance in Construction Projects. *IEI Conferences*. 11. [https://doi.org/10.36375/prepare\\_u.iei.a117](https://doi.org/10.36375/prepare_u.iei.a117)
- Ghadge, A., Wurtmann, H., & Seuring, S. 2020. Managing climate change risks in global supply chains: a review and research agenda. *International Journal of Production Research*. 58(1), 44–64. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1629670>

- Guetterman, T. C. 2019. Basics of statistics for primary care research. *Family Medicine and Community Health*. 7(2), e000067. <https://doi.org/10.1136/fmch-2018-000067>
- Gunasekaran, A., Patel, C., & McGaughey, R. E. 2004. A framework for supply chain performance measurement. *International Journal of Production Economics*. 87(3), 333–347. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2003.08.003>
- Gunawan, A. S., Sipayung, E. M., & Wiguno, A. 2015. Pengiriman Barang Dengan Metode Ant Colony Optimization Studi Kasus: PT . XYZ. *Seminar Nasional Sistem Informasi Indonesia 2015*, 477–482.
- Hanh, N. T. M., Toan, N. Q., & Thanh, P. Q. 2024. Factors affecting the cooperative relationships in material supply chain of construction enterprises. *Organization, Technology and Management in Construction: An International Journal*. 16(1), 38–51. <https://doi.org/10.2478/otmcj-2024-0003>
- Hariani, D., & Ramdany, M. 2022. Pengaruh Perencanaan, Quality Control Dan Evaluasi Kinerja Manajemen Logistik Terhadap Ketepatan Waktu Pengiriman Barang Pada PT. ID. Express Logistik Indonesia, Gudang Depok. *Jurnal Ilmiah Indonesia*. 7(11), 15392–15.
- Hartono, W., & Kusnianto, A. N. 2023. Supply chain of construction materials on building construction projects in Banjarmasin. *AIP Conference Proceedings*. 2629(1). <https://doi.org/10.1063/5.0129151>
- Hatmoko, J. U. D., & Kistiani, F. 2017. Model Simulasi Risiko Rantai Pasok Material Proyek Konstruksi Gedung. *Media Komunikasi Teknik Sipil*. 23(1), 1. <https://doi.org/10.14710/mkts.v23i1.14697>
- Hawari, R. A., Oktaviani, C. Z., & Nurisra, N. 2021. Komposisi Biaya Sumber Daya Material dan Tenaga Kerja Pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung Sederhana. *Journal of The Civil Engineering Student*. 3(2), 148–154. <https://doi.org/10.24815/journalces.v3i2.14448>
- Jenlina. 2013. Desain Risk Management Untuk Rantai Pasok PT. X. *Calyptra*. 2(2), 1–19.
- Jin, O. F., Hutabarat, L. E., & Andri. 2022. Analisis Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Waktu Tunggu Pengadaan Material Beton Pada Beberapa Proyek di Jakarta. *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil Dan Lingkungan*. 3(2), 91–98.
- Kar, S., & Jha, K. N. 2020. Examining the Effect of Material Management Issues on the Schedule and Cost Performance of Construction Projects Based on a Structural Equation Model: Survey of Indian Experiences. *Journal of Construction Engineering and Management*. 146(9). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001906](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001906)
- Karundeng, T. N., Mandey, S. L., & Sumarauw, J. S. B. 2018. Analisis Saluran Distribusi Kayu (Studi Kasus Di CV. Karya Abadi, Manado). *Jurnal EMBA*. 6(3), 1748–1757.
- Kini, D. U. 1999. Materials Management: The Key to Successful Project Management. *Journal of Management in Engineering*. 15(1), 30–34. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0742-597X\(1999\)15:1\(30\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0742-597X(1999)15:1(30))
- Kumar, U. N. 2018. Construction Material Management on Project Sites. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 6(1), 1371–1378. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2018.1207>
- Kurniawan, H., & Anggraeni, I. A. A. 2020. Analisis Risiko Rantai Pasok Material Terhadap Keterlambatan Pelaksanaan Proyek Konstruksi. *Jurnal Rekayasa Sipil*. 14(1), 43–50. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2020.014.01.6>
- Li, Z., Li, G., Zhang, Y., Chen, J., & Dai, Y. 2019. Risk Early Warning Model for Distribution Network Material Supply Chain of Electric Power Enterprises. *2019 12th International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation (ICICTA)*. 700–707. <https://doi.org/10.1109/ICICTA49267.2019.00154>
- Marioga, S., Latupeirissa, J. E., & Meti. 2021. Faktor – Faktor Penyebab Keterlambatan Pada Pekerjaan Pile cap (Studi Kasus : Proyek Upgrade Trans Studio Mall Makassar). *Paulus Civil Engineering Journal*. 3(3), 321–329.

- Martínez, C., Paraskevas, J. P., Grimm, C., Corsi, T., & Boyson, S. 2020. The Impact of Environmental Risks in Supply Chain Resilience. In *Supply Chain Management and Logistics in Emerging Markets*. 11–39. Emerald Publishing Limited. <https://doi.org/10.1108/978-1-83909-331-920201002>
- Mudita, P. K., Sudarsana, I. K., & Nadiasa, M. 2016. Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Waktu Tunggu Pengadaan Material Konstruksi Pada Proyek Gedung Di Kabupaten Badung. *Jurnal Spektran*. 4(2), 18–26.
- Nansi, M. R. 2022. Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Keputusan (Studi Kasus Pada DPL Translogistics). *Jurnal Ekonomi Dan Bisnis*. 9(2), 317–324.
- Oteng, M., Opoku, O. A., & Gyamfi, E. 2022. The Effect of Road Traffic on Supply Chain Performance of Kwasi Oppong Company Limited in Ghana. *Journal of Production, Operations Management and Economics*. 21, 27–36. <https://doi.org/10.55529/jpome.21.27.36>
- Prokop, D. J. 2022. *Chapter 3 - Transportation and supply chain management* (D. J. B. T.-T. O. M. Prokop (ed.). 55–79. Elsevier. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815415-1.00010-0>
- Puteri, L. A. L., Dhiu, C. H., Soeharto, M. E., & Purba, H. H. 2022. Analisis Risiko Cost Overrun (Pembengkakan Biaya) Pada Proyek Konstruksi: Kajian Literatur. *Jurnal Rekayasa Sipil Dan Lingkungan*. 5(2), 184–201.
- Qian, Y., Yu, X., Shen, Z., & Song, M. 2023. Complexity analysis and control of game behavior of subjects in green building materials supply chain considering technology subsidies. *Expert Systems with Applications*. 214, 119052. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2022.119052>
- Rainer, R. K., Prince, B., & Cegielski, C. G. 2015. *Introduction to Information Systems: Supporting and Transforming Business* (4th ed.). John Wiley & Sons.
- Sasongko, D. U. 2020. Studi Pola Rantai Pasok Material Bambu Pada Proyek Konstruksi di Sukabumi. *Jurnal Student Teknik Sipil*. 2(3), 235–243. <https://doi.org/10.37150/jsts.v2i3.1300>
- Shin, T.-H., Yoon, S.-W., & Chin, S. 2012. A Construction Supply Chain Management Process with RFID/WSN-based Logistics Equipment. *Journal of Construction Engineering and Project Management*. 2(4), 11–19. <https://doi.org/10.6106/JCEPM.2012.2.4.011>
- Soekiman, A. P., & Soekiman, A. 2021. Analisis Faktor Penyebab Cost Overruns Pada Proyek Konstruksi Pembangunan Rumah Dan Ruko Di Kota Bandung Dan Cimahi. *Jurnal Rekayasa Sipil*. 17(1), 13–23.
- Srinivas, S., Ganesha, H.R. 2024. Covid-19 Pandemic's Impact On Logistics And Supply Chain Industry. *EPRA International Journal of Multidisciplinary Research (IJMR)*. 10(1), 27–34. <https://doi.org/10.36713/epra15365>
- Taak, A., & Kumar, R. 2019. *Supply Chain Issues and Challenges for Cement Industries of India: A Case Study*. 297–302. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6412-9\\_27](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6412-9_27)
- Utama, A. W. 2018. Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Penundaan Pengiriman Barang Melalui Jalur Laut. *Jurnal Citra Widya Edukasi*. 10(2), 97–108.
- Vrijhoef, R. 2020. *Lean Construction, Core Concepts and New Frontiers* (P. Tzortzopoulos, M. Kagioglou, & L. Koskela (eds.). 1st Edition. Routledge. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9780429203732>
- Waters, D. 2003. Logistics: an introduction to supply chain management. In *Palgrave Macmillan*. 4(1). Palgrave Macmillan.
- Wei, L., & Yi-zhong, M. 2013. A framework for using six-sigma metrics to evaluate the performance of supply chain. *International Conference on Management Science and Engineering 20th Annual Conference Proceedings*. 664–669.
- Xu, J., Jia, R., Wang, B., Xu, A., & Zhu, X. 2023. The Optimal Emission Reduction and Recycling Strategies in Construction Material Supply Chain under Carbon Cap–Trade Mechanism. *Sustainability*. 15(12), 9181. <https://doi.org/10.3390/su15129181>
- Yang, J., & Guo, L. 2020. Optimization of Marine Port Logistics Collection and Distribution Network: A Perspective of Supply Chain Management. *Journal of Coastal Research*. 106(sp1), 473–476. <https://doi.org/10.2112/SI106-106.1>

- Yu, L. 2024. Automobile Transportation Logistics Supply Chain Management Strategy. *Proceedings of Business and Economic Studies*. 7(1), 56–61. <https://doi.org/10.26689/pbes.v7i1.6078>
- Yun, N. Y., & Ülkü, M. A. 2023. Sustainable Supply Chain Risk Management in a Climate-Changed World: Review of Extant Literature, Trend Analysis, and Guiding Framework for Future Research. *Sustainability*. 15(17), 13199. <https://doi.org/10.3390/su151713199>
- Zhou, C., Fan, H., & Jiang, W. 2011. A model for supply chain logistics cost management based on analytic hierarchy process. *2011 International Conference on Business Management and Electronic Information*. 269–273. <https://doi.org/10.1109/ICBMEI.2011.5914475>